

カワニナ(*Semisulcospira libertina*)の水槽内増殖条件に関する検討

中村文規*・佐藤哲郎・本山勝男

厚木市玉川ホタルの会

Consideration about conditions for reproduction and growth of *Semisulcospira libertina*

Fuminori NAKAMURA, Tetsuro Sato and Katsuo MOTOYAMA
TAMAGAWA ASSOCIATION OF FIREFLY

はじめに

本会では、過去5年間にわたり、会員の居住地区におけるゲンジボタルの保護を目的とし、その自然環境下での唯一の餌料であるカワニナ(*Semisulcospira libertina*)の水槽内人工増殖をめざして飼育条件の検討を行ってきた。カワニナの人工増殖に関しては、嶋津¹⁾は、手製の循環ろ過装置を装着した水槽で、マウスの固形飼料のみを餌に、比較的多数のカワニナを飼育増殖させることができると報告している。またNAGAI *et al.*²⁾は、カワニナを底面ろ過式60cm水槽で、珪藻1種および配合飼料を餌に2世代にわたって継代飼育を行った。一方、全国はたる研究会においても、カワニナの屋外水路での増殖に関する報告が幾つかある^{3~5)}。しかし、現状では、水槽内のカワニナにある程度の増殖を行わせることはできるが、野外での自然水路での状態と同程度の増殖を支える要因は特定されていない。近年、都市近郊ではカワニナの増殖を許す水路が急速に減少しつつあるが、自然環境保全に対する一般の認識が高まる中で、開発に伴う自然破壊の程度を低い水準に抑えようとする試みも成されるようになってきた。しかし、環境指標生物各種の生息環境要因についてはそのごく一部分しか解明されていないといわざるを得ない。カワニナも例外ではなく、その増殖要因に関する検討を行うことによって、自然環境保全のあるべき姿にも理解がおよぶことになる。カワニナの増殖要因は、①物理的環境要因(生息環境の底質の

状態、流速等)、②化学的環境要因(主として水質)、③餌料量と発育促進成分の存在、の大きく3つに分けられるが、水槽内では、②を充たすために③の餌料量を制限する必要がある。また、自然界でカワニナの成育を支えている餌料が特定されていない。今回はこのような観点から、小規模飼育での検討をふまえ、中規模装置に拡大することによって、常時給餌可能な状態で水質を長期間安定維持する試みを紹介する。

材料と方法

1) 予備的飼育実験

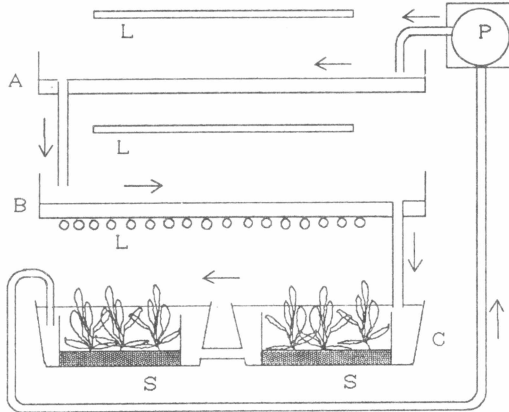
まず、小型水槽を用いて飼育した際の飼育水中の無機窒素化合物濃度を簡易測定した。測定には、共立理化学研究所(株)のパックテスト(WAK型)を用い、アンモニア態窒素(NH₄-N)・亜硝酸態窒素(NO₂-N)・硝酸態窒素(NO₃-N)についておよその濃度を求めた。また、硝酸イオンを添加した水での短期間飼育も試みた。実験の詳細は、結果と考察の項で述べることにする。

2) カワニナ(*Semisulcospira libertina*)

飼育実験に用いたカワニナは、自宅付近の複数の用水路に生息している殻高15mm以上の成貝で、採取後直ちに流水下4回以上洗浄して殻表面に付着する固形有機物や微小生物を極力除いたものである。

3) 中規模飼育水槽

カワニナの中規模飼育に用いた水槽の概要を第1図上部に示した。飼育用水槽は長方形で、内寸幅75



第1図 植物浄化装置模式図, A: 上段水槽, B: 下段水槽, C: 植物浄化槽, L: 蛍光灯(昼間のみ点灯), S: 土壌, P: 揚水ポンプ. *矢印は水流の方向. **植物はヘラオモダガ計20株.

cm, 長さ230cm, 高さ15cm, ステンレス板を内面に張って防水した木製のものである。この水槽2基を, 床面積約10㎡の小屋(以降飼育舎と称する)の中に設置したスチール製アングル棚の上下2段に置いた。上段の水槽右端より, 浄化された水を電動ポンプ(イワキMD-30R)にて毎分10~20 lの流速で常時流入させた。流入水は, 上段水槽の左端に達すると, 内径50mmの硬質塩化ビニール排水管を経て下段の水槽左端に流下し, その右端に達すると, さらに同様の排水管を通じて浄化装置水槽中に流下する。なお, 各飼育水槽の水深は5~10cmに維持した。

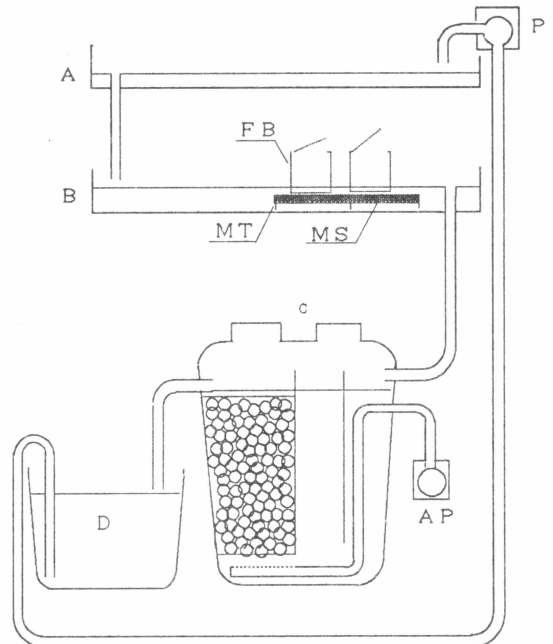
4) 浄化装置

浄化装置は, 上述3)の飼育用水槽中でのカワニナ飼育に伴って生じた代謝産物や有機物を除去する目的で設けた。この装置は, 実験期間中に改変を加えたので, その前半と後半とで仕様を異にする。

前半は, 柴田⁶⁾が報告した水草による浄化方式を採用した(概要は第1図下部)。容器には, 底面積60×120cm², 深さ30cmのポリエチレン製のいば桶2個を底面近くで水の流通があるように内径30mmの軟質塩化ビニールホースで連結したものをを用いた。両槽の左右両端には, 水深を保てるように, 高さ20cmの仕切板を接着し, 左端から流れ込んだ水は仕切板上部より溢流するようにした。この中に厚さ約5cmになるように土(市販の黒土3容に腐葉土1容を混合したもの)を敷き, そこにヘラオモダガ計20株を植

え込んだ。ここに水を満たし, 飼育用水槽下段の直下に置いて浄化用水槽とした。この浄化用水槽の照明には, その70cm直上に設置した白色光蛍光灯23本を用い, 屋外設置した光センサーによって日中のみ照射するようにした。また, 飼育用水槽は, 植物育成用蛍光灯(各槽40W 2本)を用いて, 同じく日中のみ照明した。さらに本浄化装置を採用した時期は冬期間だったので, 熱帯魚用サーモスタットを用いて水温10~18℃を維持した。なお, この浄化方式下では, 上段飼育槽にはオオカナダモを全面に敷き詰め, 浄化の補助とした。本浄化装置を, 以降「植物浄化装置」と称する。

実験飼育期間後半は, 下段水槽右端より流出した水を硬質塩化ビニール管を用いた配管を通じ, 飼育舎外に導いた上で接触ばっ気法採用の家庭用浄化槽(オルガノ, ホーマックH5型)に導入し, これを通過した浄化水を, 埋設した浴槽(家庭用ポリバス)にいったん貯めた後, 飼育舎内の上段水槽に常時ポンプアップする方式を採用した(第2図)。この浄化法



第2図 接触ばっ気浄化装置模式図, A: 上段水槽, B: 下段水槽, C: 浄化槽, D: 中間貯水層, AP: エアポンプ, P: 揚水ポンプ, FB: カワニナ飼育カゴ, MS: 寒水砂, MT: ステンレス金網トレー.

を用いての実験は盛夏に行われたため、飼育用水槽内で細菌が極めてよく繁殖するカワニナにとっては過酷な条件を想定して特に温度調節装置を用いなかった。このため、実験期間中の飼育水の水温は23～35℃の範囲であった。以降、本浄化装置を「接触ばっ気浄化装置」と称する。

5) カワニナ飼育方法

カワニナ成貝は、すべて1辺10cmまたは20cmのステンレス製立方体金網籠(メッシュサイズ3mm; 開閉蓋付き)内で飼育し、餌料には、市販のキャベツ葉または早煮え昆布をゆでて柔らかくしたものを各籠の中に常時供給した。また、飼育カワニナ数は、運転開始時に合計450個とし、これを籠1個あたりにつき30～60個入れて下段飼育水槽中で飼育した。飼育水には水道水をそのまま用い、週2回をめぐりに蒸発分を補った。その他の飼育方法は、上述の浄化方式によって変えたので、以下に各項目ごとに述べる。

(1) 植物浄化装置を用いた場合

装置の予備運転により、カワニナ自身が放出する糞塊および餌料片が蓄積すると水質が急速に悪化し、長期間の飼育に耐えなくなる傾向が示された。従って毎日もしくは隔日に、熱帯魚飼育用の目の細かい角網で沈澱物をすべてすくい取り、その中から仔貝を分離した後、糞塊を廃棄した。採取した仔貝は、別の小型水槽中での発育試験に用いた。

(2) 接触ばっ気浄化装置を用いた場合

植物浄化装置を用いた飼育による結果をふまえ、飼育用水槽中に若干の設備を設けた(第2図)。まず、下段の飼育用水槽中には、底面積60×50cm²、深さ3cmの平型ステンレス金網トレー(メッシュサイズ2mm、蓋なし)に高さ3cmのステンレス針金の足を設けたものを置き、その中には、寒水砂を約2cmの厚さに敷いた。この寒水砂の上に前述のカワニナを投入した金網籠を置くことによって、カワニナの放出する糞塊は全て寒水砂に捕捉され、かつ飼育用水槽中の水が常に金網トレーの上下を通過することによって糞塊の分解産物を洗い去るようにした。仔貝は、先端を切断したポリプロピレン製駒込ピペットを用いて1個ずつ計数しながら採取した。一方、上段の水槽では、約2カ月間何も飼育せずに、ポンプアップされた浄化水の流れるままに放置した後、下段飼育用水槽中で産出された仔貝の一部を投入し

て水槽内面に増殖した附着藻類のみを餌料として約2カ月間にわたって飼育した。

結果と考察

1) 予備的飼育実験

ごく少量の飼育水にて比較的多数のカワニナを飼育することによって、水質の悪化状況を早く知ることができる。第1表に、飼育槽の形態や飼育水の量、飼育カワニナ数は若干異なるものの、2週間から1カ月の飼育を行った際に、カワニナがほぼ死滅した水槽と、カワニナの大多数が生き残った水槽での無機窒素化合物の濃度の違いをまとめて示した(ppm)。これによると、一般に水生動物に害作用が

第1表 カワニナの生存・死滅と窒素代謝物の蓄積。

成分	NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N
絶滅1	<0.4	<0.06	20～30
2	<0.4	<0.06	20～30
生存1	40	0.4	0.4
2	0.06	0.06	< 0.006
3	0.06	0.06	0.1

*パケットテストによる簡易測定値；単位はppm、<表示は検出限界以下であることを示す。

**「絶滅」は、ほぼ2週間飼育後に生存貝がみられなかったもの、「生存」は、当初の8割以上の数の貝が生存していたことを表す。

強いとされているアンモニア態窒素や亜硝酸態窒素は、比較的高濃度(前者で70ppm、後者で2.3ppm)で存在しても、直ちにカワニナの生存を脅かすことはないと考えられる。しかし、両者の濃度が低い場合でも、死滅水槽内の硝酸態窒素濃度が20ppm以上に達していた。

ここで、硝酸態窒素が何らかの害作用をもつ可能性を考え、飼育水(水道水)に、試薬として求めた硝酸塩を添加してみた。21.6ppmの硝酸態窒素を含んだ飼育水40ℓをガラス水槽にためておき、そこからマイクロポンプを用いて毎分4mlの流速で飼育水槽に常時送り込んだ。飼育水槽はポリスチレン製で、約1ℓの水量を維持するように側面に排水口を設け、注入された分量だけ溢流する形式とした。これによって、飼育水が、1日で約5倍希釈されることになる。対照実験として、硝酸塩を加えない清水を

同様にセットした装置を用いて飼育した。水槽に投入したカワニナ数は双方とも殻高15mm以上の、野外から採取した成貝17個とした。この連続流動方式で16日間無給餌の下、エアレーションを行って飼育した結果を第2表に示した。水道水のみを飼育水とし

第2表 硝酸イオンを加えた連続流動系でのカワニナ生存数。

飼育日数	1日	14日	16日
NO ₃ -N	17	13	13
対 照 区	17	9	4

*対照区は水道水のみ、NO₃-N区は水道水に21.6ppmの濃度で硝酸イオンを加えた水道水をそれぞれ40lの水槽に溜め、マイクロポンプで、4ml/分の流量で各1l容のカワニナ飼育用水槽に連続的に給水し続けた。各飼育水槽につき当初17個のカワニナ成貝から飼育開始し、表示日数経過後の生存貝数を示した。

た対照区では4個しか生き残らず、逆に硝酸塩を加えた飼育水では13個が生き残った。従って、この程度の濃度の硝酸イオンが直接カワニナに対して害作用をもつことはないものと考えられる。逆に、硝酸塩を加えない水の方で若干の細菌が水槽壁に付着していたことから、硝酸イオンは、有害細菌の繁殖を抑えるものと考えられる。

また、第1表の実験では、カワニナが生存し続けた水槽は、いずれもオオカナダモもしくはヘラオモダカによる浄化作用を利用したものであったことから、植物が、細菌によって産生された有害成分を除去する効果をもつことが考えられる。柴田⁶⁾は、水生生物の飼育水に対し、ヘラオモダカやオオカナダモによる浄化を推奨している。このことから、次に飼育水中にオオカナダモを共存させて飼育してみた。やはり1lの水に、生きているオオカナダモ約50g(湿重量)を入れ、対照区の水のみ水槽と並べて日中陽の当たる場所で飼育した。この実験では、水のみ対照区では、有機物の蓄積を少なくするために7個の殻高15mm以上の成貝を用い、また実験区では10個の同じく成貝を用い、双方ともエアレーションを省略し、11日間の飼育を無給餌で行った。結果を第3表に示したが、オオカナダモを共存させた水槽では全ての貝が生き残り、対照区では、半数

第3表 植物浄化装置と接触ばっ気浄化装置との産出仔貝数の比較。

	13日間合計	1日平均
植物浄化	2,821個	217個
接触ばっ気	3,238	249

*13日間にわたり、双方で連続して計数した期間をピックアップして比較した。単位は新生仔貝の数で示した。

以上の貝が死亡した。しかし、上記3種類の窒素化合物は、どちらの飼育水中にも検出されなかった。

以上の簡便な実験結果から、飼育水中に徐々に蓄積する有害成分は、一般に言われている無機窒素化合物ではないが、これら無機窒素化合物はカワニナ生息環境の悪化を示す指標となり、このような主に細菌による代謝産物を大量に蓄積しない飼育方法を求めることが当面の課題として提起される。このような観点から、主として自由摂食によるカワニナの維持を目的とし、浄化装置を装着した中規模の飼育装置を用いての飼育を試みることにした。

2) 植物浄化装置を用いた中規模飼育

本装置の運転は冬季(1989年1月)から開始したが、5月初旬までは順調に、毎日平均100個以上の仔貝が産生された。しかし、それ以降、水温22℃を上回る時間が長くなると急速にカワニナの産仔数および成貝の採餌量が極端に減少し、ついに全く仔貝を産生しなくなり、7月初旬までに成貝の絶滅に至った。すなわち、本装置では、水温がほぼ20℃以下にある間は繁殖率も良いが、高温になるにつれ、カワニナの生存に必要な水質が保てなくなるという結果に終わった。この場合、流路内には、方法の項で触れたとおり、有機物に富んだ湛水土壤が含まれており、夏期の水温上昇時には、水生植物が吸収しきれない量の、細菌等による有害代謝産物が蓄積したことが考えられる。これは、硝酸態窒素が運転初期の頃から高値を示している(10ppm以上)ことから明らかである。

土壌中には、アミノ酸や蛋白質などの硫黄化合物を酸化する細菌や、逆に硫化物を産生する細菌も含まれる。一般に好気的条件下での硫化物の濃度は極く低いので、簡易測定ではその消長を追跡すること

はできないが、溪流棲の魚類のある種では、極く低濃度(0.01~0.8ppm)の硫化水素が、その卵の孵化率に大きな影響をおよぼす⁷⁾ことから、カワニナの生存や活性に対しても充分影響し得ると考えられる。本装置運転中に、カワニナの採餌量が減少している場合の多くで、硫化水素臭が発生していたが、給餌を数日間ひかえることによって硫化水素臭は消え、再び採餌量が増すという傾向がみられた。そこで、少なくとも飼育水中では、微量の硫化物が存在しても直ちに酸化し得るような好氣的環境の得られる接触ばっ気方式の浄化槽を購入し、上記飼育用水槽と組み合わせて用いることにした。

3) 接触ばっ気浄化装置を用いた飼育

本方式を採用した結果、従来では考えられなかった、最高水温35℃に達しても成貝・仔貝ともにほとんど死亡せずに生き残るという条件を得た。その期間中も硫化水素臭は全く発生せず、水質は清澄に保たれていた。下段水槽中にて産生された仔貝の一部(150個)を、付着藻類がよく繁殖した上段水槽中(第2図A)に移すと、これらの仔貝は、約2カ月で珪藻をなめつくし、野菜屑の投入無しでも最大殻高13mm、平均殻高7mmという発育を示した。この装置では、全く温度調節機構を備えなかったため、冬期間に入ると水温が10℃を下回ることが多くなり、カワニナ成貝の活動も減少し、産仔数、採餌量ともに減少した。

以上のように、今回用いた飼育装置における、カワニナの生息環境としての水質は、接触ばっ気方式の浄化槽を採用することによって、自由摂食下でも清澄な状態に保てることがわかった。現在、本装置の浄化槽中に用いられている充填材(生物膜の付着基質となる人造石;アクチライト)を60cmガラス水槽に詰めた浄化装置を用い、数百匹のカワニナを飼育、仔貝産生を継続することに成功している。

しかし、このような好環境下でも、野外から採取後数カ月間は、野菜屑の餌でも十分量の仔貝を産生する能力を保持し得るが、貝の成長はみられず、また、水温の下降や若干の水質低下によって、産仔数や生存数の維持ができなくなる傾向は否めない。その重要な原因として、発育、ひいては細胞の代謝回転が必然的に要求する必須の栄養成分が欠如することが挙げられる。野外の流量豊富な用水路などでは特に固形物の餌料がなくともカワニナの大量繁殖が

みられるという事実から、自然条件下での水環境内で増殖速度の速い付着珪藻類をその候補に挙げることが最も妥当であると考えられる。これらの要因を自然水路で解析するには多くの困難を伴うが、今回示した接触ばっ気法による浄化法を用いた飼育装置は、ほぼ完全に制御可能であり、有効なモデルとなり得る。

現在のところ、いくつかの小規模実験からも、付着珪藻類が発生している水槽内ではカワニナ仔貝の発育がよいことが経験的に確認されているが、一般の小型水槽内で付着珪藻類の継続発生可能な水質を長期維持することは困難である。また、多くの河川や水路でカワニナが多数繁殖している部分が全流程におよんでいることは少ない。したがって、自然水路のなかでも、仮に水質上は充分の清澄度を保っているとしても、付着珪藻類の繁殖に最適な水質条件が維持されていない部分では、カワニナの現存量も確保できないことになる。

このような水質環境を、ある程度規模を拡大した水槽内で人工的に再現することができれば、付着珪藻類集団とカワニナポピュレーションとの食物連鎖を維持してゆける可能性がある。ちなみに、オオカナダモを繁茂させた60cm水槽内(底面濾過式)に、夏場に産生された仔貝約500個を投入し、週に1度程度ひとつまみの配合飼料を添加して飼育したところ、約1年後には60個の殻高10mmに達したカワニナを回収した、という飼育実験の結果もある(中村ら、未発表)。

しかし、この予備的実験結果から概算してみると、60cm水槽の内面積を約0.5㎡、1年間でカワニナ仔貝を全て殻高1cmまで発育させることとすると、底面積約1.5㎡の上記の中規模水槽2個を用いても360個のカワニナの育成しか支えられないことになる。従って、野外で密集して生息するカワニナのポピュレーションをそのまま一部切りとって室内の人工的環境下に移して維持することは今のところ不可能であるとみなさざるを得ない。室内で付着珪藻類を人工的に安定供給することは、かなりの労力と経費がかかることとなる。現状で最も有効な手段として、カワニナにとって珪藻類の代替となるような有効成分を多く含み、かつ安価で大量に手にはいる餌量を探すことが次の段階で必要となると考えられる。

謝 辞

本研究の諸経費は、大部分厚木市ふるさとづくり推進協議会からの交付金および住友生命保険相互会社厚木支社からの活動賛助金から支出した、ここに深謝する。また、本研究を行ううえで、多くのご助言とヘラオモダカ株のご提供をいただいた秦野市の柴田清先生に御礼申し上げる。また、本研究に、多大なご協力をいただいた玉川ホテルの会会員の皆様にも重ねて謝意を表する。

摘 要

循環濾過方式の中型自家製水槽を用い、カワニナの室内増殖を試みているが、現在までに以下の結果が得られた。

(1) 主にヘラオモダカを用いた植物による浄化法より、カワニナ約450個に対して常時給餌が可能となり、少なくとも夏期を除く4カ月間にわたって仔貝の産生が続いた。

(2) 植物による浄化法は、限られたスペースでは限界がある。今回用いたものでは、夏期に気温が上昇するとともにカワニナの死亡がめだち、水温22℃を越える日が多くなると、全滅した。

(3) 接触ばっ気方式の浄化槽を用いることにより、夏期のカワニナの死亡を防ぐことができ、仔貝産生も継続した。

(4) 接触ばっ気方式の採用により、付着珪藻を餌に用いて少数ながらカワニナ仔貝の成長を観察した。従って、本浄化法は、カワニナをかなり自然に近い状態に保つことができるものといえる。

引用文献

- 1) NAGAI S., H. YAMAMOTO, K. ISHII, M. OOTSUKA AND M. KOBAYASHI. 1979. Rearing and Population Growth of Fresh Water Snail, *Smeisulcospira libertina* in the Laboratory. *Venus (Jap. J. Malac.)*, 38: 25-34.
- 2) 島津 武. 1976. カワニナの実験室内飼育法. 遺伝, 30 (7): 100-103.
- 3) 古田忠久. 1985. カワニナ稚貝に関する調査 (第3報). 第18回ほたる研究大会(大会誌), 9.
- 4) 長谷部秀行. 1988. 淡水巻貝の養殖実験. 第21回ほたる研究大会(大会誌), 9.
- 5) 中村光男. 1990. 自然川に設置したカワニナの籠水槽飼育による稚貝採取実験. 第23回ほたる研究大会(大会誌), 12-13.
- 6) 柴田 清. 1986. 飼育水を浄化する水草. 第19回ほたる研究大会 (大会誌), 10-11.
- 7) Committee on Medical and Biologic Effects of Environmental Polutants, NATIONAL RESEARCH COUNCIL (ed.). 1979. "HYDROGEN SULFIDE". University Park Press. (「環境汚染物質の生体への影響 15 硫化水素」. 小野哲, 小野弘子, 真鍋重夫, 和田 攻 訳. 東京化学同人)