

原著論文

## ウナギ仔魚飼育における 水槽交換作業の簡略化の可能性について

増田賢嗣<sup>\*1</sup>・神保忠雄<sup>\*1</sup>・今泉 均<sup>\*1</sup>・藤本 宏<sup>\*1</sup>・永尾次郎<sup>\*2</sup>・川上 優<sup>\*2</sup>

### Simplification of Changing Rearing Tanks in the Rearing Procedure for Japanese Eel *Anguilla japonica* Larvae

Yoshitsugu MASUDA, Tadao JINBO, Hitoshi IMAIZUMI, Hiroshi FUJIMOTO, Jirou NAGAO  
and Yutaka KAWAKAMI

In the current rearing procedure for Japanese eel *Anguilla japonica* larvae, it is essential that rearing tanks are changed by transferring larvae into a clean tank by siphoning every day or once every few days. This process is accompanied by a risk of losing larvae, and this risk is reduced by conducting the operation by hand. Thus, it is difficult to operate a number of rearing tanks and to rear larvae on a large scale under the current rearing procedure. To solve this problem, we first reconfirmed that a change of rearing tanks improved larval survival. Then, we tested two schemes for simplification of the processes of changing rearing tanks. One is that the rearing water is dropped from elevated tanks into clean tanks by siphoning, and then decanted into the clean tanks. Another is that changing tanks is omitted and the wall and bottom of tanks were wiped. We demonstrated that larvae could be safely reared to glass eels by each method. These results suggested that transferring larvae between tanks could be simplified and could be omitted by keeping the wall and bottom of rearing tanks clean.

2012年11月30日受付, 2013年5月22日受理

ウナギ *Anguilla japonica* の仔魚は適切な飼餌料が見出されなかったために飼育が困難とされていたが、アブラツノザメ *Squalus acanthias* の卵を原料とする懸濁態飼料<sup>1)</sup>の開発により、2003年に世界で初めてシラスウナギの生産に成功した<sup>2,3)</sup>。現在では、この方法を用いて年間数百尾のシラスウナギを生産することが可能であり<sup>4)</sup>、シラスウナギまでの生残率も、最良事例では10%を越えるまでになったが<sup>5)</sup>、未だに大量生産に繋がる飼育技術は確立されていない。大量生産が可能となっていない理由の一つは、ウナギ仔魚の飼育手法が多く工程と時間を必要とすることから、管理が可能な水槽の数が限られ、結果として単位人員当たりの飼育可能な尾数が

少なくなってしまうことにある。特に、毎日ないし数日毎に行っている水槽交換<sup>1,6,7)</sup>には、必要とする労力は大きく、これまでも改良に向けた努力が払われてきた<sup>7)</sup>。現在のところ、水槽交換作業はサイホンを用いて行われているが、この作業の際には仔魚を逸失する危険がある。そしてその危険を軽減するために、サイホンによっては新しい水槽に移動しなかった仔魚を元の水槽から探し出し、ピペットで人の手によって移動させる必要がある。将来の大量生産技術の開発には水槽の大型化が必要となるが、大型水槽においては、仔魚の視認および仔魚を確実に捕える作業は困難であると予測される。

そこで、本研究では、水槽交換作業の簡略化を目的と

\*1 独立行政法人水産総合研究センター増養殖研究所志布志庁舎  
〒899-7101 鹿児島県志布志市志布志町夏井205

Shibushi Laboratory, National Research Institute of Aquaculture, Fisheries Research Agency, Shibushi, Kagoshima 899-7101, JAPAN  
masuday@affrc.go.jp

\*2 独立行政法人水産総合研究センター増養殖研究所南勢庁舎

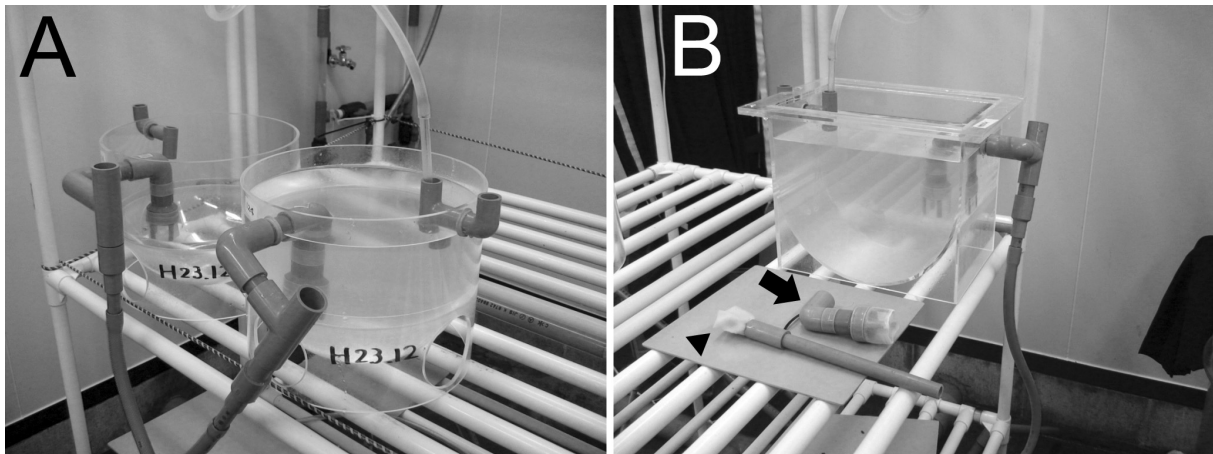


写真1. 本研究に使用した飼育水槽  
 A, アクリル製 10L ボウル型水槽. B, アクリル製 10L 蒲鉾型水槽  
 矢印で示したのは交換用の排水ストレーナー  
 アクリル製 10L ボウル型水槽にも同型の排水ストレーナーを装着した  
 矢尻で示したのは水槽拭浄に用いたスポンジ

して、水槽洗浄や交換が仔魚の生残に及ぼす影響および水槽交換法の改良について検討し、水槽交換法を簡略化できる可能性が示されたので報告する。

## 材料と方法

**親魚の処理とふ化管理** 雌親魚は、稚魚期にエストラジオール-17 $\beta$ を投与して雌化養成<sup>8)</sup>したもの、または天然の雌ウナギ(宍道湖で秋季に漁獲されたウナギ)を使用した。雄親魚は、鹿児島県東部の大隅地区養まん漁業協同組合から購入した養殖ウナギを使用した。雌親魚に対してはサケ脳下垂体抽出物(SPE)を、雄親魚に対してはヒト胎盤性性腺刺激ホルモン(hCG)を毎週注射することによって催熟した<sup>9,11)</sup>。産卵には、卵母細胞の卵径が750 $\mu$ mに増大して細胞質周辺部位の透明化が確認された雌1尾と精子活性の高い雄2~3尾に対して、1~2日後にそれぞれSPE, hCGを再度投与し、さらにその翌日に雌雄両方に17-ヒドロキシプロゲステロンを投与した後、同一の水槽内で自発的に放卵放精させる誘発産卵法<sup>12,13)</sup>によって受精卵を得た。得られた受精卵を、100L水槽(T-100L, ダイライト(株))に設置した内容積44Lの円筒形ネット(直径400mm, 深さ350mm, #9000ハニーキーン)中に收容し、換水率約170%/時、水温25 $^{\circ}$ Cでふ化まで管理した後、100Lアルテミアふ化槽(SBF-100, 株田中三次郎商店)にふ化仔魚を收容し、換水率は約60%/時、水温は25 $^{\circ}$ Cとしてふ化後5~7日目(以下5~7日齢, 最初にふ化仔魚が確認できた日を0とする)まで飼育管理した仔魚を試験に供した。

**試験1: 水槽交換の必要性** 試験1では5日齢から20日齢までの仔魚飼育において、水槽交換の必要性を検討するため、試験区は水槽交換区、水槽非交換区および水

槽非交換拭浄区の3区をそれぞれ3面ずつ設定した。いずれの試験区においてもアクリル製10Lボウル水槽(直径300mm, 深さ240mm, 実水量10L, 株田中三次郎商店, 写真1A)を使用した。給餌はアブラツノザメ卵を主体とした飼料<sup>14)</sup>を、給餌回数は2時間毎に1日5回(7, 9, 11, 13, 15時)で、1回あたりの給餌時間は15分間とした。注水量は0.65~0.70L/minとし、水温は23 $^{\circ}$ Cとした。照度は給餌時および水槽交換のための作業時は白色光500~1000lx, それ以外は1lx以下に調整した。水槽交換区においては、毎日5回目の給餌後に、「コ」の字型に整形した透明塩ビパイプ(内径13mm)の管内に海水を満たし、これによって交換前・交換後の両水槽の飼育水を繋いだ上で交換前水槽に注水し、交換後水槽から排水を行うことによって、サイホンの原理で清潔な水槽に仔魚を移した<sup>3)</sup>。水槽交換のためにサイホンを使用する時間は30分間とし、交換前の水槽に残った仔魚はピペットを用いて交換後の水槽に移すこととした。水槽非交換区においては、水槽交換を行わず、排水ストレーナー(写真1B)を1日2回(7時と15時)交換することとした。それ以外の飼育条件は水槽交換区と同様とした。水槽非交換拭浄区においては水槽交換を行わず、排水ストレーナーを1日2回交換し、その際に写真1Bに示す直径13mm塩ビ管の先端に固定したスポンジを用いて、水面下の水槽壁面を1回ずつ擦るようにして拭浄した。水槽底面に関しても、8時と16時に同様に拭浄を行い、合わせて水槽全面が1日2回ずつ拭浄されることとした。水槽交換区においては、5日齢の仔魚を1面あたり250尾收容し、10, 15, 20日齢の水槽交換時に、カップを用いて交換前水槽の仔魚を交換後の水槽に流し込み、その際に計数することによって生残尾数を計数した。水槽非交換区および水槽非交換拭浄区においては、同じ日にピペットを用いてすべての仔魚をカッ

プに移してその際に生残尾数を計数し、その後仔魚を基の水槽に戻した。生残率は収容尾数を100%として計算した。

**試験2：新しい水槽交換方法の検討** 試験2では、仔魚飼育において新しい水槽交換法の可能性を検討するために流し込み区を、また水槽交換を省略することが可能かどうかを検討するために水槽非交換拭浄区を設定し、従来通りの飼育方法を採用したサイホン区と飼育成績を比較した。5日齢から60日齢まではサイホン区・流し込み区は3面ずつを設け、その後は両区とも1面ずつを継続して飼育した。水槽非交換拭浄区は、7日齢から1面を設定し、変態まで飼育した。サイホン区においては、水槽交換は、前述の実験の水槽交換区と同様の方法で行った。流し込み区においては、仔魚が収容されている水槽をジャッキに載せ、清潔な水槽とサイホン管でつなぐことによって、100～200mmの落差を利用して飼育水の大半をサイホン管（透明塩ビチューブ、内径12mm）を通して20～30秒程度で移し、残った飼育水を仔魚ごと流し込む方法（図1）によって水槽交換を行った。両区とも飼育水槽はアクリル製10Lボウル水槽（写真1A）を使用し、給餌方法、注水量、飼育水温及び照度などの飼育条件は、前述の試験と同じとした。20日齢および以後20日毎に生残尾数を計数するとともに、各水槽20尾ずつをフェノキシエタノール400ppm下で麻酔し、万能投影機（Nikon, V-12B）を用いて全長および体高を測定した。測定後の仔魚は飼育水槽に戻した。この方法で60日齢まで飼育した。60日齢以降は、サイホン区の2面のうち1面と、流し込み区の3面のうち1面について飼育を継続した。

水槽非交換拭浄区においては、拭浄の行いやすさからアクリル製10L蒲鉾型水槽（水面で200mm×300mm、円筒部の半径が150mm、実水量10L、(株)田中三次郎商店、写真1B）を使用し、水槽交換は行わず、毎日2回、

排水ストレーナー（写真1B）を交換するとともに水槽壁面および底面をスポンジで拭浄した。水槽非交換拭浄区は7日齢に仔魚を飼育水槽に収容し、同日から給餌を開始した。給餌方法、注水量、飼育水温及び照度などの飼育条件は、他の2試験区と同じとした。この3区で460日齢まで飼育を継続した。100日齢に生残尾数を計数するとともに各面20尾ずつを麻酔して全長および体高を測定した。測定後の仔魚は飼育水槽に戻した。生残率は収容時の計数尾数を100%として計算した。変態を開始した個体については、目視で体高が縮小しはじめたことを確認した時点で隔離して別途収容し、その個体についてはこの時点で飼育試験を終了した。変態開始率は、飼育期間中の累積の変態開始個体数を収容時の計数尾数で除して求めた。

**統計処理** 得られたデータは、等分散を仮定できる場合はテューキー・クレーマーの方法によって、等分散を仮定できない場合はウェルチの*t*検定を行い、ボンフェロニの方法で危険率を補正する方法によって、有意水準5%で検定した。生残率については、逆正弦変換処理をした上で統計処理を行った。データは平均値と標準誤差で示した。

## 結 果

**試験1：水槽交換の必要性** 水槽非交換区では10日齢までに生残率が急激に低下し、15日齢までに全個体が死亡した。水槽非交換拭浄区においては3面中2面で15日齢までに全個体が死亡し、1面で20日齢まで生残が認められた。水槽交換区の生残率の低下は他の2区よりもゆるやかであった。生残率は、10日齢では水槽交換区、水槽非交換区、水槽非交換拭浄区の順に63.6 ± 4.2、13.6 ± 3.6%および23.7 ± 12.4、15日齢では29.3 ± 4.5、0.0 ± 0.0%および10.3 ± 10.3、20日齢では

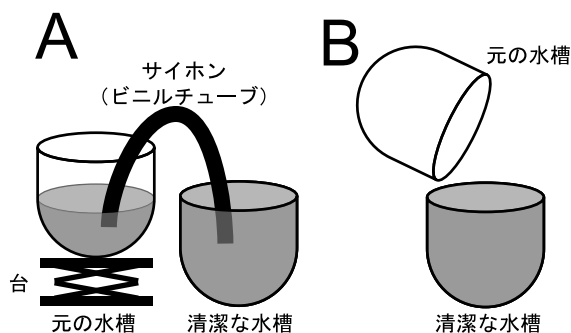


図1. 流し込み区における水槽交換法

- 仔魚が収容された水槽を台に載せ、清潔な水槽とサイホン管でつなぐことによって飼育水を急速に移す。この時点で一部の仔魚は清潔な水槽に移動する。この作業は注水を停止して行った。
- 元の水槽に残った飼育水を仔魚ごと清潔な水槽に流し込む。

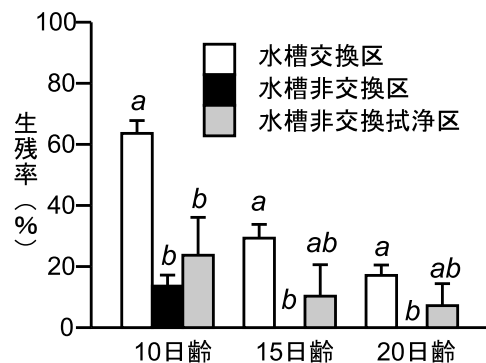


図2. 水槽交換がウナギ仔魚の生残率に及ぼす影響  
棒上の縦線は標準誤差を示す (n = 3)  
棒上の異なるアルファベットは5%未満の危険率で有意差が検出されたことを示す

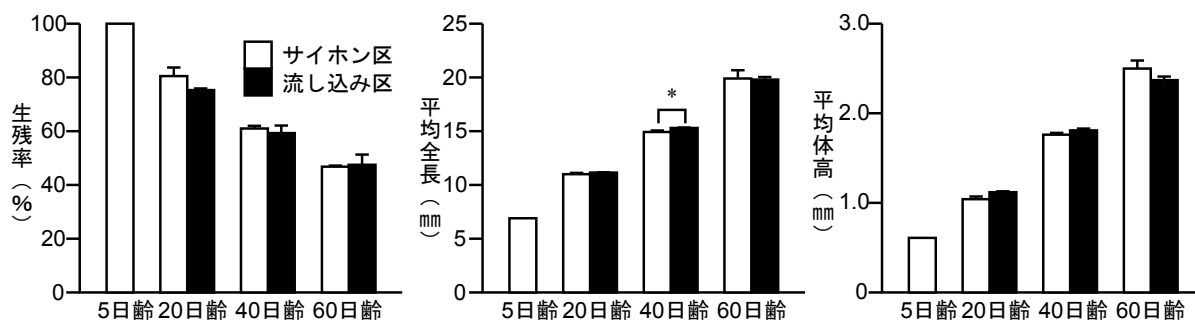


図3. 種々の水槽交換法がウナギ仔魚の生存率および成長に及ぼす影響  
棒上の縦線は標準誤差を示す (n = 3, ただしサイホン区の40日齢および60日齢は n = 2)  
\* は5%未満の危険率で有意差が検出されたことを示す

表1. 試験2：新しい水槽交換方法の検討における60日齢以降の飼育成績

	試験開始時		100日齢			変態		
	日齢	尾数	生存率 (%)	平均全長*1 (mm)	平均体高*1 (mm)	変態個体出現開始日齢	平均変態個体隔離日齢*1	試験終了時までの変態開始率 (累積, %)
サイホン区	5	250	20.0	22.68±0.67	2.86±0.14	182	267.3±11.5 <sup>a</sup>	4.8
流し込み区	5	250	29.6	20.94±0.72	2.49±0.15	263	314.3±7.9 <sup>b</sup>	6.0 <sup>*2</sup>
水槽不交換拭浄区	7	250	17.6	23.74±0.79	3.24±0.16	245	313.2±11.4 <sup>b</sup>	5.2

\*1 平均値と標準誤差で示した

\*2 ほかに1個体 (0.4%) が未変態のまま生存していた

異なるアルファベットは5%未満の危険率で有意差が検出されたことを示す

17.1 ± 3.4, 0.0 ± 0.0% および 7.2 ± 7.2 であった (図2)。10日齢での生存率は水槽交換区で他の2区よりも有意に高く、15日齢および20日齢では水槽交換区で水槽非交換区よりも有意に高かった (図2)。

**試験2：新しい水槽交換方法の検討** サイホン区については27日齢に事故で1面が逸失した。また、流し込み区では、8日齢の水槽初換の際に、持ち上げの失敗により飼育水を仔魚ごと2~3L程度こぼすという事故があった。サイホン区および流し込み区のいずれにおいても、5日齢から60日齢にかけて、生存率はゆるやかに低下し、平均全長および平均体高は大きくなった。生存率は、20日齢ではサイホン区、流し込み区の順に80.5 ± 3.2 および 75.3 ± 0.6%, 40日齢では同じ順で61.0 ± 0.8 および 58.9 ± 2.5%, 60日齢では46.8 ± 0.3 および 47.5 ± 3.8% であった。全長は、20日齢ではサイホン区、流し込み区の順で11.01 ± 0.12 および 11.15 ± 0.03mm, 40日齢では同じ順で14.92 ± 0.12 および 15.30 ± 0.04mm, 60日齢では19.90 ± 0.63 および 19.79 ± 0.24mm であった。体高は、20日齢ではサイホン区、流し込み区の順に1.04 ± 0.03 および 1.12 ± 0.01mm, 40日齢では同じ順で1.76 ± 0.02 および 1.81 ± 0.02mm, 60日齢では2.50 ± 0.07 および 2.37 ± 0.04mm であった (図3)。60日齢までのサイホン区と流し込み区との比較においては、生存率および平均体高については、いずれの

日齢においても試験区間に有意な差は認められなかった。平均全長については40日齢において流し込み区が有意に大きかったが、20日齢および60日齢では有意な差は認められず、期間を通して一貫した大小関係は認められなかった (図3)。

サイホン区、流し込み区および水槽非交換拭浄区の100日齢における生存率は17~30%, 平均全長は20~24mm, 平均体高は2.4~3.3mm であった。いずれの試験区からも変態開始個体を得ることができ、変態開始率は4.8~6.0% であった (表1)。変態開始個体が最初に確認された日齢は、サイホン区、流し込み区および水槽非交換拭浄区の順に182, 263 および 245日齢であった。確認された変態開始個体の、系外に隔離して飼育を終了した日齢の平均は、同じ順で267.3 ± 11.5, 314.3 ± 7.9 および 313.2 ± 11.4日齢であった (表1)。サイホン区における値は他の2区よりも有意に小さかった (表1)。試験終了の時点 (460日齢) で、流し込み区において、変態を開始しないまま生存する個体が1尾認められた。

## 考 察

本研究ではまず水槽交換によって生存率が改善することを確認した。現行のウナギ仔魚飼育の工程においては、定期的な水槽交換作業が必須とされている<sup>1,6,7)</sup>。銀イオン添加によって、水槽交換の頻度を減らしても飼育

が可能となる<sup>7)</sup>ことから、水槽交換を必要とする原因の一つとして微生物の増殖があることが示唆されている。

現行の水槽交換法はサイホンによって2水槽をつなぎ、暗黒条件下では仔魚が活発な遊泳を行わないことを利用して水流により仔魚を移すものである<sup>1)</sup>。この方法の問題点は、交換前の水槽に仔魚が残存し、結果として逸失してしまう可能性があることである。そこで危険を軽減するために交換前の水槽に残存する仔魚を探索し、発見された場合にはピペットによる手作業で交換後の水槽に移動させているが、仔魚を視認すること、および仔魚を捕える作業は比較的困難で熟練を要する作業であり、逸失の危険をできるだけ軽減しようとすれば、それだけ高度な技術と時間が必要となる。しかも、そのような努力を払ったとしても、仔魚が逸失する危険を完全に排除することはできない。そこで著者らは、水槽間の落差を利用したサイホンおよび流し込みの組み合わせによって、仔魚の探索を要しない水槽交換法を検討した。この方法においては、飼育成績に悪影響を及ぼす要因として、1) 急速な水流のために仔魚が損傷する可能性がある、2) 水面の油膜や水槽底面に沈殿する汚れ等を移槽先水槽に持ち込む恐れがある、等が考えられたが、生残率に差が認められなかったことから、10L規模の水槽において、少なくとも60日齢までの段階では、このような要因がウナギ仔魚の生残・成長に与える悪影響は認められず、さらにシラスウナギまでの飼育も不可能ではないことが示された。この方法によれば仔魚の視認は必要ではなく、水槽交換の際に仔魚が逸失する可能性は排除できる。水槽を持ち上げる必要があるため、大型の飼育水槽への応用のためにはこの点が障害になるかもしれないが、作業に熟練を要せず、機械化への応用が期待できる。

また本研究では、水槽交換を行わず、水槽壁面と底面を拭浄する方法によってもシラスウナギまでの飼育が不可能ではないことが示された。このことから、水槽壁面や底面を清潔に保つことが水槽交換の主な目的であることが示された。水槽交換が省略されれば、水槽交換に伴う問題は自然に解決する。しかし、本研究における20日齢までの検討では、水槽交換を省略した場合、拭浄を行ったとしても、その生残率はサイホン法による水槽交換を行った場合よりも劣っており、拭浄を行わなかった場合と比較して有意な改善は認められなかった。シラスウナギまでの飼育事例が得られていることから、拭浄に効果が無かったとは言えないが、水槽交換の影響を調べた試験では拭浄が十分でなかった可能性、あるいは拭浄だけでは初期の仔魚に対して十分な清潔さを維持することが困難であった可能性がある。また、むらのない拭浄が要求されると考えられるが、その一方でウナギ仔魚は照明条件下では水槽底面付近に多く遊泳するとされており<sup>15)</sup>、水槽底面の拭浄の際には仔魚を巻き込んで殺傷する可能性があって危険であるため、作業には細心の注

意を要する。そのため、現在のところ拭浄による方法で安定した生残率を挙げることはできておらず、また仔魚の視認が不可能な大型水槽への適用は困難である。変態に至るまでの日数は、流し込み区および水槽非交換拭浄区では長かったが、仔魚期前半の成長に顕著な差が認められない中で、水槽交換方式が変態に至るまでの日数に影響する原因として挙げられるものは現在のところは無く、今後の検討課題である。

本研究の2回の試験における水槽非交換拭浄区では、形状の違う2種類の水槽を用いたが、この違いが仔魚の生残に影響する可能性はありえる。作業を行う上では、水平面に対して垂直な壁面に関しては大きな違いは無いが、斜面および底面に関しては、ボウル型水槽では拭った部分の重複や拭い残しが比較的起こりやすいこと、ボウル型水槽における水流は、注水方向の延長線上の左右において、斜面・底面に対して渦状となるのに対して、蒲葺型水槽では、水流が斜面・底面に対して概ね一方に決まり、斜面・底面付近の水流は比較的大きな半径で一周するため、拭浄の際に仔魚を避けるのが容易であることから、蒲葺型水槽のほうが、拭浄が容易ではあった。

以上のように、水槽交換作業としては、流し込む方法では従来法と比較して作業の効率化が図られ、飼育規模の拡大が期待できる。今後は、より水槽壁面・底面を清潔に保つのに有利な水槽形状の検討とともに水槽交換方法の改善を行い、これらを組み合わせて大量生産が可能な飼育システムの開発を目指したい。

## 謝 辞

本研究を行うにあたり、作業に協力いただいた山元栄一氏、恒吉守一氏、上野裕幸氏、湯地幸枝氏、清水武宏氏、春口崇紘氏、白鳥智恵美氏、田中佑次郎氏、研究の遂行および論文の作製に協力いただいた桐原久子氏、平井慈恵博士、松田圭史博士にお礼を申し上げる。また宮崎大学の香川浩彦教授、(独)水産総合研究センターの虫明敬一博士、薄浩則博士、岩本明雄養殖技術部長、田中秀樹ウナギ量産研究グループ長、野村和晴博士の各氏に有用な助言をいただいたことに感謝する。(株)日本水産には飼料原料を提供していただいたことに感謝する。本研究は農林水産技術会議委託プロジェクト研究「ウナギおよびイセエビの種苗生産技術の開発」および農林水産技術会議委託プロジェクト研究「天然資源に依存しない持続的な養殖生産技術の開発」によって行われた。

## 文 献

- 1) TANAKA, H., H.KAGAWA, H.OHTA (2001) Production of leptocephali of Japanese eel *Anguilla japonica* in captivity. *Aquaculture*, 201, 51-60.

- 2) TANAKA, H., H.KAGAWA, H.OHTA, T.UNUMA, K.NOMURA (2003) The first production of glass eel in captivity: fish reproductive physiology facilitates great progress in aquaculture. *Fish Physiol. Biochem.*, **28**, 493-497.
- 3) KAGAWA, H., H.TANAKA, H.OHTA, T.UNUMA, K.NOMURA (2005) The first success of glass eel production in the world: basic biology on fish reproduction advances new applied technology in aquaculture. *Fish Physiol. Biochem.*, **31**, 193-199.
- 4) MASUDA, Y., H. IMAIZUMI, K. ODA, H. HASHIMOTO, H. USUKI, K. TERUYA (2012) Artificial completion of the Japanese eel, *Anguilla japonica*, life cycle: challenge to mass production. *Bull. Fish. Res. Agen.*, **35**, 111-117.
- 5) 増田賢嗣・神保忠雄・今泉 均・橋本 博・小田憲太郎・松田圭史・照屋和久・薄 浩則 (2013) 水温・給餌回数・飼育密度の調整によるウナギ *Anguilla japonica* 仔魚期間の短縮. 日水誌, **79**, 198-205.
- 6) OKAMURA, A., Y. YAMADA, T. HORITA, N. HORIE, N. MIKAWA, T. UTOH, S. TANAKA, K. TSUKAMOTO (2009) Rearing eel leptocephali (*Anguilla japonica* Temminck & Schelegel) in a planktonkreisel. *Aquaculture Res.*, **40**, 509-512.
- 7) 岡村明浩・山田祥朗・堀江則行・三河直美・宇藤朋子・田中 悟・塚本勝巳 (2009) ウナギ卵・仔魚の飼育における銀イオンの添加: 毒性と抗菌作用. 日水誌, **75**, 786-792.
- 8) 立木宏幸・中川武芳・田村憲二・廣瀬慶二 (1997) ニホンウナギにおける estradiol-17 $\beta$  の経口投与による雌化効果, 成長および親魚養成. 水産増殖, **45**, 61-66.
- 9) YAMAMOTO, K., K.YAMAUCHI (1974) Sexual maturation of Japanese eel and production of eel larvae in the aquarium. *Nature*, **251**, 220-222.
- 10) KAGAWA, H., H.TANAKA, H.OHTA, K.OKUZAWA, N.IINUMA (1997) Induced ovulation by injection of 17,20  $\beta$ -dihydroxy-4-pregnen-3-one in the artificially matured Japanese eel, with special reference to ovulation time. *Fish. Sci.*, **63**, 365-367.
- 11) OHTA, H., H.KAGAWA, H.TANAKA, K.OKUZAWA, K.HIROSE (1996) Change in fertilization and hatching rates with time after ovulation induced by 17,20  $\beta$ -dihydroxy-4-pregnen-3-one in the Japanese eel, *Anguilla japonica*. *Aquaculture*, **139**, 291-301.
- 12) SATOH, H, K.YAMAMORI, T.HIBIYA (1992) Induced spawning of the Japanese eel. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **58**, 825-832.
- 13) 堀江則行・宇藤朋子・三河直美・山田祥朗・岡村明浩・田中 悟・塚本勝巳 (2008) ウナギの人工種苗生産における採卵法が卵質に及ぼす影響 (搾出媒精法と自然産卵法の比較). 日水誌, **74**, 26-35.
- 14) 増田賢嗣・今泉 均・橋本 博・小田憲太郎・古板博文・松成宏之・照屋和久・薄 浩則 (2011) イタチザメ卵とアイザメ卵を主体とした飼料によるウナギ初期飼育の可能性. 水産技術, **4**, 7-13.
- 15) YAMADA, Y., A. OKAMURA, N. MIKAWA, T. UTOH, N. HORIE, S. TANAKA, M.J. MILLER, K. TSUKAMOTO (2009) Ontogenetic change in phototactic behavior during metamorphosis of artificially reared Japanese eel *Anguilla japonica* larvae. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **379**, 241-251.