

ゲンジボタル初齢幼虫の飼育容器の開発

The development of the container for the rearing of the first instar firefly (*Luciola cruciata*) larvae

吉 岡 英 二

キーワード：ゲンジボタル、鞘翅目、初齢幼虫、飼育容器、プランクトンネット

要 旨

プランクトンネットを素材として、水棲の鞘翅目昆虫であるゲンジボタルを孵化直後から安定に飼育する容器を開発した。最小の初齢幼虫でもプランクトンネット (NXX13) の目合0.1mmを通過することではなく、容器を設置する水槽内で十分な水を流すことによって、飼育に見合った溶存酸素と濾過力を維持することができた。

はじめに

神戸山手大学のキャンパスに沿って流れる宇治川には、2002年以来毎年5月中下旬よりゲンジボタルの発光と飛翔がみられている (吉岡, 2004)。その後、2003年以降はホタルが見られる時期に近隣の自治会などからの要請に応じてゲンジボタルの観察ができるようにキャンパスを開放している。私の研究室では、2004年度からゲンジボタルの系統の保護育成のためにその一部を採集し、水槽での幼虫飼育を現在まで継続している。とくにゲンジボタルの出現数が少ない年には、訪れたひとが十分に観察できるとともに来年度以降も個体群が維持されるよう、飼育している成虫または幼虫の一部を生息場所である河川敷に放流している。それらに対応するためにも、研究室内で安定に飼育できる技術の確立が望まれ、大学および研究室の規模に応じた飼育設備を順次整備して現在に至っている。

ゲンジボタルの飼育についての知見は、昆虫などの研究者によるものよりも、個人で飼育しているいわゆる「アマチュア」による飼育経験をはじめとして、昆虫館・動植物園などに併設された施設などを通じて積まれていることが多い。これらの飼育経過の記述の多くは「ブログ」あるいは私的な印刷物などに記載され、学術論文としての体裁を備えていないものが多い。その中には飼育技術としても学術的にも重要な内容が含まれることがあるが、全般に学術的な飼育方法論というより飼育についての案内という形式や体裁で発表されている。また、公表されたり出版されたりしている飼育方法についての記述は、それぞれの飼育環境やそれぞれの施設の規模などに違いもあり、すべての飼育者や飼育環境にとって相応しい飼育方法とは限らない。私の研究室は、大学による社会貢献を前提とした飼育管理をしているので、個人での飼育者な

どよりも大きな規模ではあるが、昆虫館・動植物園などの社会教育施設などよりは規模の小さい飼育施設である。そのなかで、とくに地域に根差した大学としての社会的役割を果たすために求められる十分な成果が得られる飼育成果をあげてきている。

研究室での飼育方法全般については、これまでに公表された多くの飼育技術の記述にほぼ沿ったものであるが、ゲンジボタルの飼育にあたってもっとも難しい初齢幼虫（卵から孵化した直後の幼虫）からの飼育方法について、これまで一般的に記述されている方法とは異なった方法によって飼育しているので、ここではとくにそれらの初齢幼虫からの飼育方法・飼育容器についての報告を行い、今後の飼育技術の改善・発展の助けとしたい。また、ゲンジボタルが飼育されることによる問題についても考察する。

従来の一般的な飼育法

ゲンジボタルの初齢幼虫からの飼育は、「水盤飼育」と呼ばれる方法によることが一般的である。ここでの「水盤」とは、生け花や盆栽に用いる浅い器のことで、そのような容器に浅く張った水で飼育することである。浅い水に、エアーストーンからの泡によるゆるやかなエアレーションをつうじて酸素を供給し、温度・水質などが悪化しないように注意しながら、適宜その幼虫に見合った餌を与えていく。餌としては、生きたカワニナの稚貝を与える方法や、カワニナの成貝を砕いて与える方法、またコモチカワツボ¹という外来の淡水性貝類を与える方法などがあり、それぞれの飼育者の飼育をめぐる状況などによってさまざまに工夫されているところである。

この方法の利点は、特殊な機材・設備などが必要でなく、水生生物の飼育した経験があれば、それほど戸惑うことなく飼育することができる点である。水盤飼育をめぐるのは、多くの飼育者によってさまざまな改良・改変がおこなわれ（古田, 1986, 1987, 1988）、飼育成績などの成否についてもさまざまな条件をもとに検討されている（遊磨, 1983）。また、飼育方法として多くの書籍でも紹介されている（大場, 2004）。

水盤飼育は、機材・設備の面で取り組みやすい方法であるとともに、以下に挙げる点からの困難さもともなう。

●初齢幼虫がきわめて小さいこと

ゲンジボタルの卵は長径0.55mm、短径0.50mm程度の長球形²で、一般的な昆虫の卵としてとくに小さいものではないが、それでも孵化直後の幼虫を飼育するにあたっては、その大きさからのさまざまな困難が伴う。繁殖を目的としてゲンジボタルのメスに産卵させる場合は、水苔やスポンジなど水分を十分含んだ基質を用いる。産卵された水苔などを水を張った容器の上に置いて、孵化して水面に落ちた幼虫を集めて飼育水槽に移す。孵化直後の幼虫は撥水性があり、水の表面張力によって水面に浮いていることも多い。飼育に際しては、体長1.5mm程度の幼虫が数日の期間に順次孵化してきたものを速やかに集めて、飼育する水盤に移さなければならない。安定した水盤飼育のもとでは幼虫は集合して塊状になり、一見すると毛玉のような状態になる。

しかし、飼育状況によっては分散することもあり、その取扱いになおさらの慎重さを要する場合もある。

●温度・水質が安定しないこと

水盤飼育の場合、浅い容器のため水量も限られている。そのため、水温はほぼ気温と同じになる。ゲンジボタルの幼虫にとって適切な温度としては、25℃以下と記述されているものが多いが³、私の経験では27℃程度でもとくに障害は生じない。しかし、30℃を超えて長時間経過すると、幼虫が分散して摂餌しなくなる。ゲンジボタルの初齢幼虫は6月下旬をピークとして孵化する。その時期の気候は気温・水温とも容易に30℃を超えるため、適切な水温に維持するためには、エアコンにより室温を下げる・保冷剤を適宜投入するなど、相応の作業負担と工夫が必要になる。

水温とともに、水量が少ないことと濾過をおこなっていない水盤飼育の場合、餌の腐敗などによる水質の悪化は避けられない。そのため、かなり頻繁に飼育水を交換しなければならず、飼育者の大きな負担となる。また、その際に小さな幼虫が流失しないように慎重に作業を行わなければならない。

●エアレーションにとまなう問題

以上の二つのこととあわせて、とくに小さな孵化直後の幼虫の場合は、エアレーションの気泡に巻き込まれる場合がある。幼虫は十分な溶存酸素が必要とされるが、過剰なエアレーションによって多くの幼虫が気泡とともに水面に巻き上げられ、容器の壁面水際で乾燥によって失われることも多い。孵化直後の幼虫は、体表の撥水性が高く、とくに小さな気泡の場合には容易に絡め取られて浮上してしまう。そのため、小さな気泡が生じるエアストーンやウッドストーンなどは、エアレーションの機材としては望ましくない。

初齢幼虫の飼育にあたって工夫点

以上の問題点を踏まえると、とくに小さな初齢幼虫の飼育にあたって、以下のような条件が調うことが望ましい。

- エアレーションの泡と分離した飼育空間となること
- 水を交換するために幼虫が濾過・分離できること
- 水質を安定に保つためのフィルター・濾材への水の流通に滞りが生じないこと
- 水温調節のための機材を加えることが容易であること

上に挙げた状況を調べて問題点を改善するために、図1のような底面にプランクトンネットを張った容器を用いて、初齢幼虫からの飼育をおこなった。さらに、水面近くに水流をおこして濾材にも循環する水槽をつくりその飼育容器を設置した(図2)。用いたプランクトンネット(NXX13:目合0.1mm)は、孵化直後の幼虫が通過できないとともに、濁りのない飼育水は容易に通す目合である。飼育容器の底面(プランクトンネットの面)に沿って早い水流を送るこ

ゲンジボタル初齢幼虫の飼育容器の開発

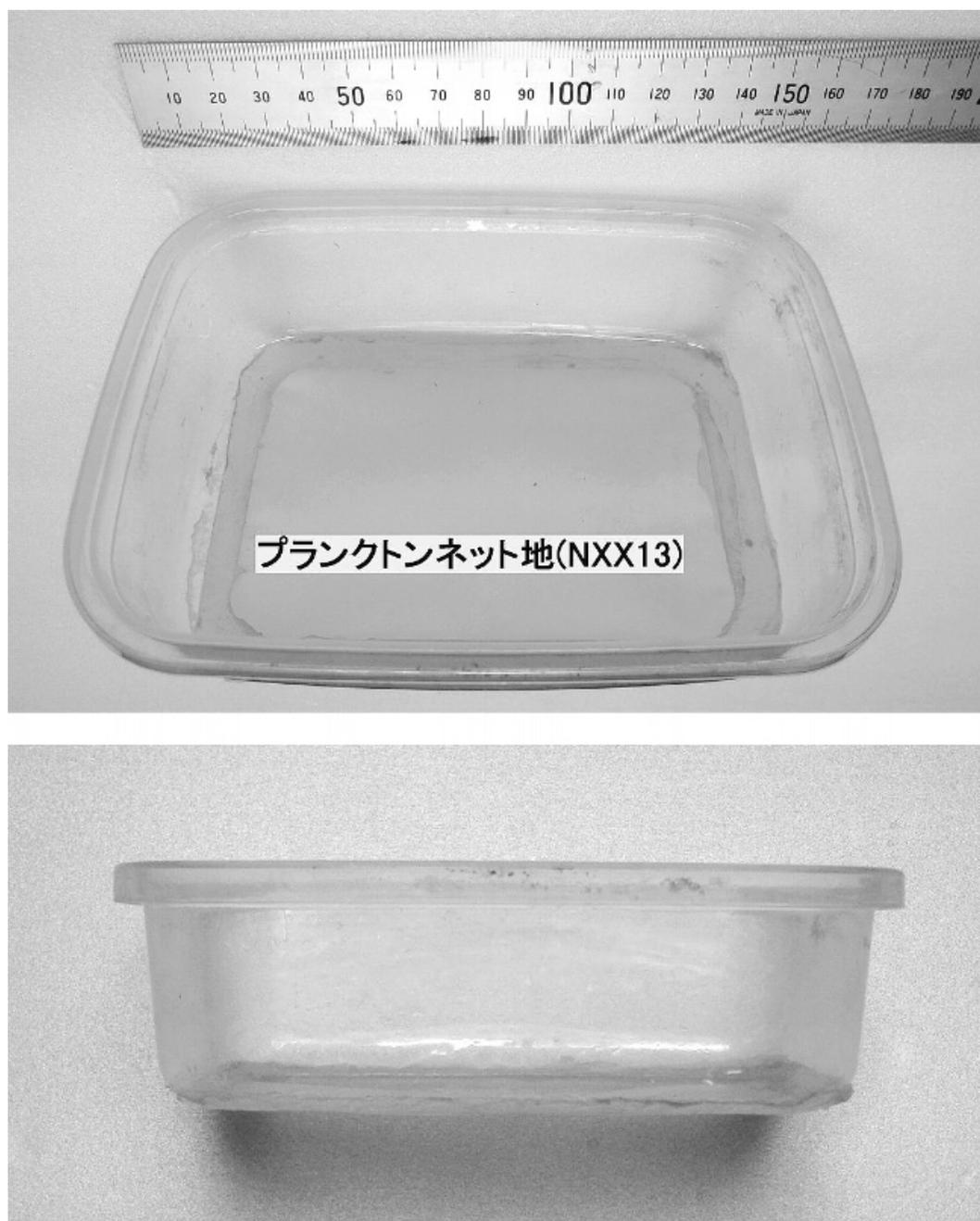


図1 飼育容器：
ポリプロピレン製の容器の底面を広く切り取り、プランクトンネット地（NXX13）を張ったもの。（写真上）上面手前より、（写真下）側面より撮影。ネットの生地は、透明のシリコンシーラントによって接着している。

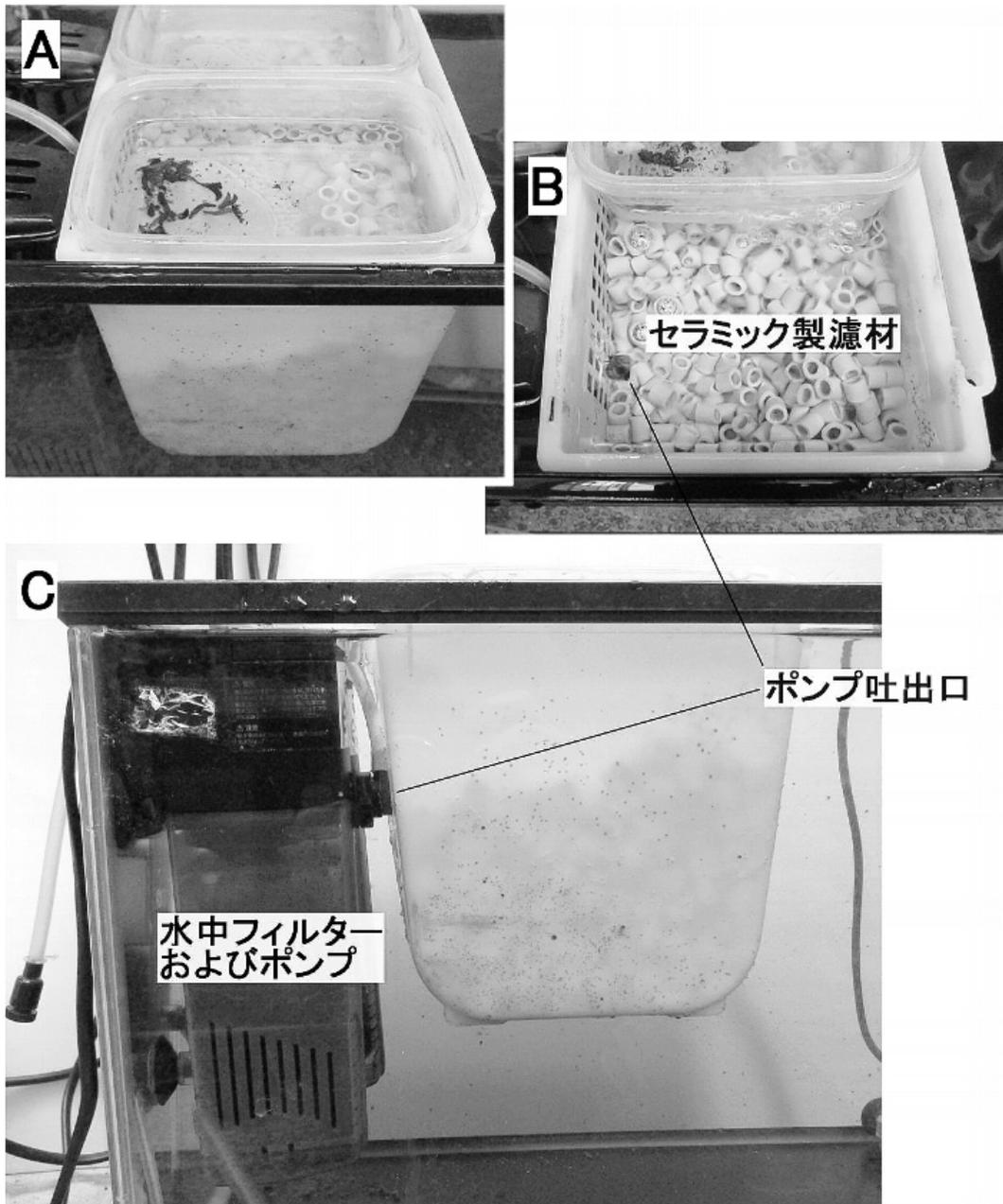


図2 飼育水槽：

(A) 飼育容器を水槽に設置した状態。30cmのガラス水槽に、2つの飼育容器が設置している。容器に水深2cm程度の深さになるように水を張り、容器下面のプランクトンネットに沿って空気を含んだ水が強く流れるように水中ポンプの吐出口を合わせている。(B) 飼育容器をはずしてポンプを停止した状態で上から撮影。ポンプからの水は容器の下面を流れたあとセラミックの濾材を通過する。(C) 水槽側面から撮影。水中フィルターおよびポンプによって、飼育水はつねに濾過されながら水槽内を循環する。

とにより、プランクトンネットを通して幼虫のまわりの水もゆるやかに交換され、幼虫が飼育水の流れとともに流失することはない。また、底面に空気を巻き込んだ水流が吐出されても、水のみが通過して気泡が幼虫の飼育環境に混入することがない。この容器と水槽によって、飼育にあたっての以下の困難な諸点が克服できる。

- 飼育水がつねに流動し濾材を通過したものが環流するため、水質の劣化がおこりにくい。
 - 底面に泡を巻き込んだ水が流れており、溶存酸素濃度が低下する懸念がない。
 - 細かな泡などがプランクトンネットによって遮られて水だけが通過するため、幼虫が泡に巻き込まれる懸念がない。
 - 水槽自体の水温を調節することで、容易に飼育水温が調整できる。
 - 水盤飼育よりも高密度で飼育することが可能であり、稠密な状態での給餌が可能となる。
- しかし、この方法による飼育にあたっては、以下のような点について注意を要する。

- プランクトンネットの目詰まりが起こりやすく、2 - 3日に一回程度のプランクトンネットの洗浄または容器の交換を要する。
 - とくに生きたカワニナを与えた場合に、粘液により容易に目詰まりを起こすため、水の交換が滞って幼虫が死滅する事故が起こりやすい。
 - カワニナの成貝をつぶして与えた場合にも、軟体部からのドリップや細かな殻のかけらなどが目詰まりの原因となる。
- 水の蒸発による水量の減少・水面の下降によって飼育空間が狭くなり生息環境が大きく変化する。
- 機材・設備などにコストがかかり複雑であることから、ポンプの故障やそのほかの水路の障害などによって幼虫が死滅してしまう事故が発生する可能性は水盤飼育よりも高い。

以上の点をふまえても、この飼育方法での飼育環境は、水盤飼育よりもはるかに安定である。この方法で飼育する場合、水路や環境に障害等が生じていないか定期的に確認すれば、幼虫の飼育に大きな事故が生じる可能性は少なく、飼育できる頭数も同じ規模の水盤飼育より多い。2017年の飼育では、孵化直後の初齢幼虫50,000頭以上を一時的に飼育することができた(図3)。(それらの幼虫は餌の不良等によりそのほとんどが死滅してしまったため、成長を含めて見届けることはできなかった。おそらく初齢幼虫であれば容器ひとつあたりで50,000頭程度が飼育可能の上限ではないかと思われる。)

ゲンジボタルの飼育をめぐる

生態と飼育の現状の概要

ゲンジボタル(およびヘイケボタル)は、一生のほとんどの時期である幼虫期を水中で過ごし、水棲の貝類を餌として成長する。幼虫は水中で脱皮を繰り返したのち、サナギになる直前の終齢幼虫が隣接する陸地に上陸する。終齢幼虫は土中に潜り、前蛹(ぜんよう)から蛹へと変態して、成虫に羽化する。日本の本土でもっともよく観察される2種類がこのような生態で



図3 稼働中の飼育容器：

50,000頭程度を飼育している状態。高密度だが、飼育状況としての大きな問題は見られない。夾雑物はつぶして与えたカワニナの殻の破片および蓋で、取り除くことができなかったもの。餌を与えると旺盛に食べつくす。

あることから、日本ではホタルのなかまが一般に水辺の生き物であるとのイメージが定着しているが、じつは沖縄を含む日本で見られるおおむね40種のホタル科 (Lampyridae) の大多数は陸生で、そのほとんどは一生を通じて陸地で陸貝などを餌として生活している。多くのホタルの中で幼虫が水中で過ごすホタルは、ゲンジボタル・ヘイケボタルと沖縄県久米島特産クメジマボタルの3種類のみである。

とくにゲンジボタルは、本州・四国・九州と周囲の島のみ分布する日本の固有種であることもあり、日本の歴史・風俗に特有の昆虫として親しまれている。また、比較的流れが強い河川に生息することから、一般に水がきれいな川に生息するものと信じられている。また、ゲンジボタルは、その発光の強さや飛翔の優雅さなどから、日本のホタル類の中でもっとも人目を引きやすい種である。そのため、観光や自然回復をアピールする目的で、飼育・放流・他地域からの移入／移植などが行われることも多い。実際に、観光・地域活性化・あるいは単なる営利目的のため、多くの業者によって飼育（あるいは自然環境から採集）され、自治体や地域の自治会・環境保護団体の活動、あるいはホテル・レストランなどの営業のため商業的に取引されている。

これまでの一般的な理解では、ゲンジボタルは幼虫期にその齢期の大きさに合ったカワニナ(類)だけを餌として成長するとされている。このことから、ゲンジボタルの飼育には多くの生きたカワニナが必要とされる。ゲンジボタルの飼育方法について記載されている多くの文献あるいはホームページなどでも、幼虫の大きさに応じたカワニナをタイミングよく与えることが飼育の鍵と述べられている。以上のことから、ゲンジボタルを個人として飼育する場合でも販売目的の事業として飼育する場合でも、それらに応じた相当量のカワニナを供給することが必要となる。個人・事業者を問わず、実際の飼育現場では、カワニナを自然環境から採集または購入して与えている。販売されているカワニナを購入する場合でも、販売元の業者はしばしばその周辺環境から採集して販売していることが一般的である。このことから、ゲンジボタルを飼育するために多くのカワニナが自然界から採集されているという現状がある。

飼育をめぐる問題点

ゲンジボタルの幼虫飼育にあたって最も困難な時期は、孵化した直後の初齢幼虫の時期である。ゲンジボタルの幼虫には、その大きさに応じたカワニナを与える必要があるため、孵化した幼虫にそれに応じた生まれただのカワニナの稚貝を十分量与える必要がある。しかし、カワニナを相当量得るためには、それらの親となる十分量の成貝を飼育しなければならないため、幼虫飼育をめぐる大きなボトルネックとなっていた。このことに対処するため、一部の飼育者は外来種のコモチカワツボを利用している。コモチカワツボはニュージーランド原産の繁殖力が旺盛な小型の淡水性貝類で、とくに生まれてすぐのゲンジボタルの餌となることから、意図的に移植・導入された可能性も指摘されている。意図的でなくても、ゲンジボタルの飼育環境などから自然環境に流出して分布が拡大していった可能性もある。コモチカワツボは本来は雌雄異体の種であるが、有性生殖する個体と無性生殖する雌個体が存在する。外来種として定着している地域では、ほとんどが無性生殖する雌個体であり、一個体でも繁殖して増え続ける。繁殖力がきわめて強い外来種であり、滋賀県では「ふるさと滋賀の野生動植物との共生に関する条例」によって指定外来種に指定し、野外への放逐などを規制している。

ゲンジボタルは、成虫の発光間隔の違う2つの系統があり、さらにDNAの解析による詳細な研究から、大きく3系統に、さらに細かく解析すると6つのグループに分かれていることがわかっている。ゲンジボタルの放流事業をめぐる指摘されている問題点は、本来の系統・グループの分布境界を越えての移動／放流が行われることによって、本来の地域の持つ遺伝的組成や多様性を損なうことが懸念されることである。実際に、関東の野外での生息場所に、関西の発光間隔で光るゲンジボタルが観察されるなど、これらの懸念が現実となっていることも指摘されている。

以上に述べたとおり、ゲンジボタルの飼育およびその放流などの「利用」をめぐるっては、環境問題としての多くの課題があり、ホタル本来のクリーンなイメージとは異なった側面を持っている。

これらの問題点のひとつは、本来は水環境の生態系をささえる重要な種であるカワニナの採

集をめぐる問題である。ゲンジボタルとともに、カワニナも河川環境の重要な構成種であるにもかかわらず、ゲンジボタルというシンボリックな昆虫を飼育するためだけに、大量のカワニナが採集され、ときには遠くまで運ばれて消費されている。大量に採集されれば、その環境に何等かの変化がもたらされていることは間違いない。また、カワニナの生息する環境にはゲンジボタルが生息する場合も多く、そういう場所でカワニナを採集するということは、その場所のゲンジボタルの幼虫の餌を篡奪しているということにもなる。

また、コモチカワツボの移入の問題も深刻である。いまのところコモチカワツボによる大きな生態的な影響は指摘されていないが、本来は健全な自然環境をアピールするために飼育しているはずのゲンジボタルの事業を通じて外来生物を導入してしまっているという矛盾した状況については、それらに当たっている飼育者に強くその問題点を指摘する必要がある。

本報告を通じて

一般に、ゲンジボタルはカワニナ（類）だけを餌とする単食性（monophagous）の昆虫と考えられているが、一部の飼育者のあいだではカワニナ以外の動物も捕食することが確認されている⁴（中，2014，2015）。ここで報告した飼育方法を通じて、カワニナ以外のどのような餌で飼育可能かを、さまざまな飼育者の飼育情報に沿って検索し、それらを通じてゲンジボタルの飼育方法の技術的負担および環境負荷を少なくすることも可能である。さらに、以上を通じて、しばしば環境の清浄さをアピールするシンボリックな生き物として「利用」されているゲンジボタルの社会的・経済的位置づけを見直すきっかけをつくり、ゲンジボタルの飼育のために冗費されているカワニナを保護するとともに、しばしばホタルの餌として利用されている外来種のコモチカワツボをめぐる問題を解決する足掛かりとしたい。

多くの昆虫の生理学研究の現場では、その飼育の困難さもあり一化性（年一回の羽化という生活史）の昆虫は遠ざけられてきた。しかし、水生の鞘翅目昆虫（また肉食の昆虫）であるゲンジボタルの簡便な飼育法が確立すれば、それらを通じた生理的課題の多くを解くための実験動物としての利用に供すると期待できる。これまで実験動物として顧みられてこなかったゲンジボタルの飼育を簡便化することにより、従来は困難であった一化性の水生の鞘翅目昆虫について、生理的な研究を可能にする端緒となることが望まれる。

註

- 1 コモチカワツボはニュージーランド原産の繁殖力が旺盛な小型の淡水性貝類で、とくにゲンジボタルの初齢幼虫の餌となることから、意図的に移植・導入された可能性も指摘されている。
- 2 東京にぞだつホタルーホタル百科辞典 (<http://www.tokyo-hotaru.com/jiten/hotaru.html>)
- 3 NPO ホタルの会ーホタルの飼育方法 (<http://www.npohotaru.com/sato/breed.html>)
- 4 茅ヶ崎のゲンジボタル・ハリヨ（魚）も (<http://genjihotaru.blog.shinobi.jp/>)

参考文献

- 吉岡英二 (2004) “宇治川でのゲンジボタルの出現” 神戸山手大学紀要 6: 139-144.
- 古田忠久 (1986) “幼虫の水盤飼育の改良を試みて” 全国ホタル研究会誌19: 13.
- 古田忠久 (1987) “幼虫の水盤飼育の改良を試みて (Ⅱ)” 全国ホタル研究会誌20: 14.
- 古田忠久 (1987) “幼虫の水盤飼育の改良を試みて (Ⅲ)” 全国ホタル研究会誌21: 7.
- 遊磨正秀 (1983) “飼育密度と幼虫の生存・成長について—ゲンジボタルの例—” 全国ホタル研究会誌16: 8-9.
- 大場信義 (2004) “だれでもできるホタル復活大作戦—ぼくらの町にホタルがもどってきた” 合同出版. 199pp.
- 中 毅士 (2014) “ゲンジボタルの幼虫の食性 (予報) ミミズ及びサカマキガイを食するゲンジボタルの幼虫 (自然環境下での観察結果より)” 陸生ホタル生態研究会 調査月報59: 1-4.
- 中 毅士 (2015) “ミミズを食するゲンジボタルの成長 (予報) ミミズ、サカマキガイおよびカワニナを食するゲンジボタル幼虫の成長過程 (自然環境化下および人工飼育での観察結果より)” 陸生ホタル生態研究会 調査月報69: 1-9.