

水圏環境の自然回帰へ向けたホタル生態系の設計と構築  
(第一報, 閉鎖型ミニ生態系による模擬と7世代継承の成果)

阿部 宣男<sup>1</sup>・稲垣 照美<sup>1</sup>・干場 英弘<sup>2</sup>・穂積 訓<sup>3</sup>・大平 武久<sup>4</sup>

<sup>1</sup>〒316-8511 日立市中成沢町4-12-1 茨城大学大学院工学研究科

<sup>2</sup>〒175-8571 板橋区高島平1-9-1 大東文化大学第一高等学校

<sup>3</sup>〒316-8511 日立市中成沢町4-12-1 茨城大学工学部SVBL

<sup>4</sup>〒175-0082 板橋区高島平4-21-1 板橋区ホタル飼育施設

Design and construction of a firefly ecosystem turned to natural recurrence  
of aquatic environment  
(I: simulation using a closed type mini ecosystem)

Norio Abe<sup>1,4</sup>, Terumi Inagaki<sup>1</sup>, Hidehiro Hoshiba<sup>2</sup>, Satoshi Hozumi<sup>3</sup>, and  
Takehisa Ohira<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Graduate School of Science and Engineering, Ibaraki University,  
4-12-1 Naka-narusawa, Hitachi, Ibaraki, 316-8511 Japan

<sup>2</sup> Daito Bunka University Dai-Ichi High School,

<sup>3</sup> Satellite Venture Business Laboratory, Ibaraki University,  
4-12-1 Naka-narusawa, Hitachi, Ibaraki, 316-8511 Japan

<sup>4</sup> Itabashi Firefly Breeding Facility, Itabashi, Tokyo, 175-0082 Japan

**Abstract.** This study describes the results of simulation using a closed type mini-ecosystem for fireflies created to simulate the natural succession of the aquatic environment and the results of successive reproduction for seven generations. The method of firefly breeding was originally derived from research on the ecology of the firefly and the physical environment of its habitat. The method is based on experimental results from rearing of hydrophytes and aquatic animals. More explicitly, broad research was carried out to evaluate various environmental factors such as water, soil, temperatures, atmospheric pressure, humidity and symbiotic organisms including bacteria and fungi. The ecosystem and the breeding method enable the continuous reproduction of fireflies in indoor conditions.

**Key words:** Firefly, aquatic environment, ecosystem, breeding method.

(要約)

本研究は、ホタルの自然環境への回帰に向けた閉鎖型ミニホタル生態系(生態槽)の構築および飼育方法の確立と、7世代にわたる飼育の結果について報告する。ホタル飼育の方法は、ホタルの生態や生息場所の環境、つまり、水、土壌、気温や土壌温度、気圧、湿度などの物理的環境および共棲する生物群などの生物的環境について、各要因を野外での観察や実験室の結果から考察した。本研究の成果である生態槽と飼育方法の構築により、室内環境におけるホタルの繰り返し飼育が可能になった。

はじめに

水圏に生息するホタル、例えばゲンジボタルやヘイケボタルは豊かな自然の象徴であり、それらホタルが安定して生息するには物理的・生物的環境が満たされる必要がある。ホタルは幼虫期を水中で過ごすため、その生息域に餌となるカワニナがいる必要がある。そのカワニナが生息する河川には水苔の生えるような水環境が必要であり、その苔の生長には魚類等の糞尿など窒素化合物の供給が必要である。また、さなぎ期には土中で過ごすため、潜りやすい土壌が必要である。日本では、ホタルは稲作とともに生息地域を広げてきたと考えられている(嘉田, 1997; 遊馬, 1996; 小澤, 2000)。昭和30年の前半までは、都市近郊のあちこちでごく自然にホタルを見掛けることが出来た。しかし、高度経済成長を境として田畑・沼地・小川などは、宅地や工場に姿を変え、それに伴う河川および河原の改修などによりホタルの生息できる環境は減少し、結果として各地の個体群が消失あるいはその個体数を減じている。

現在、ホタルの保全や水圏環境の管理が全国の様々な自治体や地域のコミュニティーでも実践されている(水と文化研究会, 2000)。しかしながら、ホタルの大量累代飼育を長期間に亘って成功した例はこれまで報告されていない。これは、その生息環境、特に水質の管理を含めてホタルの飼育の技術やモデルケース

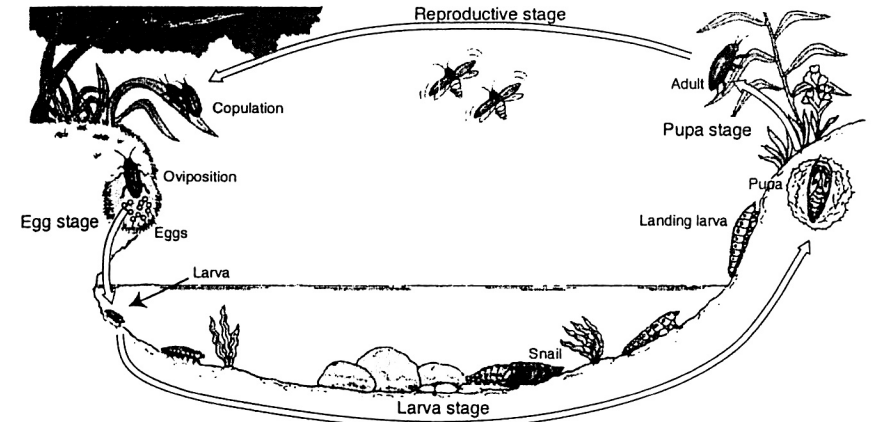
が確立されていないためである。

本研究では、ホタル個体群の保全・回復を目的とした水圏環境の改善、あるいはホタル生息の代替環境の創造のために、実験室でホタルを中心とした水圏環境を再現してホタルの各発達ステージにおける生息可能な環境を模索した(阿部ほか, 2000; 阿部ほか, 2001; 阿部ほか, 2002)。ここでは得られた結果を元に、ホタルの閉鎖型ミニ生態系の概要および飼育条件を構築し、その成果として7年間の羽化個体数の遷移を報告する。

供試材料と生態槽

**材料** 研究対象であるゲンジボタル (*Luciola cruciata* Motschulsky, 1854) は、1989年に福島県大熊町から卵を約300個運搬し、東京都板橋区ホタル飼育施設で飼育を継続しているものである。また、ヘイケボタル (*Luciola lateralis* Motschulsky, 1860) は、1989年に栃木県栗山村から卵を約700個運搬し飼育を開始したものである。実験は東京都板橋区ホタル飼育施設にて1993年から1999年まで行ったが、現在も飼育は試行継続している。なお、運搬した当時は板橋区立温室植物園で、温室の冷房室で飼育を開始した。この温室植物園はその後取り壊され、1992年に現在のホタル飼育施設に移転した。

**生態槽** ホタルの生活史は大きく4つに区分される(図1): 卵期(6-7月)、幼虫期(7月-翌4



Figs 1. Annual cycle of firefly. The life cycle is divided into four stages: Egg stage (June); Larva stage (from July to April); Pupa stage (May); Reproductive stage (June).

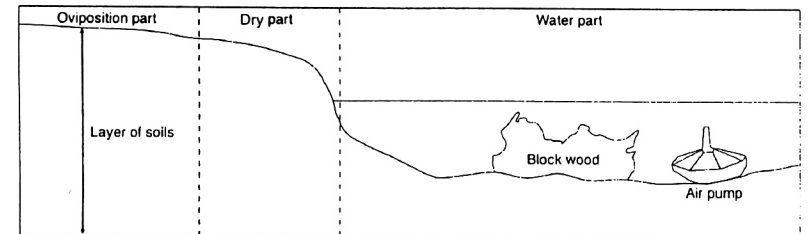
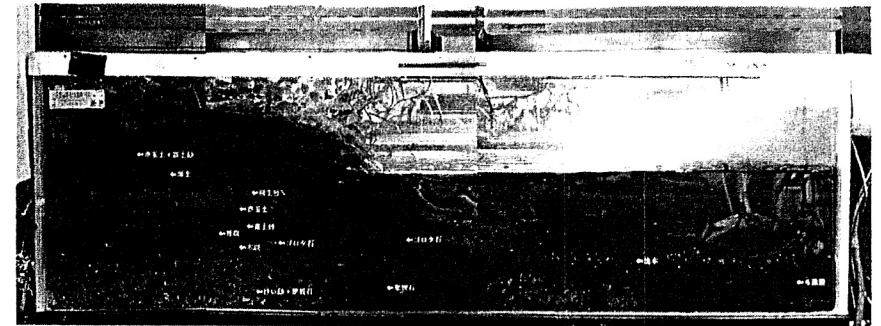


Fig. 2. Ecologically-balanced aquarium (upper) and its scheme (lower). The aquarium is divided as follows: oviposition part, dry part and water part. Details of layer of soils, i. e., the soil composition is shown in Table 3.

月), 蛹期 (4-5 月), 羽化・繁殖期 (6 月). それぞれのステージにおいて, ホタルの生息場所は異なる. 卵は水辺の植物表面に産み付けられ, 約 30 日で幼虫が孵化する. 幼虫は河川に移り, 巻き貝の一種であるカワニナを食べて成長して脱皮を繰り返す. 終齢幼虫になると幼虫は上陸し, 土中にもぐって蛹になる. 蛹化後, 約 40 日で羽化すると繁殖期となり, 交尾後メスは水辺に産卵する. したがって, 以上のような生活史を考慮したホタルの飼育環境を作るためには, 水環境および土壌中の物理的・生物的環境を整備する必要がある.

図 2 は, 図 1 のような生活史を維持すべく生態のバランスを保持が可能になるように設計した大型水槽 (以下, 「ホタル生態槽」, または単に「生態槽」とする) であり, ホタルの生育に適した生態環境をある一つの閉鎖空間に模擬したものである. 本生態槽の寸法は, 1800 mm × 600 mm × 600 mm である. この中では, 幼虫期を過ごす水中部, 羽化部である土壌及び産卵・孵化部である植生の三部が一体となってホタルのミニ生態系が形成されており, バクテリア類を始めとしてカワニナ, ホタルその他の魚なども繁殖を繰り返している.

#### ホタルと飼育環境

**ホタルと水環境** ホタルの餌となるカワニナに毎日出来るだけ多くの稚貝を産み続けさせるためには, 弱アルカリ性を保ったまま溶存酸素量が常に飽和状態にあり, アンモニアや亜硝酸の濃度, COD 値などが可能な限り低い値を実現しなければならない. また糞尿などから発生するアンモニアや亜硝酸性窒素は, 生物の生息を脅かす存在であり, 飼育水はこれら有害物が認められない状態であればならない. したがって, 本節では, ホタルの一生に及ぼす水環境の維持・管理について実験的な検討を加えた.

まず飼育水の製造であるが, 実験室の給水源が水道水であるため, それを水槽内に入れる際には骨炭約 1kg 程を布袋に入れて生態槽の濾過器周辺に設置し, 濾過器は幾つかの試行錯誤の結果, 水中濾過装置 (水作エイトシリーズ) を用いた. 水中濾過方式では, 濾材交換も容易で, 装置を単に置き換えるだけで済み, 周囲の生態環境に及ぼす影響を限りなく少なくできる.

次に, 飼育水の交換と水質の管理について述べる. 上陸期から産卵期が終わるまでの期間は, 数日に一度の割合で全ての生態槽内の飼育水を約 1/3-2/3 の割合で交換する. 特に, 初春と秋は一週間に 1 回, 夏場は 3 日 (場合によって毎日) に一度, 冬場は 1 週間-10 日に一度の割合で飼育水を交換した. 交換時には水温, pH 値及びミネラル (カルシウム) 濃度を維持することが大切で, 水温差は ±1°C 以内, pH 値は ±0.2 以内に注意した. 水質検査は, 毎朝 8 時に簡易検査及び外気温・飼育室温度など表 1 に示すような 15 項目に亘って実施した. 本生態槽内では, 水の交換に加え, *Nitrosomonas* や *Nitrobacter* のような硝酸菌・亜硝酸菌を代表とする好気性バクテリアが, 前述したアンモニアや窒素化合物などの有害物の除去に役立っていることが推測される (近藤, 1984).

上記の飼育水の生成や交換, 濾過の成果について述べる. 水質検査は, 毎朝 8 時に簡易検査及び外気温・飼育室温度など表 1 に示すような 15 項目に亘って実施した. さらに, より詳細な水質について月に一度, 表 2 に示すような項目を検査した. 表 1 から, 飼育水は, 亜硝酸・アンモニア・COD 値が簡易検査では検出されないほどに抑えられ, 一年を通して低く保たれていることが分かる. 本生態槽内では, ホタルが生存するのに適した水環境に維持されている. この水環境は, 水の交換に加え, *Nitrosomonas* や *Nitrobacter* のような硝酸菌・亜硝酸菌を代表とする好気性バクテリア

Table 1. Daily-water-examination items in an ecologically-balanced aquarium measured at 08:00 from 1993 to 2002 and their mean values. The values were determined from the data of the fifth day every month for ten years.

Month	Conditions in ecologically-balanced aquarium											Environmental conditions					
	Water			Solute substances (ml/l)								Ambient temperature (°C)		Relative humidity (%)			
	temperature (°C)	pH		Firefly	Snail	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	NH <sub>2</sub> *	NH <sub>3</sub> * NH <sub>4</sub> **	NH <sub>3</sub> * NH <sub>4</sub> **	NH <sub>4</sub> **	GH	KH	COD**	Outdoor	Room	Outdoor
Jan.	11.6	20.1	8.0	10.6	7.2	<0.1	1.4	<0.1	<0.1	6.2	6.8	<0.1	4.5	9.9	51.4	53.4	
Feb.	10.7	19.7	8.0	10.7	8.3	<0.1	3.1	<0.1	<0.1	6.4	7.1	<0.1	2.2	8.1	55.8	54.0	
Mar.	10.7	20.3	8.0	10.6	8.3	<0.1	4.2	<0.1	<0.1	5.9	7.4	<0.1	6.2	10.3	53.6	55.2	
Apr.	13.3	21.3	8.0	10.3	8.0	<0.1	2.8	<0.1	<0.1	5.6	7.4	<0.1	11.6	14.0	51.3	54.2	
May	15.6	21.7	8.0	9.8	8.4	<0.1	2.8	<0.1	<0.1	5.9	7.4	<0.1	17.7	17.4	60.3	76.4	
Jun.	16.8	21.8	7.9	9.5	8.3	<0.1	2.6	<0.1	<0.1	5.6	7.5	<0.1	22.0	18.1	57.1	72.8	
Jul.	17.2	22.1	7.9	9.4	8.4	<0.1	5.1	<0.1	<0.1	5.8	7.4	<0.1	25.7	19.9	71.4	81.1	
Aug.	18.1	22.2	7.9	9.2	8.3	<0.1	3.8	<0.1	<0.1	5.7	7.6	<0.1	27.5	20.0	63.2	78.4	
Sep.	17.7	21.9	7.9	9.3	8.3	<0.1	3.8	<0.1	<0.1	6.2	7.7	<0.1	26.2	19.0	61.9	70.2	
Oct.	17.9	22.5	7.9	9.4	7.9	<0.1	5.6	<0.1	<0.1	5.6	7.8	<0.1	20.0	18.4	66.7	63.6	
Nov.	16.0	21.1	7.9	10.1	8.4	<0.1	4.0	<0.1	<0.1	6.3	7.5	<0.1	13.6	16.1	57.5	54.5	
Dec.	13.4	20.1	7.9	10.5	8.1	<0.1	5.8	<0.1	<0.1	6.3	7.1	<0.1	7.8	12.3	61.2	59.1	

\*Measured by Tetra Test kit.

\*\*Measured by KYORITSU Pack Test.

による, アンモニアや窒素化合物などの有害物の除去によって維持されていることが推測される (近藤, 1984).

**ホタルと土壌環境** 土壌環境は, 水とともにホタルの生息にとって非常に重要な要素である. ホタルは, 蛹化のために上陸・潜入したとしても, 土壌に何らかの問題があれば, これまで水中で順調に育った幼虫の上陸・潜水率が低下する. したがって, 本節では, ホタルの一生に及ぼす土壌環境の影響について実験的な検討を加えた.

本研究では, 幼虫上陸の様子と成虫発生を確認した際, 水中で育った幼虫がどのようにして上陸し, 土に潜り, 繭を作り, 羽化するのに着目・観察した. ここでは上陸後のホタル羽化率を人工飼育下で低下させないためにはカビの発生を極力抑える土壌創りが必要であると考え, ホタルが上陸する諸条件を検討した.

まず水槽を 50 本用意し, ホタルの生息場所における土壌調査を参考にして各種の土壌を調合し, それらを幾層にも組み合わせて, 水

槽内部に様々な土壌環境を試行的に作り上げた. 室内温度は 20-25°C 前後に設定した. 一回目の試験では, 28 時間後に 15 本の水槽上層部に白カビが発生し, 48 時間後さらに 10 本の水槽上層部がカビに浸食され, 78 時間後には他の 20 本の水槽にもカビが発生した. そして, 10 日後には, 残りの水槽全てにカビが発生した. この原因を検討した結果, 土壌環境に微生物を始めとする生態のバランスが成立していないことが原因と推察された.

次に, この結果と推察を踏まえて, 前回と同様な土壌の配分と構成を施した各水槽内に, ミミズ, ダンゴムシ及びワラジムシを各種 2 匹ずつ放し, さらに長期間試験的に飼育に使用した安定した菌層を持つと思われる用土を小さじ一杯ずつ入れた. 前回は 28 時間後に白カビが発生したのに対して, 最初にカビが発生したのは 15 日後であった. また, 30 日後にもカビが発生しなかったのは, 50 本中の 2 本だけであった. そこで, カビが発生しなかった 2 本の水槽と同様な土壌環境にゲンジボタルの終齢幼虫を 50 匹放した結果, その内 44

Table 2. Monthly-water-examination items measured in an ecologically-balanced aquarium. Mean (n=5) values were determined from the result of five months, i. e. Jan., Feb., May, Jun. and Sep., in 2002.

Items	Value	Method (JIS-K-0101)
BOD (mg/l)	<1.0	Diaphragm-electrode
COD (mg/l)	<1.0	Class-electrode
DO (mg/l)	10.6	Diaphragm-electrode
NO <sub>2</sub> (mg/l)	<0.01*	Ion chromatography
NO <sub>3</sub> (mg/l)	<0.01*	Ion chromatography
NH <sub>3</sub> (mg/l)	<0.01*	Ion chromatography
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	<0.01*	Titrimetric analysis
GH (mg/l)	8.8	Titrimetric analysis
CaGH (mg/l)	102.2	Titrimetric analysis
SS (mg/l)	<1.0	Gravimetric analysis
pH	7.7	Ion chromatography
Turbidity	<1.0	Visual range

\*round off numbers to the nearest zero point two.

匹が上陸し、38匹が成虫となって羽化することに成功した。実に76%もの割合で羽化した。この結果を踏まえて、現在の土壌構成は、図2と表3に示すような様々な土壌が10層に重なった構成である。なお、上層部の土壌は、原則的に年2回交換する。これは、上層部でホタルの幼虫が羽化出来ずに死亡した個体や成虫の死骸などがカビの発生要因となるためである。

**ホタルと温熱環境** ホタルの飼育過程においても一つの重要な要素は、温熱環境の維持・管理である。ホタルは温度変化に敏感で、

外気温が卵の孵化や幼虫の脱皮・羽化に与える影響は大きい。したがって、本節では、ホタルの各発達段階に及ぼす温熱環境の影響について実験的な検討を加えることにした。なお、実験はホタルの餌としてカワニナの稚貝を水槽に十分に入れた状態で、外気温・水温・土壌温度を調節して行った。水温の調整はクーラー（タカラ海水クーラーTK150型）を生態槽の水中でも使用可能に改造したものを用い、気温は個別の水槽毎ではなく飼育室全体を大型エアコン（日立PR-10RH2）で調節することで一定にした。土壌の温度はこれら2つの装置を併用して調節した。

一連の観察から、ゲンジボタルの卵は、6月下旬から7月中旬までの東京の日平均気温である23°Cにおいて約28日間で孵化した。22°Cでは約26日間で孵化し、僅か1°Cの外気温の低下で2日も孵化が早まった。さらに平均外気温を3°C下げた19°Cにすると約35日間で孵化し、7日も孵化が遅くなった。

次に、水中の温熱環境の変化が幼虫期ゲンジボタルに及ぼす影響について観察した。野外において、孵化直後である7月下旬の水温は平均18-19°Cに保たれている。この水温であれば、約30日後には2齢幼虫に成長する（阿部、未発表）。本研究における実験室内での観察においても、平均水温が20°Cであれば約28日間で2齢幼虫になり、平均水温が21°Cに

Table 3. Soil composition in an ecologically-balanced aquarium.

Layer of soil	Soil composition (rate of mixture)	Thickness (mm)
1	Fujisuna-sand+Akadamatsuchi-mud	100
2	Akadamatsuchi-mud+Kurotsuchi-mud (8: 2)	50
3	Fujisuna-sand+Akadamatsuchi-mud+Kiryu-sand (5: 3: 2)	50
4	Kurotsuchi-mud	30
5	Bincho-charcoal+Bone black (5: 5)	50
6	Bone black	50
7	Fujisuna-sand	30
8	Silica sand+Corallite sand (5: 5)	30
9	Gorota-stone	40
10	Nachi-stone+Silica sand (5: 5)	80

Table 4. Typical organisms seen around the habitat of fireflies.

	Common name	Scientific name
Animal		
Fish	*Cyprinodont	<i>Oryzias latipes latipes</i>
	Goby	<i>Rhinogobius flumineus</i>
	Bullhead	<i>Cottus pollux</i>
Crustacean	*Shrimp	<i>Paratya compressa</i>
Water bug	Giant water bug	<i>Lethocerus</i> sp.
	*Stonefly	<i>Perla</i> sp.
	Dobsonfly	<i>Protoperla</i> sp.
	Diving beetle	<i>Cybister</i> sp.
Plant		
Grass	*Mugwort	<i>Artemisia</i> sp.
	*Cograssces	<i>Torreyia nucifera</i>
	*Sweet flag	<i>Acorus gramineus</i>
Water plant	Bladderwort	<i>Utricularia</i> sp.
	*Water cress	<i>Nasturtium officinale</i>
Moss	*Hair moss	<i>Polytrichum juniperinum</i>

おいて約26日間、22°Cにおいて約25日間、23°Cにおいて約23日間で2齢幼虫になることが明らかになった。平均水温が24°Cを越えると幼虫の活動は更に活発になるが、脱皮が上手く行かず死亡する個体が増加した。逆に、水温が低下するとともに成長に要する期間は延びることが明らかになった。例えば、平均水温が16°Cであれば2齢幼虫になるまでに約50日間、15°Cでは約60日間、14°Cでは約70日間を要した。平均水温が14°C以下では、死亡個体は少ないものの殆どが2齢幼虫になれないまま一年を過ごす結果になった。

ゲンジボタルの蛹の期間も、土壌温度により羽化に要する日数が大幅に変動した。蛹は、平均土壌温度が21°Cにおいて約37日間で羽化した。22°Cでは約35日間、23°Cでは約33日間で羽化することが明らかになった。逆に、平均土壌温度を下げ20°Cにすると羽化までに約39日間、19°Cで約41日間、18°Cで約45日間を要した。平均土壌温度が15°Cになると、羽化できずに死亡する個体が増加し、14°Cではほとんどが死滅した。

以上のことから、環境温度の変化は、ホタ

Table 5. Number of firefly larvae landed on the bank and adult emerged in an ecologically-balanced aquarium for seven years.

	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Larvae landed	425	756	382	594	148	383	161
Adult emerged	258	569	97	227	75	219	107

ルの成長期間に大きく影響すると結論付けられる。また、発育に適した温度は発達段階ごとに幾分異なるようだ。同様に、自然界におけるホタルも、その一連の成長過程において季節毎の外気温、水温及び土壌温度の変化に大きな影響を受けていると考えられる。したがって、ホタルの生態環境を人工的に幾世代にも亘って継続し続けるためには、季節に合わせた生態槽の温熱環境の維持・管理が大切である。本研究において、水温は、上陸期は水温を約17-18°C、羽化期は18-19°Cにし、産卵から孵化までは約19°C前後になるよう調整した。秋口からは徐々に水温を下げ、冬場の最低水温は12°C前後に設定した。なお、卵期の気温は約22°C、蛹期の土壌温度は23°Cが発達を早める上で最適な温度であると思われる。

**その他の環境** ホタルの上陸には降雨条件が必要であることから、ホタルの終令幼虫は、水中から降雨有無の判断を気圧や湿度の変化から読み取っていることが推察される。

湿度の調整は飼育室に水を満たした90 lのポリバケツ2個、400 mm × 300 mm × 250 mm 産卵用プラスチックケースを約40ヶ所に適宜設置し、特に終令幼虫の上陸時には時間ごとに細霧器にて上陸場所に飼育水を散布した。なお、幼虫期に湿度の調節は行わなかった。

**ホタルと共生生物** 前述したように、単に様々な土壌を組み合わせただけでは、生態系は成り立たず、ホタルとカワニナ以外の様々な生物がバクテリア群も含めて一つの生態系の中に共存してこそ生態のバランスが保たれる。そこで、ゲンジボタルやハイケボタル



が生息している数カ所の場所(秋田県本荘市、福島県双葉郡大熊町、静岡県河津町、栃木県那須塩原、徳島県三好郡池田町)に出向き調査した結果ホタルの生息場所に生息する表5に示すような動植物に注目した。これらの生物は、ホタルと共存できるものと考え、表4中の\*の動植物を生態槽に導入した。また、河川の上流部にはイワナ類、下流にはコイなど多様な生物相も観察された。これら全てを一つの生態槽に共存させ、より自然の状態に近づけることは理論上可能であろう。しかしながら、本生態槽には、物理的な容量の関係からその全てを共存させることは出来ないため、ここでは、魚類をメダカで代用した。また、カワナなどの巻貝を食べるコイ科の魚類やヘビトンボの幼虫などは、物理的な制約上やホタルに与える被害の大きさから、生態槽内にホタルと共存させることはできない。なお、表5に記載した生物群は、自然の生態系のほんの一部であり、その他プランナリアやプランクトン、ヒル類など実際には多種多様な生物群が生息している。

最後にカワナノ天敵であるヒル類の予防対策について述べる。ここではヒル類の増殖を防ぐために飼育水の塩分濃度を調節した。まず、自然界での生息水圏の塩分濃度を調べるため、実際にホタルが生息している河川及び小川をデジタル塩分濃度計(シナール塩分濃度計NS-3P)で計測した。その結果、全ての箇所塩分が検出され、その平均塩分濃度は0.03-0.05%の範囲であった。したがって、カワナノ維持のために、通常の飼育水の塩分濃度は0.03-0.1%に設定した。

今回、一定時間塩分濃度を1.5%を限度として維持することにより、ヒル類の発生を抑えられた。カワナ育成水槽では、1.5%の塩分濃度中に48時間を限度として塩溶させる応急措置を行い、現在の所、本ホタル生態槽では、ヒルの大量発生は一度も起こっていない。

### 生態槽の成果

本節では、ホタル飼育に関する具体的な成果の指標として、この生態水槽内でのホタル幼虫の上陸数と羽化個体数、後尾後の産卵数と孵化個体数について述べる。また、これらの経年変化についても併せて考察する。

まず、上陸数と羽化個体数の測定に際しては、上陸期に各ホタル生態槽で毎夜20-24時の間に観察を行なった。ホタルの生態槽では、計測領域が限られている上に、ホタル幼虫が発光しながら歩くため比較的容易に上陸個体数を把握することができる。羽化個体数の計測では、30分置きに細霧作業を行いながら毎夜成虫を採取し、産卵苔を敷いたプラスチックケース(443 mm×265 mm×325 mm)に移して生態槽別に匹数を記録した。表5は、1つの生態槽におけるゲンジボタルの上陸個体数と羽化個体数の計測結果とその経時的な推移を表したものである。表5から、平均して約50%の上陸個体が羽化に成功しているなど、例年順調に上陸数と羽化個体数が推移していることがわかる。

比較的限られた空間内で近縁のホタルを飼育する場合、長期にわたる近親交配などによる個体数の減少や全滅の恐れがある。しかしながら、我々の調査・観察やこれまでの研究(遊馬, 1996)から、自然界のホタルは集団毎にその移動範囲がかなり制限されていることが明らかになりつつある。例えば、集団間に小さな橋や堤が存在すれば、ホタルはそれらを乗り越えて移動することはできない。したがって、長年世代継承を続けている自然界でも本生態槽内と類似な交配事情にあるのではないかと推測される。以上の結果から、本生態槽の構築および飼育の方法はホタルの繁殖を繰り返し行うことが可能であり、環境の悪化により個体数が減少した地域個体群の回復や個体群の一時的な避難・維持をする際に有用であると考えられる。

### 謝 辞

本報告を提出するにあたり、故酒井清六博士にご尽力を賜った。深謝の意を表する次第である。

### 引用文献

- 阿部宣男・稲垣照美・安久正紘・大平武久・干場英弘・浅井浩, 2000. ゲンジボタル大量発生に向けた多様な微生物による「せせらぎ」空間造りに関する研究. 日本機械学会, 2000 環境工学総合シンポジウム, 第10回環境工学総合シンポジウム 2000 講演論文集: 277-278.
- 阿部宣男・稲垣照美・廣瀬満・干場英弘・大平武久・安久正紘, 2002. 多機能バイオ叢土を用いたホタル飼育と環境の改善. 日本感性工学会エ

コデザイン 2002 ジャパンシンポジウム: 94-95.

阿部宣男・大平武久・稲垣照美・朝日昭・干場英弘・安久正紘, 2001. ゲンジボタル大量発生に向けた多様な微生物による「せせらぎ」空間造りに関する研究(第2報硝化菌によるアンモニア・亜硝酸分解過程). 2001 環境工学総合シンポジウム, 第11回環境工学総合シンポジウム 2001 講演論文集: 324-355.

嘉田由紀子, 1997. 生活世界の環境学. 農文協.

近藤次郎, 1984. 環境科学読本. 東洋経済新報社.

水と文化研究会, 2000. みんなでホタルダス. 新曜社.

小澤祥司, 2000. メダカが消える日—自然の再生をめざして—. 岩波書店.

遊磨正秀, 1996. ホタルの水・人の水. 新評論.

(2004年10月16日 受理)