

報 文**中部大学キャンパス内の茶室池と LISA 水田におけるゲンジボタルの飛翔に関する実証的研究****牧野裕史¹⁾，持地信雄²⁾，谷山鉄郎³⁾，寺井久慈³⁾，南 基泰³⁾**¹⁾中部大学応用生物学部，²⁾中部大学応用生物学研究科，³⁾中部大学生物機能開発研究所**1. はじめに**

我が国は水源に恵まれ、古来より水稻栽培など農耕文化が栄え、また近隣の山々を生活空間の一部として利用し、そういった環境からいわゆる里地・里山と呼ばれる環境が築かれてきた。里地・里山では野生生物と人間の共存・すみわけがバランスよく育まれ、人々、そして多くの野生生物が同じ地域で共に生活を営んできた。人が管理する山では林床まで光が入る。そこに生育する植物は種類が増え、植物が増えることでそれを餌とする多くの昆虫、または動物が生息し、その上位にはアンブレラ種と呼ばれるような肉食哺乳類や猛禽類といった高次消費者の生息が確保された。人間も生態系とよばれる生き物の相互関係の輪の中に入っていたといっても過言ではないであろう。

しかし、近年人類の生活空間が拡大し、その生活様式に大きな変化が現れた。集落は都市化し、人々の生活は都市へ流れ、時代の変貌が急速に現れた。そのため今までの生活様式であった里地・里山という空間から人々の手が離れ、多くの地域ではその環境が維持されなくなってしまった。人間という生物が生態系から独立したわけである。当然今までの生態系に変化が表れ、その営みに狂いが生じた。管理されていた山は枝打ちや間伐、下草刈りがされなくなったために過密に植物が繁茂し、林床まで光は届かなくなり、フロラ（植物相）に変化が現れ、植生が変わればそれを利用して生息していた昆虫や動物、いわゆるファウナにも変動が現れる。そのためかつて普遍的に見られた生物が、現代にはほとんど見られなくなって

しまった。それらは今では絶滅危惧種や希少種とよばれ、レッドデータブックに搭載されるなどしているものも少なくない。その中に人々によって古来よりその美しさから鑑賞されてきた生物が存在する。それはホタルであり、未だ危機的状況ではないものの、その生息場所、生息数は年々刻々と減少を辿っている。

本研究では、里山を代表する生物であり現在その生息域、生息数が減少しつつあるゲンジボタルを、中部大学構内にある茶室池、および LISA 水田において飛翔させることを目的とする。計画にあたり、単にゲンジボタルを飛翔させるだけでなく、大学を取り巻く雑木林、構内に存在する水源（茶室池、LISA 水田、周辺の湧き水）を保全し、里山とその生物多様性を保全していくことを前提に、ゲンジボタルのライフサイクルを対象としたビオトープとしての空間を想定した計画を行うことを目標とする。

2. 試験方法

ゲンジボタルの生育には基本的に 5 つの要素、① 生息が保たれる水質、② 幼虫期に餌となるカワニナの存在、③ 蛹期に潜土が可能な土壌、④ 成虫期に配偶行動が可能な飛翔空間、⑤ 産卵床が必要であると考えられる。この条件をほぼ満たしていると考えられる環境が大学構内（茶室池、LISA 水田）に存在するため、この場所を拠点としたホタルビオトープの整備を行う。

また研究室にて水槽を用いたカワニナおよびゲンジボタル幼虫の成育試験を行っていく。

3. ゲンジボタルの生態とライフサイクル

大場信義¹⁾の著書である「日本の昆虫⑫ゲンジボタル」(1988 文一総合出版)を参考にし、引用しながらゲンジボタルの生態について以下にまとめた。

3-1 生息分布

ホタルは世界に広く分布し、その種は約 2000 種が確認されている。それらは地域によって大きさも形態も様々であるが、ほとんどが陸生であり、ゲンジボタルやヘイケボタルといった水生のホタルはごく一部の種であることが知られている。本計画でも使用するゲンジボタルには大きく分けて二つのパターンが存在する。ゲンジボタルは日本を西日本と東日本に分けるフォッサマグナによって生態的、遺伝的に西日本型、東日本型に分けられる。東日本に生息するものに関しては、本来西日本に分布していたゲンジボタルがその美しさから人為によって各地に分散され、次第に東北へと分布域を広めていったと考えられている。西日本型のゲンジボタルの分布域は、愛知県、岐阜県、富山県、京都府、高知県、山口県、福岡県、長崎県、熊本県、大分県、鹿児島県、長崎県、であり、東日本型のゲンジボタルの分布域は、神奈川県、山梨県、群馬県、栃木県、山形県、宮城県、青森県、であり、青森県がゲンジボタル生息の最北とされている。

また、両者の境界となる地域は西日本型の分布域限界が長野県辰野町、新潟県糸魚川市であり、東日本型の分布限界が長野県志賀高原、山梨県甲府

市下部町、静岡県芝川町三島市であるとされ、このあたりが分布境界であるといわれている。

伊豆七島の八丈島ではヘイケボタルのみが生息し、御蔵島ではムネクリイロボタルのみ生息する。

3-2 生活史

ゲンジボタルの発生時期は気候に変動され、5月中旬から遅くて9月中旬である。成虫は野外において生存日数が3日前後であり、その期間交配行動のために雄のみ同時明滅 *Synchronous flashing* を行いながら飛翔する。雄のみが飛翔することで雌を探しやすくしているという点、また雄の明滅と雌の発光が同調しないようにし、これも雌を探しやすくしていると考えられている。

雌は交尾し、水際のコケに産卵を終えると死ぬ。卵は27 日前後で孵化する。卵から幼虫になると次の年まで幼虫で水中生活し、その期間脱皮も行われる。幼虫は4月頃上陸行動をとり、土中で土繭を形成する。水温 10℃、気温 10℃以上、天候雨で無風の時、上陸数は最大となる。

ゲンジボタルのライフサイクルを図1に示す。

3-3 ゲンジボタル幼虫の薬剤耐性

ゲンジボタルの幼虫は家庭雑排水の流入により大きな影響を受ける。特に合成洗剤(LAS - 界面活性剤)は幼虫、カワニナ共に致命的な影響を与える。

{ カワニナ生存可能 LAS 濃度 = 約 0.5ppm 以下(水系環境を考える会) }

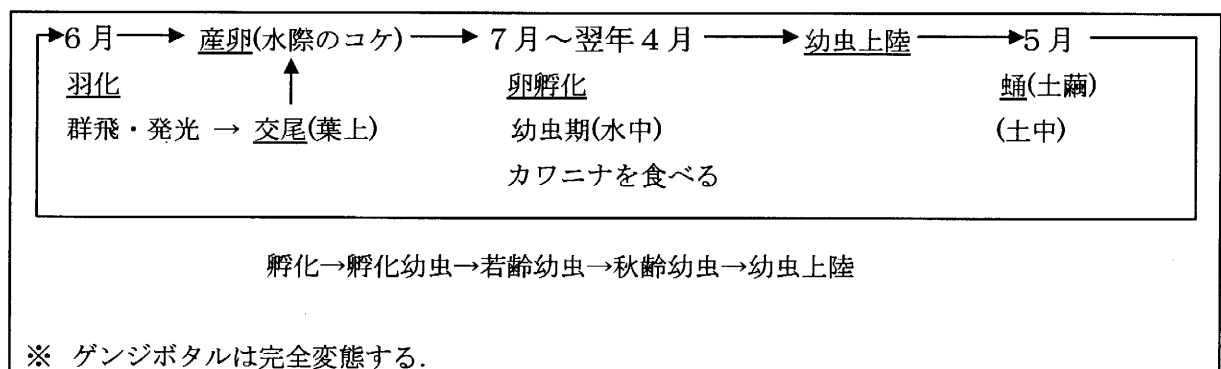


図1 ゲンジボタルのライフサイクル

塩素系農薬は生物にとって強力な毒性を有しているが、ゲンジボタルの幼虫は Cl イオンに耐性を持っており、水道水でも生存は可能である。しかしカワニナは弱く、すぐに影響を受けてしまう。また重金属イオンの影響では、魚類に対して致死量の硫酸銅 0.05% にゲンジボタル幼虫 50 個体を 24 時間放飼したところ、100% の生存率が得られた例がある。Cu⁺⁺イオンにも強い耐性を持っているようで、これはカワニナの血液を構成するポルフィリンに銅イオンが含まれていることから得られたものといえる。NaCl にも耐性を持ち、また有機的な汚染にも強い（溶存酸素が水面から十分に供給されている場合）。

各種の薬剤に対する個体の生存率を表 1 から表 3 に引用した。

表 1 ゲンジボタル幼虫に対する農薬の影響(致死率)
(共試個体 30 個体) (福岡県立伝習館高等学校科学部)
※ 1

農薬	濃度	致死率(%)
PCP 粒剤 (25%)	10ppm	100
	1ppm	100
	0.1ppm	63
	0.01ppm	7
マピカ (25%)	10ppm	23
	1ppm	13
	0.1ppm	0
γ-BHC (60%)	10ppm	10
	1ppm	7
	0.1ppm	0
カソロン (27%)	10ppm	17
	1ppm	10
	0.1ppm	3
Blank	-	3

※ 1 PCP においては強い毒性を示し、濃度 25% においては 0.01ppm にまで薄まらなると致死率はかなり高いことがわかる。その他の農薬については 0.1ppm 以下であればそれほど被害が発生しないと考えられる。

表 2 ヘイケボタル幼虫に対する農薬の影響(致死率)
(共試幼虫 50 個体) (中島: 1969) ※ 2

農薬	致死率(%)
井戸水 (19.5°C Do6.5cc/l (10%))	2
2,4-D 粒剤	60
ガンマー粒剤	80
アソピーナック粉	40
化成肥料 (NPK)	30
スミチオン乳剤	20

※ 2 いずれの農薬も被害を及ぼす恐れが考えられる。

表 3 ゲンジボタル (1 齢幼虫) に対する薬剤影響
(生存数) (共試幼虫 50 個体) ※ 3

共試薬剤	濃度(%)	45 時間後生存幼虫数	70 時間後生存幼虫数
蒸留水	-	50	50
塩化カリウム	0.1	50	50
	0.01	50	50
塩化ナトリウム	0.1	50	50
	0.01	50	50
塩化カルシウム	0.1	50	50
	0.01	50	50
塩化第二水銀	0.1	0	0
	0.01	0	0
塩化第一鉄	0.1	0	0
	0.01	0	0
硫酸銅	0.1	40	31
	0.01	47	40
重クロム酸	0.1	26	2
	0.01	50	50
過マンガン酸	0.1	0	0
	0.01	49	2
ドデシルベンゼン	0.1	45	45
	0.01	48	47
ベンザルコニウム	0.1	0	0
	0.01	0	0

※3 ゲンジボタル幼虫は塩素イオンに耐性を持っているが、カワニナは非常に影響を受けやすい。また、ゲンジボタル幼虫は銅イオンにも耐性があるが、これはカワニナ血中に含まれる銅イオンに対する耐性であると考えられる。

3-4 カワニナ

カワニナはゲンジボタル幼虫の重要な餌となる。日本産のカワニナは9種存在する。国内には約40種のカワニナが生息しているという報告もある。カワニナは雌雄異体であり、雌は稚貝を直接産み、種類によって稚貝のサイズや産む数が異なる。代表的な種はカワニナ、クロダカワニナ、ヤマトカワニナ、イボカワニナ、シマカワニナ、チリメンカワニナ、タテヒダカワニナなどである。中にはその生息数が減少し、環境省のレッドデータブックに記載されるものもあり、平成12年4月12日公表のデータではアマミカワニナ、ムチカワニナ、ヨシカワニナ、スグカワニナ、ナカセコカワニナが絶滅危惧Ⅰ類に、オガサワラカワニナ、イボアヤカワニナ、ホソマキカワニナ、クロカワニナ、モリカワニナ、イボカワニナ、カゴメカワニナ、シライシカワニナ、タケシマカワニナ、クロダカワニナが準絶滅危惧Ⅱ類に、またフトマキカワニナ、ナンゴクカワニナ、オオウラカワニナ、タテジワカワニナに関しては情報不足ではあるがリストアップされている（環境省 生物多様性情報システム）²⁾。

カワニナとタニシは容姿が似ているが、別種である。カワニナは水系に生活を依存し、水系が異なると形質に相違が現れる。生息地が異なると形態や習性が著しく異なる。全国的に形態、習性、その他で変化が大きく、地域個体として生息する。生息する水深は1mを超えることもあり、また多様な流れでも生息できる。底質も礫～泥まで多様な環境に順応できる。ゲンジボタルには稚貝を多く産む種が適しているといえる。カワニナの稚貝の産出は6～9月に多い。食性は雑食である。

我々の飼育観察では、生息場所に関して水槽試験や愛知県春日井市大谷川での観察より、水の落ち

る場所など、比較的水流が強く、溶存酸素量の豊富な環境を好むと考えられる。また行動に関して、水槽での観察より、カワニナは水槽の照明を消す時に一瞬身をすくめるような行動をとる。外敵（鳥など）の影に警戒するのではないかと考えられる。照明をつけるときにはそのような行動は確認されなかった。また稀に吸盤を上に向け、水面に張り付く形で浮いて移動する様子も観察することができた。

3-5 ゲンジボタルの生息環境

ゲンジボタルは西日本型と東日本型でその生息環境も著しく異なる。川幅は20cm～100m、水深は1cm～2m、底質は泥～砂礫、と多様である。底質が泥の場合は流れが遅く、水系の物理的環境が安定しているといえる。川がコンクリート護岸されていても、川幅が広ければ中州を生じ、幼虫の上陸場所が確保される。底質が砂礫・礫である場合、水面が日照良好ならばケイ藻類の生産量が増大し、カワニナの繁殖を促す。日照不良であっても落葉、木の実、家庭の雑排水中の有機物、上流のダムや堰などによる富栄養化などの環境によりカワニナが繁殖できればボタルも生息が可能であり、一つの要因が欠けていても別の要因で補償できれば生息条件を満たせる。

4. 成育試験

ゲンジボタルを学内現地にて生息させるため、初めにゲンジボタル幼虫に必須な餌となるカワニナが対象地にて生息・繁殖可能であるか、成育試験を行った。

4-1 カワニナの繁殖・育成試験およびゲンジボタル幼虫の育成

ゲンジボタルビオトープの計画にあたり、初めにゲンジボタル幼虫の生息に欠かせないカワニナの生態観察、生息、繁殖試験を行った。試験個体は6月30日、愛知県春日井市大谷川上流に生息するカワニナ6個体を採取し、大学研究室に設

置した水槽にて飼育した。この大谷川でもゲンジボタルの保護が行われており、カワニナが自生していたが多量のカワニナの採取は避けた。

水槽設備に関しては、研究室内にて 300×600×350 (mm) ガラス水槽を設置し、大磯砂を厚さ 2cm 程度敷き、上部式濾過装置とエアポンプ (エアストーンを 2 分配) を起動させ、落水ポイントにカワニナ採取地より採取したこぶし大の石を 4 個置いた。使用する水は水道水をハイポ (チオ硫酸ナトリウム) にて中和した水を用いた。カワニナ投入の 3 日前に設置し、ポンプを起動させて水を循環させ、慣らしておいた。水温は室温に左右されるものとする。水質の安定化を図り、大学 LISA 水田よりアオウキクサとコナギを少量であるが移植した。大谷川より採取したカワニナは、予めカワニナと一緒に袋に入れてきた現地の水と水槽内の水を徐々に混ぜ、30 分程度かけて水槽へ導入した。カワニナ導入後、全個体の行動を確認することができた。カワニナは雑食であるため、栄養価や水質汚濁を考慮し、市販のプレコの餌 (熱帯魚用の植物性の餌) を与えることにした。1 粒与えてみると、1 個体が食べ始めた。

以降、カワニナの生活様式の観察を進めた。

4-2 観察の記録

6 月 30 日より 1 月 27 日まで行った観察記録の内容を以下に記す。

試験開始

6 月 30 日、研究室に設置した水槽に愛知県春日井市大谷川より採取したカワニナ (体長約 30~35mm) 6 個体を導入した。

7 月 4 日、1 個体が砂利の中に潜土していた。吸水口近くのガラス面に褐色透明で大きさ 1mm 程の貝のような生物が数個体見られた。カワニナ稚貝であるのかははっきりとした確認ができなかった。

7 月 6 日、カワニナの糞を確認した。与えている餌をよく食べていることがうかがえる。

本日も砂利に潜土している個体が 2 個体見られたが、これがどういった行動であるかは不明なので観察を続けた。図 2 にその状態を示す。

7 月 7 日、稚貝が 20 個体程度見られ、石の上にも見られた。目視では種の同定は難しく、今回もカワニナ稚貝であるかは未だ明らかではない。

7 月 8 日、昨日見られた稚貝であろうか、稚貝は親貝の殻上にもついてた。

7 月 11 日、与えている餌がきれいになくなっているため、好んで食べているようである。



図 2 カワニナの潜土

この写真では頭部がやや砂利に潜土している状態であるが、身体をほぼ全て砂利の中に潜土させることもあった。

群馬県立自然史博物館ホームページ³⁾、SHELLS DATABASE 貝類データベースホームページ⁴⁾を参考に稚貝を観察した。カワニナは右巻きの貝殻を持ち、ここに見られた稚貝は左巻きで LISA 水田によく見られるサカマキガイと相似していた。カワニナの稚貝ではないことが予想される。移植した水草から卵が混入してしまったものと考えられる。

カワニナ稚貝の発生

7 月 14 日、ルーペを用い、水槽壁面についている稚貝の様子を観察した。昨日までに観察されたサカマキガイとは違い、殻が 2~3 巻している

稚貝も見られた。この貝は吸盤もやや丸いように見られた。大きさは全長 1mm 程度である。この稚貝はサカマキガイとは異なった形態をしているため、カワニナの稚貝である可能性が高い。

7 月 19 日，2 種類の稚貝に差異が表れた。サカマキガイは成長が一段と早く，数日で大きくなり，成体とよく似た，はっきりとした体形となり個体の確認が容易になった。それに対し，カワニナの稚貝であると思われる貝は成長が遅く，またサカマキガイの稚貝と比較して色が濃く（サカマキガイが黄土色に対し，カワニナ稚貝と思われる貝は濃い茶色），貝殻の巻方がサカマキガイに対してははっきりしている。貝殻の巻き方や吸盤の形状から見て，こちらの稚貝はカワニナの稚貝であることがわかった。

7 月 28 日，カワニナの稚貝が目視で 60 個体前後見られた。特に石の上に多く見られた。カワニナは卵胎生であるため，親貝より稚貝の形で産まれる。それに対しサカマキガイの場合は産卵による繁殖であり，各所にサカマキガイのゼリー状の卵が見られるようになった。サカマキガイの増殖がカワニナの成長に影響するのが心配される。

8 月 4 日，カワニナ親貝が 1 ペアできているようで，2 個体が接触していた。カワニナの交配行動の様子を図 3 に示す。

水槽内にアブラミミズの仲間と思われる微生物が多く出現した。残餌のある場所に特に多くかたまって見られる。またケンミジンコも見られた。

カワニナの稚貝はその容姿がカワニナとははっきり判別できるようになった。サカマキガイは繁殖力が非常に強く，急速に増加しているがカワニナに対しては特に害は無さそうである。

8 月 5 日，本日も 1 ペア接触していた。アブラミミズの増殖が進んでいる。

8 月 17 日，カワニナ稚貝が減少しているように思えたため，よく観察してみると砂利の隙間に殻

が白化して死んでいるものが多く見られた。砂利に挟まってしまったのだろうか。逆に成長して一回り大きくなっているものも見られた。サカマキガイの増加が著しいため，個体数を調整した。

8 月 24 日，カワニナ稚貝は大きいもので体長約 2mm まで成長した。カワニナらしい形態を確認することができるまでになった。稚貝の様子を図 4 に示す。砂利の上にも移動している稚貝が見られるため，餌を細かく砕いてなるべく水槽内全体に散りばめるように与えた。夏季の室内では水温も上昇し，27.0℃であった。

残餌による水質悪化，アブラミミズの増加を防ぐため，春日井市落合公園池よりスジエビを 3 個体採取し，導入してみた。



図 3 カワニナの交配行動

水槽壁面や底面砂利の上でも見られ，特に場所を指定することは無い。

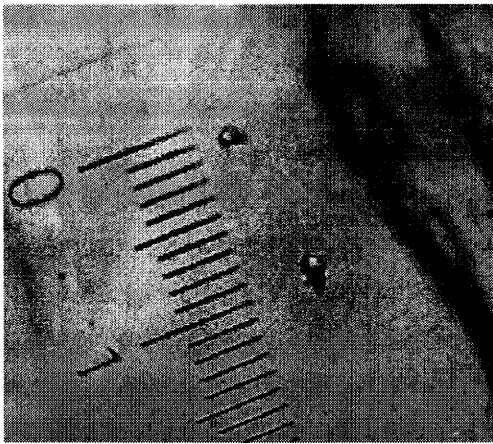


図4 カワニナ稚貝

図上のメモリは1メモリ 1mmである。上方のものは産まれたばかりの稚貝であると思われる。下方のものは生後1ヶ月程度経過したものと思われる。

8月27日(晴), スジエビについて観察したが、カワニナ用の餌や潰したサカマキガイなどを捕食するが、アブラミミズを捕食せず、アブラミミズが減少した様子は見られなかった。生きたサカマキガイおよびカワニナを捕食する場面は見られない。

8月30日, カワニナ親貝2個体が砂利の中に潜土していた。水温は27.1℃。

9月1日, 水槽内でも餌を多く与えた場所にアブラミミズが集中して特に多く発生していた。スジエビの効果はうかがえない。

カワニナ稚貝は体長約2mmまで成長したものがあちらこちらに目立つようになった。新しく産まれたと思われる体長約1mm程度のカワニナ稚貝も見られた。しかし、一時期数十個体にも見られた稚貝は現在個体数が減少しているように見られる。生まれてひと月からふた月の間に死んでしまう個体も多く存在していることが考えられる。

アブラミミズ群の中にサカマキガイが見られた。アブラミミズによる貝への害は無いようだ。

9月3日, 濾過フィルターの掃除時にアブラミミズを少し取り除いた。

カワニナはよく潜土するようになった。水温の

上昇などにより不活性化すると潜土して休息するのだろうか。水温は28.0℃であった。

茶室池の水を用いた試験

9月5日, 茶室池上流でのカワニナ及びホタルの生息が可能であるか調べるため、水槽をもう一台設置し、計画する現地の水(茶室池の水)を入れてポンプを起動し、水を循環させた。こちらではカワニナ及びゲンジボタル幼虫に関する生息状況が把握しやすいよう底砂を入れず、試験を行うこととした。水循環濾過装置は初めに設置したもう一台のものと同様のものを使用した。以降、初めに導入した水槽を第一水槽、後に設置した茶室池の水を入れた水槽を第二水槽とする。

9月7日, 第一水槽にてカワニナ稚貝は水槽ガラス壁面、砂利の上、石の上と様々な場所に移動している。サイズは体長約2mm, 幅約1mmである。水温は26.9℃。

第二水槽の水が安定してきたと思われるので、第一水槽よりカワニナ稚貝(中でも大き目のもの)を2個体採取し導入してみた。餌を少量与えてみると小さいながら少しついばんでいた。導入直後死んでしまうということは無く、しばらく様子を見てみる必要がある。

9月8日, 第一水槽にて、稚貝がよく目立つようになった。餌の溶けたものを食べるようになったのだろう。順調な成長がうかがえる。

第二水槽では、昨日導入した稚貝2個体が生存していた。第一水槽より新たに3個体の稚貝を採取し、第二水槽へ加え、全5個体で生存実験を進めてみた。しばらくすると1個体が水槽ガラス壁面を登り始めた。水温は27.0℃。

9月9日, 第二水槽では、導入した稚貝5個体にあまり動きが見られないが、生存していた。水温27.5℃。

9月12日, 第一水槽では餌を減少させたためか残餌も無く、そのせいかアブラミミズの個体群も縮小した。

第二水槽にて，第一水槽より親貝 1 個体を移入してみた．この時ピーカーを用いて第一水槽，第二水槽の水を混合した水にて導入するカワニナを数分間慣らしてから第二水槽へ移動させた．3 分経過すると動き始めた．先日までに導入した稚貝 5 個体の内，3 個体の動きを確認した．水温 27.1℃．

9 月 14 日，第一水槽に茶色のコケが増えてきた．アブラミミズもまた多く発生している．与える餌の量によって餌が残ると 1～2 日の間に特に多く発生するようだ．親貝が 2 個体潜土していた．

第二水槽では 12 日に導入したカワニナに特に変わった様子も見られず水槽内を這い回っている．この様子から，茶室池の水においてカワニナの培養及びゲンジボタルの育成が可能であると考えられる．水温は 27.1℃．

これまでの水槽試験の結果から茶室池においてカワニナの生存が可能であることが実証された．そこで茶室池の状況を再度確認した．井戸水の流入は管理されており，適宜止められるようであるが，水路に水が溜まるようになっているため水が水路から枯れることは無く，問題は無いと思われる．水際のコケの状態，植生，陸地の状態はゲンジボタル幼虫にとって良好と思われる．水路下流の水溜り低質はコンクリートと直径 1～2cm 程度の小石であり，カワニナの潜土等を考えると土質が良いと思われるが，リターが多く堆積しているため，この環境要因によって底面の環境状態はカバーされるとも考えられる．

茶室池の状況を図 5 に示す．

ゲンジボタル幼虫の飼育と第 1 回放流

9 月 15 日，注文しておいたカワニナ 2kg（体長 20mm 程度），ゲンジボタル幼虫 30 個体（体長 10mm 程度）が届いた．入手元は兵庫県の株式会社地球ホテル研究プロジェクトで，個体採取地は熊本県とのことである．

先日までの観察より現地でのカワニナ及びゲンジボタル幼虫の生存が可能であると推測されるため，第二水槽，茶室池，LISA 水田へそれぞれ放流することにした．

遺伝子の混合を防ぐため，第二水槽に予め導入していた大谷川のカワニナを第一水槽に戻し，第二水槽には購入した熊本産のカワニナを導入することとした．購入したカワニナの内およそ 100 個体のカワニナを水道水にて軽く洗浄し，第二水槽に導入した．

続いてゲンジボタル幼虫 10 個体を，水温，水質を第二水槽の水を混ぜ調整しながら，第二水槽へ導入した．導入直後，水槽底面を這い回る様子を確認することができた．第二水槽は底砂を入れていないため，カワニナ，ゲンジボタル幼虫共にその行動をよく観察することができる．ゲンジボタル幼虫導入後，しばらく観察していると幼虫がカワニナに接近し，攻撃をするような仕草を確認することができた．カワニナは多くが流入水口の流れが急な場所に移動し，集団となりはじめた．

残りのカワニナとゲンジボタル幼虫を茶室池，LISA 水田へそれぞれ半量ずつ放流した．

茶室池には橋の下，池の両岸にカワニナを撒くように放流し，上段の小石の無いコンクリート底の部分には一握り程度のカワニナを放流してみた．ゲンジボタル幼虫 10 個体は徐々に池の水を袋に加え，水温，水質を慣らしながら橋の下流左岸，落葉の多く堆積している付近へ放流した．放流直後，カワニナ，ゲンジボタル幼虫共に移動する様子を確認することができた．LISA 水田には，カワニナを水田 4 隅と中央部分に放流し，特に湧き水が流入しているポイントには多く放流した．ゲンジボタル幼虫 10 個体は水質の最も良い場所を考え，湧き水の流入しているポイントに水温，水質を慣らしながら全て放流した．こちらも放流後移動する様子を確認した．

放流後の様子を図 6 に示す。

9 月 16 日, LISA 水田ではカワニナが畦の際まで移動しているのを確認した(第 6 図④)。ゲンジボタル幼虫は個体の小ささと、放流した数も 10 個体と少ないため放流した場所には見られず、その周辺にも目視では観察することができなかった。

茶室池では池の掃除をされてしまった。随時清掃されることを予期していなかった計画ミスである。ほとんどのカワニナが池に堆積した落葉と共に網ですくわれてしまっていた。この様子であるとゲンジボタル幼虫の生存もあまり期待できない。

第一水槽では新たに稚貝が産まれたようだ。水温は 27.0℃。

第二水槽では小さいカワニナから幼虫の体が見られた。どうやら捕食しているようだ。ひっくり返ってもがくような仕草をするカワニナも見られ、ゲンジボタル幼虫に攻撃されている可能性が高い。また、水槽内を這い回る幼虫も 2 個体確認することができた。

ゲンジボタル幼虫の様子を図 7 に示す。

9 月 19 日, LISA 水田ではカワニナが昨日よりあちらこちらに散っていた。2~3 個体が近くにいるという場合が多い。ゲンジボタル幼虫を確認することはできなかった。

図 5 茶室池の状況



① 茶室池水路下段

写真は下段のコンクリート底部分である。小石が敷いてあり、両岸はリターの堆積した土手となっている。



③ 茶室池左岸
ゲンジボタル幼虫放流場所



④ リサ水田カワニナ放流後
蛙の方へ移動が見られた。



図7 導入1日後のゲンジボタル幼虫

カワニナの近くを這い回る様子を確認することができた。
手前のメモリは幼虫からやや距離があるが1メモリ1mm

茶室池では、カワニナは数個体確認することができた。特に橋の下付近に見られた。

第一水槽では、稚貝が大きいもので体長3mm、幅1.8mm程まで成長した。水温は28.0℃。第二水槽ではカワニナ3個体から水カビが見られた。ゲンジボタル幼虫に捕食されたため、残った部分が腐敗したのだろう。ひっくり返っているカワニナも数個体見られた。

ゲンジボタル幼虫はサイズが小さいため、給水口から吸い込まれる可能性があったので上部のフィルターを確認してみると、やはり2個体が吸い込まれていた。まだ生きていたので水槽内に戻した。やや弱ってしまったようである。幼虫は他に3個体確認することができたが、残りのものは確認できなかった。カワニナの中に入っていると思われる。第二水槽においてもカワニナの稚貝が数個体見られた。

9月21日、LISA水田にて、カワニナは水口、水田南東側に比較的多く見られた。ゲンジボタル幼虫は確認できなかった。

茶室池にてカワニナの可視数をカウントしてみると22個体確認できた。特に橋下の落葉場所が多く見られた。ゲンジボタル幼虫は確認することができなかった。

第一水槽では稚貝が大きくなってきたため、水槽内あちらこちらによく見られた。

第二水槽では、カワニナが水槽壁面を水面付近まで上ってきている。ガラス蓋まで上っているものもあった。ゲンジボタル幼虫は導入時と比べるとやや大きくなった。死んでいるカワニナをカウントしてみると15個体あった。捕食されていることがうかがえる。ゲンジボタル幼虫5個体が底を這っているのを確認した。

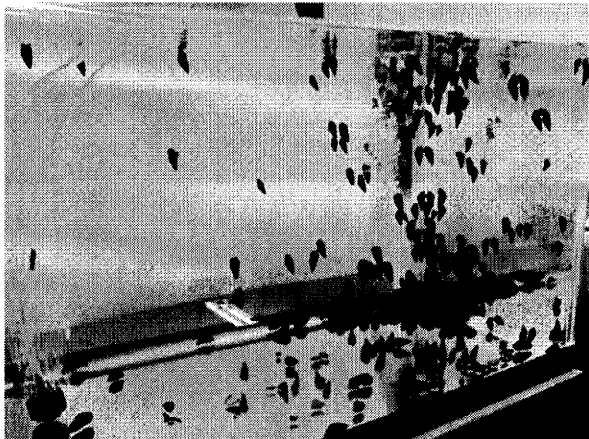
9月27日、LISA水田にてカワニナの様子を観察していると、水口にて多くが死んでいることに気が付いた。ほとんどのカワニナは殻のみである。水口よりやや離れた場所や水尻付近にいるカワニナは生存しているため水質が要因である可能性は低く、ゲンジボタル幼虫に捕食され



② 茶室池水路

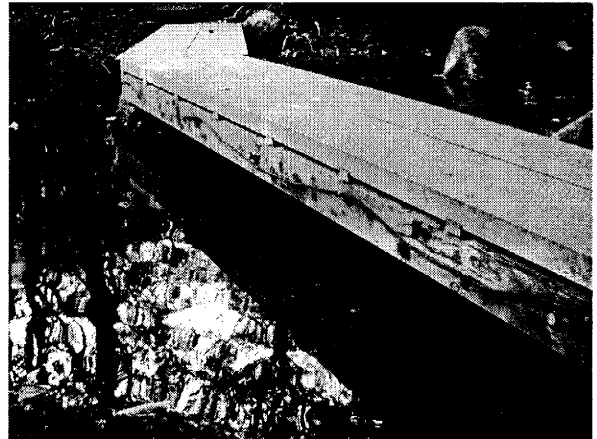
写真は上段より眺めた様子である。低木や草本が見られ、また岩にコケが多く見られる。

図6 第1回カワニナおよびゲンジボタル幼虫放流の様子



① カワニナ及びゲンジボタル幼虫を導入した第二水槽

落水ポイントに集まり始めているのがうかがえる。



② 茶室池カワニナ放流場所 橋の下

たものと考えられる。幼虫の姿を確認することは困難であるが、カワニナの殻の様子から生存していることがうかがえる。

第一水槽の稚貝が、大きいもので体長 5mm, 幅 3mm 程のものが見られた。当初砂利に挟まれ死んでしまう個体が心配されたが、致命的な影響は無いようだ。

第二水槽ではゲンジボタル幼虫は順調に生息している。ひっくり返っているカワニナの数が多くなってきた。幼虫が活発に捕食していると考えられる。幼虫は 1 個体確認することができた。

9 月 30 日, 第一水槽の稚貝はほとんどのものが一目でカワニナと判別できるものばかりである。最近は新たに生まれていないようである。

第二水槽にて、またゲンジボタル幼虫が 2 個体フィルターに吸われてしまった。生きていたので水槽に戻した。エアストーン的位置が給水口に近いと水の舞い上がりと共に幼虫も浮いてしまい、給水口から吸われてしまうと考えられ、エアストーン的位置を移動させた。完全に空になっているカワニナは 15 個体、他にひっくり返っているものが多く存在する。水温は 25.0℃ とやや低くなってきた。

10 月 4 日, 第二水槽にてゲンジボタル幼虫が 1 個体死んでいるのを確認した。先日吸水口から吸われてしまった個体だろうか。

10 月 5 日, 茶室池ではカワニナがほとんどいなくなってしまった。何度か清掃されてしまったようだ。時期を見て再度放流するとともに、管理の方法を検討する必要がある。

第二水槽にて本日もゲンジボタル幼虫が 1 個体死んでしまった。昨日と続いて 2 個体なのでおそらく吸水口より吸われてしまった 2 個体だろう。幼虫が小さい時は特に注意する必要がある。

10 月 6 日, 第二水槽にて幼虫 3 個体が元気良く這っているが、2 個体丸くなって動かないものも見られた。幼虫は大きいもので幅が 3mm 程度まで太くなったが、小さいものは一回り程度

小さい。ちょうどカワニナの殻の中から這い出てきた幼虫を確認することができた。

LISA 水田は湧き水が少なく、水道水を多めに入れている。カルキの影響が心配される。

ゲンジボタル幼虫の棲家

10 月 11 日, 第二水槽にて、幼虫が隠れるような場所が無かったため、先日より試験的に活性炭の入ったネットを一袋水槽内に沈めておいた。活性炭の袋を持ち上げてみるとその裏に 8 個体の幼虫を確認することができた。先日 2 個体の幼虫が死んでしまったので全ての幼虫がこの下に集まっていたことになる。ゲンジボタル幼虫はその生息に身を潜められるような物陰が必要であることがわかった。水温 24.0℃。

10 月 13 日(晴), 第一水槽にてカワニナ親貝がペアリング。第二水槽ではゲンジボタル幼虫一個体がカワニナを捕食しているのを確認した。活性炭の袋の下にも幼虫を確認した。水温 24.2℃。

10 月 17 日(雨), LISA 水田は前日降雨が見られたものの湧き水の流入量が少ない。現在水道水で水位を補っている。

第一水槽に見られるカワニナ稚貝はその多くが体長 5mm, 幅 3mm 程であり、ひと月に 1mm 程成長するものとする。それらは培養初期に誕生したものであると考えられる。順調に成長していることがうかがえる。

第二水槽ではカビの生えたカワニナが 17 個体見られた。ゲンジボタル幼虫は活性炭の袋の下に集まっているようだ。こちらの水槽でもカワニナの稚貝が産まれていた。

10 月 20 日, 第二水槽にて、ゲンジボタル幼虫の脱皮痕と思われるものを確認した。

幼虫の大きさは大きいもので体長 15mm 程である。

10 月 27 日, 第二水槽にて、比較的大きめのゲンジボタル幼虫が小型のカワニナに体を半分程度入れているのを確認した。ゲンジボタル幼虫は自分の体より小さいカワニナでも身を細め

て進入し、捕食することが観察できた。幼虫は大きいものとあまり成長が見られない小さいものが見られる。個体によって捕食の得意不得意があるのだろうか。物陰ではない場所では、幼虫は身を丸めて休息するようである。

11 月 7 日、LISA 水田では湧き水がほとんど出でず、水道水の流入量を増やした。水量は水尻から少しずつ流出する程度である。あちらこちらにカワニナの這った痕跡を見ることができた。

第一水槽ではカワニナの小さい稚貝が見られないのでこのところ新しい稚貝は産まれていないようだ。

第二水槽にて、活性炭ネットの下にゲンジボタル幼虫を 6 個体確認することができた。4 個体は大きい、2 個体はそれに比べて小さい。大きいものは体長 15mm、幅 3mm 程である。また、ゲンジボタル幼虫がカワニナを捕食する場面を確認できたので図 9 に示す。水温は 20.5℃。茶室池はきれいに清掃されており、カワニナは点々としか確認することができなかった。以前放流した場所より下流に底質が土の場所があり、次回そちらへ放流したほうが清掃などから保護できるかもしれない。



図 9 ゲンジボタル幼虫の捕食

中央のカワニナを攻撃するゲンジボタル幼虫が見られる。この写真はゲンジボタル幼虫がカワニナ頭部より襲っている状況である。

11 月 11 日、LISA 水田は湧き水が相変わらず少なく、水尻からの流出も無いため、水道水の流入を強めた。

第一水槽の稚貝を観察すると、体長が 7mm の個体、6mm の個体、4mm の個体、3mm の個体、2mm の個体を確認することができた。およそ 1mm の差で体長に差が見られるため、毎月稚貝が産まれているものと考えられる。7mm のものは初期に産まれたものであると考えられる。

第二水槽ではゲンジボタル幼虫 3 個体がそれぞれカワニナを捕食していた。内 2 個体は小型で、1 個体は大型の幼虫であった。水温は 19.5℃。

第 2 回カワニナおよびゲンジボタル放流

11 月 14 日、注文したカワニナ 5kg がホテル研究所より届いた。サイズは体長 20mm 前後、タニシも若干混入していた。一握り程度のカワニナを水道水にてかるく洗浄し、第二水槽へ加えた。残りのカワニナを茶室池及び LISA 水田に半量ずつ放流した。その時の様子を図 10 に示す。今回もタニシはリサ水田へ放流した。茶室池には清掃によるカワニナの消滅を軽減するため、以前放流した場所ではなく、水路最下流池との境界付近、底質が土質の場所へ放流した。また、橋の下辺りにも 4 握り程度放流した。茶室池の水温は 17.5℃であった。LISA 水田には湧き水取り入れ口へ特に多く放流し、水田 4 隅へそれぞれ 4 握り程度、中央へ 2 握り程度放流した。LISA 水田の水位は現在水道水にて保っている。今回 LISA 水田水道水流入ポイントおよび研究室にてカワニナの水道水による生存実験を行うこととした。水道水における生存実験の詳細に関しては次項 4-3 に記す。

第一水槽にて、カワニナ親貝が 1 ペアできていた。第二水槽ではゲンジボタル幼虫 2 個体がカワニナを捕食していた。

11 月 15 日、LISA 水田では先日放流したカワニナが放流した場所より 1m 前後移動していた。

水道水流入部分でも生存していた。水道水での実験でもカワニナに特に影響が見られないので、水道水内のカルキが与えるカワニナへの影響はほとんど無いのではないだろうか。

茶室池でも放流した場所より 1m 程度移動しているのが見られた。橋の下ではあまり移動が見られなかった。今回放流した下段の水域ではリターの堆積が多く、カワニナの良い餌となることが期待される。

第一水槽にて、カワニナ親貝が 1 ペアできていた。新しく産まれたと思われる稚貝も見られた。第二水槽では昨日加えたものを合わせほとんどのカワニナが壁面に登った。またカワニナ稚貝が多く見られるようになった。活性炭のネットの下にゲンジボタル幼虫が見られた。カビの生えたカワニナは 6 個体見られた。

11 月 16 日, LISA 水田は水道水により水位は良好であった。カワニナは昨日に比べさらに移動し、およそ 2~3m 程度移動した形跡が見られた。水道水取り入れ口においてもカワニナの生存を確認することができた。

茶室池では、放流した場所にて 2m 程度移動したのも見られるが、落水ポイントでひっくり返っているものが多く見られた。水温が低いため不活性化していると考えられる。また堆積した落葉についているものも見られた。

第二水槽ではゲンジボタル幼虫 1 個体がカワニナを捕食していた。別の 1 個体は水槽底面を這っていた。カワニナはほとんどが水槽壁面に登っている。

11 月 19 日, 第二水槽にて、比較的大きいカワニナもゲンジボタル幼虫に捕食されているのを確認した。

11 月 28 日, 注文しておいたゲンジボタル幼虫 100 個体がホタル研究プロジェクトより届いた。個体サイズが第二水槽で飼育しているものと比較すると格段に差があり、体長約 25mm, 幅約 5mm というサイズだった (図 10③参照)。

全個体を一度プラスチックケースに移し、50 個体ずつに分けた。小さい個体が 7 個体余分に入っていたため、この 7 個体は第二水槽へ入れ、分けた 50 個体はそれぞれ茶室池, LISA 水田へ放流した。

第二水槽には予め水槽内のカワニナの糞及び殻を取り除き、茶室池の水を足した後ゲンジボタル幼虫 7 個体を導入した。第二水槽へ加えた 7 個体のゲンジボタル幼虫は届いた 107 個体の中から個体サイズが小さめのもの、極小さいものを選別した個体であり、導入後小さいながらも水槽内を這い回るのを確認した。

茶室池には、11 月 14 日にカワニナを放流したポイントへゲンジボタル幼虫 50 個体を左岸寄り、中央付近、右岸寄りの 3 箇所に分けて放流した。放流の際予め池の水温とゲンジボタル幼虫の入った袋内の水温を調整し、徐々に袋内に池の水を入れ、慣らしながら放流した。放流直後は数個体で団子状にかたまっていたが、徐々に移動し始め、すぐにカワニナへ寄っていくものも見られた。カワニナは不活性化しており、ほとんどが殻に入ってひっくり返っているため、ゲンジボタルの捕食に関しては容易であると思われる。水温は 14.0℃であった。

LISA 水田には湧水取入れ口に 45 個体、水道水取入れ口に 5 個体放流した。放流直後すぐに泥の上を這ったり、潜ったりし始めた。湧水取入れ口では水草が多く生えているため、ゲンジボタル幼虫は水草の下へ身を潜めるように移動し始めた。水道水取入れ口では先日カワニナを放流したが、それらが生存しているためゲンジボタルに関しても水道水の害はないと予想される。LISA 水田においても個体を放流する際には茶室池同様水温、水質を徐々に慣らしながら放流を行った。

放流の様子を図 10 に示す。

11 月 29 日, LISA 水田を観察すると, 昨日ゲンジボタル幼虫を放流した湧水取入れ口付近の水草の縁にゲンジボタル幼虫を 2 個体確認することができた. 水温は 13.0℃.

茶室池では岩の縁で幼虫 2 個体がカワニナを捕食しているのを確認. その他は見当たらなかった. 水温は 16.0℃.

第二水槽では昨日導入したゲンジボタル幼虫は見られず, 活性炭のネットの下に入り込んでいられる.

11 月 30, 第一水槽のカワニナ稚貝は大きいもので体長 8mm, 幅 4mm に成長していた.

第二水槽ではゲンジボタル幼虫 1 個体がカワニナを捕食していた.

12 月 9 日, LISA 水田にてカワニナがゲンジボタル幼虫に捕食された痕跡を確認した.

茶室池はリターが多く水中に堆積していたため, 少し取り除いた. カワニナは多く見られるが, ゲンジボタル幼虫は確認できなくなった. どこかに潜っていると考えられる.

12 月 12 日, 茶室池ではリターが毎日多量に堆積している. 清掃を行っている方もあまり景観を損ねるようであれば網ですくってしまうということなので, 大学より許可をいただき, ゲンジボタル幼虫およびカワニナ放流部分の管理を我々が行っていくこととした.

12 月 13 日, 茶室池のリターの清掃を行った. 竹バサミで上層から落葉を摘み, できる限り幼虫を取らないよう注意を払いながら行った.

12 月 15 日, 本日も茶室池の落葉を取り除いた. 幼虫を探してみたが確認できなかった.

また, アオサギが飛来しているのを確認した. カワニナやゲンジボタル幼虫が捕食されることが心配される.

第一水槽ではカワニナ稚貝が体長 9mm, 幅 4mm に成長し, 吸盤も直径約 3mm と少し大きくなった.

第二水槽ではゲンジボタル幼虫 2 個体がカワニナを捕食しているのが見られた. 空になってい

るカワニナも 40 個ほど見られ, 幼虫がよく捕食していることがうかがえる.

寒さに耐えるゲンジボタル幼虫

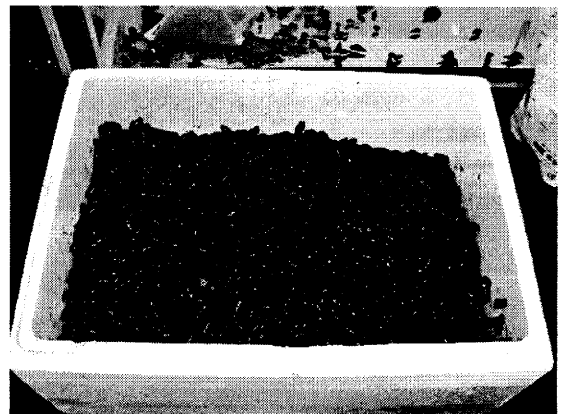
12 月 19, 昨日の降雪のため残雪が多く, LISA 水田は表面が雪と氷で覆われていた. その中で, 水道水取入れ口付近にてゲンジボタル幼虫を確認した. ちょうどカワニナを捕食しているところであった. その様子を図 1 1 に示す.

12 月 20, 茶室池にてカビの生えたカワニナが数個体見られた. ゲンジボタル幼虫の捕食痕だろうか.

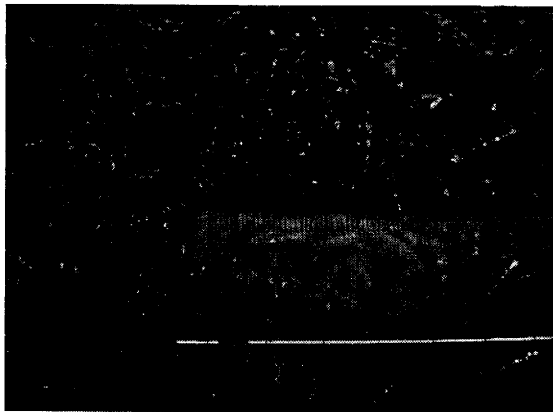
12 月 22 日, 第二水槽にてゲンジボタル幼虫 1 個体が死んでしまった. 原因は細菌感染だろうか.

12 月 27 日, 水槽の水を 3 分の 1 程度交換した. 第二水槽では活性炭の下にゲンジボタル幼虫を 8 個体確認した.

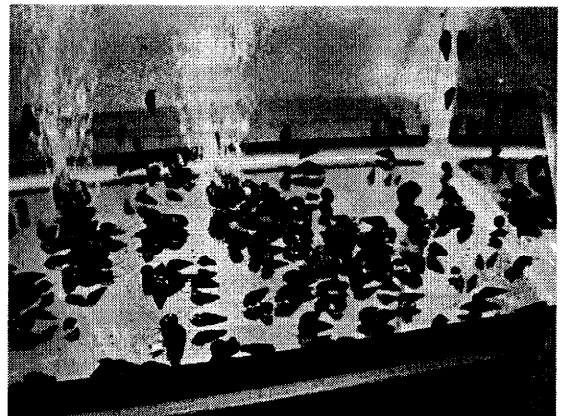
図 1 0 第 2 回カワニナおよびゲンジボタル幼虫の放流の様子



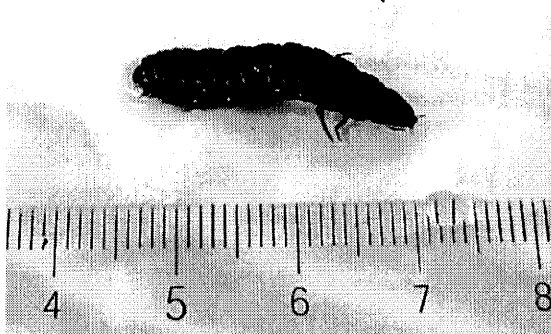
① 送られてきたカワニナ.



② 届いたカワニナのサイズは 20mm 前後.



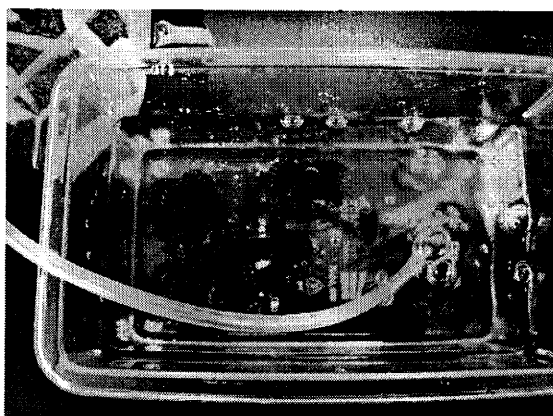
⑤ 第二水槽へ一握り程度のカワニナを加えた様子.



③ 今回届いたゲンジボタル幼虫.
メモリは1メモリ 1mm である.
第二水槽で成長したものと比較するとその大きさは格段に大きい.



⑥ 茶室池放流ポイント上流から見た状況.



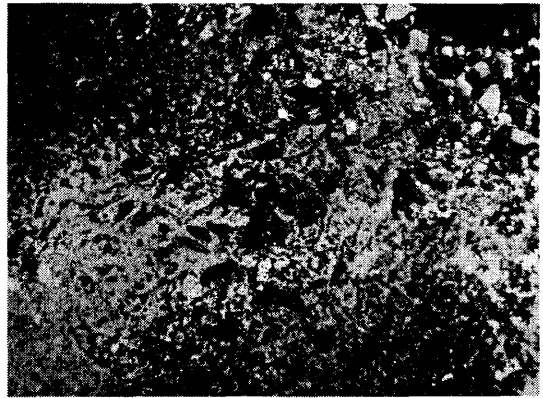
④ プラスチックケースに入れたゲンジボタル幼虫.



⑦ 茶室池放流ポイント右岸より見た状況. 落葉が多い.



⑧ 茶室池カワニナ放流直後。
中央に放流したばかりのカワニナ群が見られる。



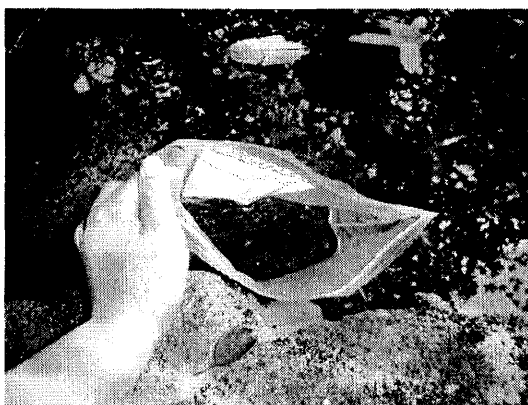
⑪ 茶室池にてゲンジボタル幼虫放流直後。
ゲンジボタル幼虫放流直後の水中の映像。水温が 17.5℃と低めであるため、数個体が団子状に固まっているのが見られる。



⑨ 茶室池ゲンジボタル幼虫放流前。
バケツにて水温調整中。



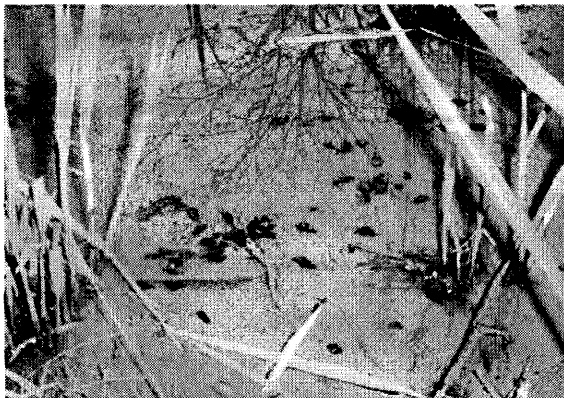
⑫ LISA 水田にて放流時の状況。



⑩ 茶室池ゲンジボタル放流。
徐々に池の水を加え、水質を慣らしながら慎重に放流した。今回の放流個体数は 50 個体。



⑬ 湧水取入れ口にてカワニナ放流。
中央にカワニナの集団が見られる。



⑭ 水道水取入れ口にてカワニナ放流.

写真中央に点在するのがカワニナ. カワニナは放流後すぐに移動し始めるのを確認した. また, 同一場所でヤゴを確認したことがある.



⑰ 水道水取入れ口にてゲンジボタル幼虫放流. 泥の中に潜ろうとするゲンジボタル幼虫.



⑮ LISA 水田にてゲンジボタル幼虫放流.

最初に袋のまま水温を調整.



図 1 1 LISA 水田で確認されたゲンジボタル幼虫

雪が降り, 水面が凍ってもこのようにカワニナを捕食している様子を確認することができた.



⑯ LISA 水田湧水取入れ口にてゲンジボタル幼虫放流直後の様子.

放流直後, 泥の上を移動し始めた.

1 月 6 日, LISA 水田では表面が凍っており, カワニナは確認できるがゲンジボタル幼虫は確認できなかった.

茶室池でも水は止まっており, カワニナは見られるがゲンジボタル幼虫は確認できなかった. 第一水槽では体長 7mm 程のカワニナ稚貝が多く見られる.

第二水槽ではゲンジボタル幼虫 (体長 23mm 程の個体) が 2 個体死んでしまった. 1 個体は溶けたような形で給水口に見られ, もう 1 個体は水槽底面で死んでおり, 体は垂直に硬直, 腹部が若干破れており, 黄色い体内が見えた. (図

1 2 参照)

死因ははっきりしないが、細菌による感染症の可能性が高いと思われる。捕食の際などに体表に傷がつくなどして細菌感染したのかも知れない。

活性炭のネットの下には8個体幼虫を確認できた。水温は 15.0℃。

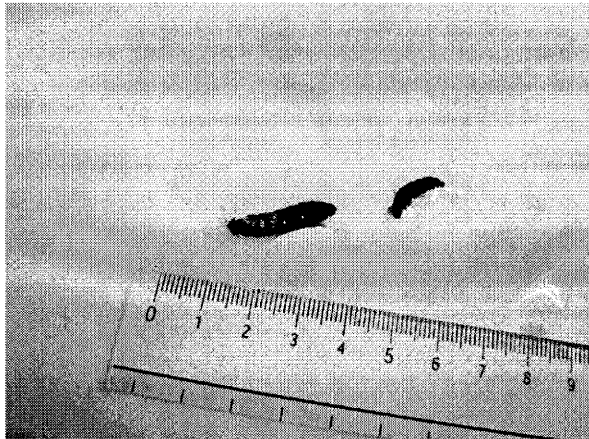


図 1 2 死んでしまったゲンジボタル幼虫

細菌感染による死因が考えられる。

1 月 10 日、茶室池の整備を行ったが、ゲンジボタル幼虫は見られなかった。

1 月 27 日(曇)、第二水槽にてゲンジボタル幼虫が 1 個体死んでしまった。茶室池を整備し、その後茶室池の水をバケツ一杯第二水槽へ加えた。水温は 20.0℃。

このところ幼虫が多く死んでしまっているので水管理に気をつけたほうがよいと思われる。

ここまでおよそ半年間、カワニナおよびゲンジボタル幼虫に関する成育試験、観察、現地の整備を行ってきた。この論文において示す観察記録は上記期日までとするが、その後においても観察、現地の整備は継続されている。

次項 5 では水道水における生存実験の記録と結果、6 では今まで行ってきた試験、観察に関してその結果と考察をまとめることとする。

5. 水道水におけるカワニナの生存実験

文献¹⁾によるとカワニナは水道水の塩素イオンに特に影響が現れると記されていたが、LISA 水田において水道水を使用した水管理が行われているため、実際にその影響について実験を行った。共試個体は 11 月 14 日に届いたカワニナ 5kg の中からランダムに 50 個体を選び出した。以下に実験の記録を記す。また、適宜撮影した実験の様子を図 1 3 に示す。

<11 月 14 日>

15 : 40 試験開始。

15cm プラスチックケースに水道水を 7 割程度汲み入れ、そこにランダムに選び出したカワニナ 50 個体を導入した。酸欠による死亡を防ぐため、エアストーンを一つ入れ、弱めにエアレーションを行った。水温は 18.7℃。カワニナは導入後、すぐに動き始めた。

16 : 40、全個体生存確認。プラスチックケース壁面に登っているものが多く、エアストーンにも 3 個体ついてた。底面に 13 個体、エアストーンに 3 個体、壁面に 34 個体見られた。壁面についている個体も全個体水面下に存在。

17 : 20、3 個体が水面以上へ移動した。水温 19.0℃。

17 : 40、3 個体が完全に水面以上に移動し、3 個体が水面以上に頭のみ出していた。全個体生存していた。水温 19.0℃。

<11 月 15 日>

10 : 20、ひっくり返っている個体が 2 個体見られた。9 個体が底面に、1 個体がエアストーンに、残りのものは壁面についていた。

12 : 00、ひっくり返っている個体が 7 個体に増えた。12 個体が底面に、1 個体がエアストーンに、残りのものは壁面についていた。

12 : 40、ひっくり返っている個体 6 個体、全個体が水面下に存在。

13 : 40、ひっくり返っている個体 3 個体、水温 20.0℃。

14:50, ひっくり返っている個体 4 個体, 水温 19.5℃.

15:00, 底面に 22 個体存在, 内 3 個体がひっくり返っていた. 水温 19.5℃.

15:40 (24 時間経過), 水温 19.5℃. 22 個体が底面に, 内 6 個体がひっくり返っていた.

1 個体水面以上に移動していた. 水がやや白濁してきたように見られた. ひっくり返っている個体に変動があるため, 全個体生存していると思われる.

17:20, ひっくり返っている個体 5 個体, 15 個体がエアストーンの周りに集まっていた. 1 個体が水面以上に移動していた. 水面に泡が発生してきた. 水質がやや悪化してきたのだと思われる. 水温 19.5℃.

17:40, 水面以上に移動していた個体が水面下へ移動した. 水温 19.5℃.

<11 月 16 日>

10:55, 水温 19℃. 43 個体が底面に存在. ひっくり返っている個体は 9 個体. 全体的にやや弱ってきたように見られた. 二晩経過したため, 自然にカルキが抜けていると思われるが, 昨日よりカワニナは弱っているようにも見られる. エアストーンの周りに集まっているため, エアレーションをやや強めた.

12:40, ほとんどの個体がエアストーンの周りに集まっていた. 9 個体がエアストーンよりやや離れた場所に, 6 個体が壁面に見られた. ひっくり返っている個体は 13 個体. 水温は 19.0℃.

15:40 (48 時間経過), 水温 19.0℃. ほとんどの個体がエアストーンに集まっており, その大半がひっくり返っていた. 壁面には 8 個体, 底面を這っているものは 4 個体確認した.

48 時間経過したため, 全個体を一度外に取り出し, 生存確認を行った.

薄く水を張った容器に転がすように置いてみると, すぐに頭を出して動き出す個体も見られたが, なかなか動かない個体が 9 個体あった.

少し揺すりながら 30 分程度放置しておくと全個体が動いた.

以降, 試験的に再び水道水の入ったプラスチックケースに全個体を戻した. その後, 水道水を毎日交換しながら観察を続けたが, 1 ヶ月以上全個体が生存し続けた. さらに, 水道水での生育中, 稚貝も誕生した.

6. 結果と考察

今回の試験では, 約半年間カワニナ及びゲンジボタル幼虫を観察し, その生態について知ることができ, またゲンジボタルを対象としたビオトープ計画・施工においてその柱立てを行うことができた.

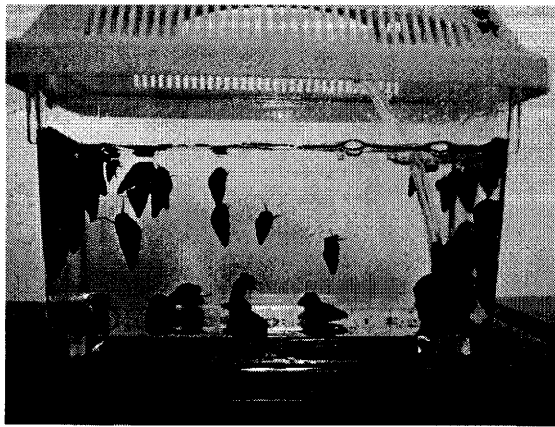
カワニナ

カワニナは交配行動が可能な環境であれば雌 1 個体で毎月体長 1mm 程度の稚貝を一度に数十個体産むことがわかった. しかし, 稚貝の成長は非常に遅く, ひと月に約 1mm 程度の成長しか確認することができなかった. 稚貝の生存率に関しては水槽内においても 100%ではなく, 若干の個体が底砂等の隙間に挟まって死んでしまうものも見られた. 自然環境では他の要因も重なり, これより生存率が低下するものと考えられる.

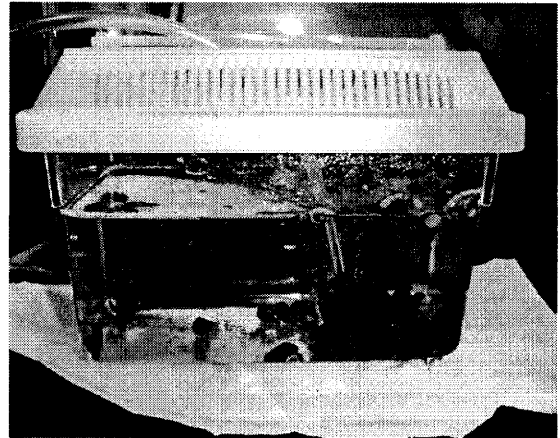
サカマキガイの成長速度は数日でその形態がはっきりとし, 3~5mm の大きさになる. 両者を観察するとその成長速度の差がはっきり観察できた. サカマキガイがゲンジボタル幼虫に対して補助的な餌とならないかどうか, 今後試験を行っていきたい.

カワニナの交配の方法は雌雄どちらかがマウントする形で行われ, 卵胎生であるため直接稚貝を産出し, 産まれてくる稚貝は既に殻を持っている(カワニナは雌雄どちらか見分けがつかない. 観察による推測ではその行動から上に乗っている方が雄ではないだろうか). 殻は成長に伴い大きくなり, 他の殻と交換するなどの行為は無い. 稚

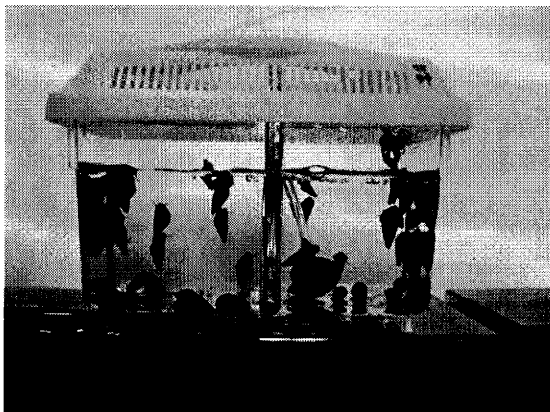
図 1 3 水道水におけるカワニナの生存実験の様子



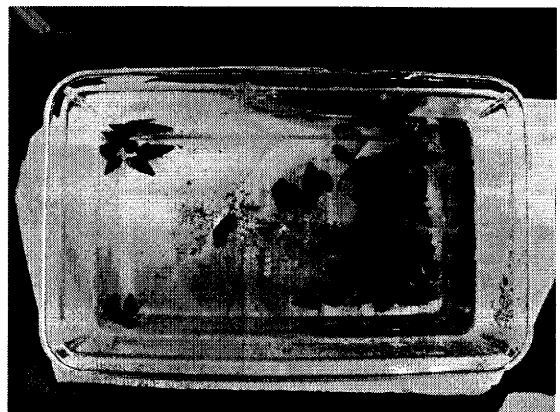
① 実験開始 1 時間後. 壁面に登り始めたカワニナ.



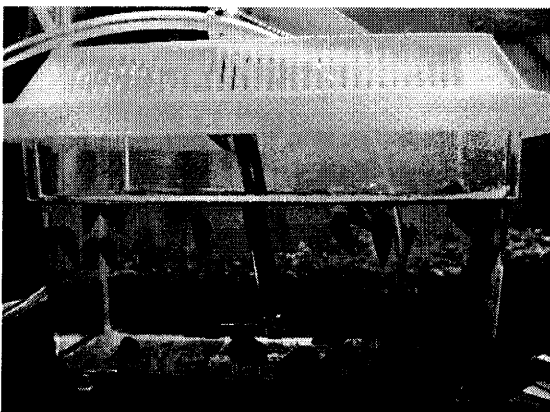
④ 48 時間後. 底面エアストーンの周りに集まるカワニナがうかがえる.



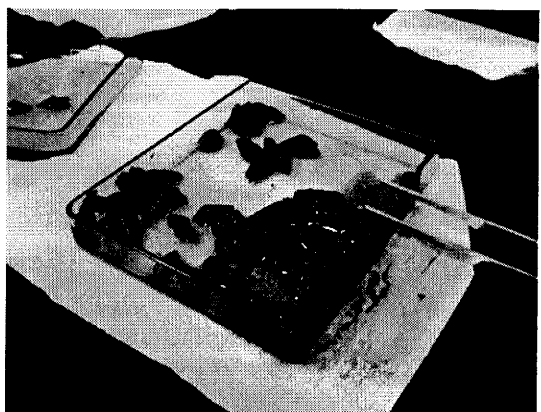
② 2 時間後. 水面上にも移動が見られた.



⑤ 48 時間後上部より撮影.



③ 26 時間後.
水が褐色化し, 個体は底面に集まり始めた.



⑥ 生存個体選別.
全個体生存していた.

貝は非常に小さいため, 今回の試験では砂利の隙間に挟まって死んでしまう個体も見られたが, それが全ての個体で致命的な障害になることは無く, また体長 3mm 程度まで成長すると水槽内のあちらこちらに活発に移動することが確認された。

他種の貝が同一水槽内にて生息する場合 (この試験ではサカマキガイ), 一方の増殖が特に進んでも相互に害を及ぼすことは無く, またエビ (この試験ではスジエビ) に捕食されることも無く成長した。

カワニナは光 (もしくは影) に敏感に反応し, 生息空間的にはある程度流れの急な, 水の落ちている場所など溶存酸素量の多い場所を好む性質があることがわかった。また時折吸盤を上に向け, 水面に浮いて移動する行動をすることが確認された。

水道水におけるカワニナの生存実験

水道水におけるカワニナの生存実験では共試験体 50 個体において, 48 時間以上, 全個体の生存を確認することができた。この結果よりカワニナに対する水道水の毒性は無いものと考えられる。途中ひっくり返る個体が多々観察されたが, 物理的環境要因 (光条件や溶存酸素条件, 水質条件など) によって不活性化し, 殻の中に入って休息するような形になるのではないかと考えられる。実験後の観察より毎日水を換えるとひっくり返る個体数が減少し, また水道水内においても稚貝を産むことが確認された。文献によるとゲンジボタル幼虫は塩素に耐性を持っている (日本の昆虫⑫ゲンジボタル 大場) ことから, 水道水を利用したビオトープ (LISA 水田など) においてもカワニナ及びゲンジボタルの培養が可能であることが期待される。

以上の結果からカワニナ及びゲンジボタル幼虫は水道水にも比較的強く, 中部大学構内の水源にて生息, 繁殖することが期待される。

ゲンジボタル幼虫

ゲンジボタル幼虫に関しては, 捕食は毎日行われるわけではなく, 1 個体でひとつのカワニナを捕食することもあれば, 2~3 個体でひとつのカワニナ (カワニナのサイズには関係ない) を捕食することもあった。この時カワニナの殻に同時に複数個体が進入していた。

生活に関しては特に物陰を好み, 本試験では捕食時以外のほとんどの場合, 沈めておいた活性炭の入った袋の下に潜んでいることが多かった。成長の度合いはホタル研究所で飼育されていたものと比較すると格段にその差が見られ, 本試験個体と後にホタル研究プロジェクトより購入したものではありません。その個体サイズに 3~4 倍程度の違いが見られた。本試験ではゲンジボタル幼虫に対しカワニナの量を特に多くしたが, たとえ餌が豊富にあったとしても生息環境により捕食量が減少することが考えられる。生息に物陰を好む性質から, 開放された環境, 水槽内の物理的環境の不安定さ (光環境や水温), 水槽底面のガラスは滑りやすく, 移動に適していないなど, それらの要因がストレスとなり, その結果捕食量も減少し成長が遅れるのではないかと考えられる。今後底砂を入れる等, 水槽内環境をより自然に近づけての試験も行っていけるとよい。

ビオトープ計画

ゲンジボタルビオトープの計画・施工にあたって, ゲンジボタルの生息個体数の減少にはカワニナの生息が厳密に関与しており, ゲンジボタル保護を行っていくにあたって第一に, ゲンジボタル幼虫の餌環境であるカワニナをいかにして保護していくかが重要であることがうかがえる。レッドデータブックにも見られるように多くの種のカワニナが絶滅に近づいている。今回の実験でカワニナは水道水にて生存が確認されたが, カワニナの減少の背景には多自然型河川・水路の減少に加え, 農薬, LAS 等, 水質汚染によるカワニナの成育できない水環境の増加も大きいと考えられ

る。ゲンジボタルを多く観察することのできる環境とはカワニナが多く生息し、繁殖している環境であり、このことからゲンジボタルのために毎年カワニナを何キログラムも放流するような管理の方法ではなく、カワニナが生息・繁殖できる、しやすい環境作りがゲンジボタルビオトープを構築していく中での第一段階であることが言える。今回の試験では 2006 年初夏にゲンジボタルを学内で飛翔させることを目的とするためその準備期間の関係から学内現地の地形等を考慮し、目標種が近隣外部環境へ進出しないものと判断し、カワニナ及びゲンジボタル幼虫を購入（西日本原産種）、現地に放流する形で生物の導入の方法をとるが、長期的にゲンジボタルビオトープを構築させていくにあたってはまずカワニナ（できる限り現地に生息している個体を培養し、現地に生息が見られない場合はできる限りその地域内に生息する個体を採取、培養し、他の地域の遺伝子の混入は避ける）を対象地にて生息させ、対象地に定着させるため数年間はゲンジボタルではなくカワニナを主に対象とした保全、整備を行っていくことが重要であると考えられる。ゲンジボタルは飼育下で幼虫期 1 個体あたりカワニナを 24 個体前後捕食するという報告（ホタル百科事典ホームページ、ホタル幼虫の生活）⁵⁾ もあり、自然界ではその数を最低限保てるカワニナの量、生存して個体数を増やすためのカワニナの量を考慮し、ゲンジボタルを放流することが必要とされる。

7. 今後の展望

以上の結果からカワニナ及びゲンジボタル幼虫は水道水にも比較的強く、中部大学構内の水源にて生息、繁殖することが期待される。予定としては 2006 年 3 月にゲンジボタル幼虫 500 個体およびカワニナ数 kg を購入し、放流する。また、来初夏のゲンジボタル飛翔期に向け茶室池及び LISA 水田の観察、整備、管理を続け、水槽での試験においてもその方法を考慮していきたい。

加えてゲンジボタルの減少原因、ビオトープにおいて自然繁殖によるゲンジボタル保護の難しさを考え、現在多く使用されている農薬や合成洗剤等を用いた汚水によるカワニナおよびゲンジボタルの生存実験を行っていききたい。

またいくつかのゲンジボタル生息地へ赴き、その生息環境を調査、観察し、今後の大学内ビオトープの整備やその他ビオトープ製作の参考にしていききたい。

謝辞

この研究にカワニナとゲンジボタル幼虫を販売して下さった株式会社地球 ホタル研究プロジェクト様、ならびに本研究にご支援、ご協力をいただいた中部大学当局に深く感謝申し上げます。また、実験研究に直接ご協力いただいた谷山研究室の皆様にお礼申し上げます。

今後もこのビオトープがよりすばらしいものになるよう整備を行っていききたいと思いますので、続いてのご協力をお願いしたいと思います。

カワニナおよびゲンジボタル幼虫生体提供

株式会社地球 ホタル研究プロジェクトチーム

<http://www.nishiyamakazuich.com/hotaru/>

引用文献

- 1) 大場信義 1988. 日本の昆虫⑫ゲンジボタル,
文一総合出版
- 2) 環境省 ホームページ
<http://www.env.go.jp/>
生物多様性情報システム
<http://www.biodic.go.jp/J-IBIS.html>
- 3) 群馬県立自然史博物館 ホームページ
http://www.gmnh.pref.gunma.jp/cgi-bin/odb-get.exe?wit_template=index
収蔵情報
<http://www.gmnh.pref.gunma.jp/storageo/>
- 4) SHELLS DATABASE 貝類データベース ホーム
ページ
http://shell.kwansei.ac.jp/~shell/pic_book/index.html
- 5) ホタル百科事典 ホームページ
<http://members.jcom.home.ne.jp/hotaru-net/hotaru/hajime.html>
ホタル幼虫の生活
<http://members.jcom.home.ne.jp/hotaru-net/hotaru/seitai-4.htm>