

## ニホンウナギの完全養殖技術の現状と展望

(国立研究開発法人 水産研究・教育機構 増養殖研究所) 野村 和晴

ニホンウナギは我が国の食文化を特徴づける重要な水産物である。近年、天然シラスウナギの不漁に伴う価格の高騰や、国際自然保護連合 (IUCN) によって絶滅危惧種に指定されたことにより、ウナギ資源の保全や持続的利用に関する意識が高まっており、その対策の一環として人工種苗生産技術を実用化することが望まれている。人工種苗生産技術とは、「人為的に成熟させた雌雄の親魚を用いて交配し、ふ化した仔魚を養殖用種苗として利用可能なシラスウナギにまで育成する」までの一連の技術を指す。さらに、人工ウナギを親にまで育てて次世代を得ることを「完全養殖」という。筆者が所属する国立研究開発法人水産研究・教育機構では、2002年に初めてシラスウナギまでの育成に成功し<sup>1)</sup>、2010年には完全養殖を達成した<sup>2)</sup>。しかし、依然として実用的な生産コストで人工シラスウナギを大量生産するには至っていない。本稿では、ニホンウナギの完全養殖技術の現状と展望を概説する。

### 完全養殖達成までの道のり

人工種苗を作るためには、卵と精子を得る必要がある。しかし、ウナギの場合、これがまず難しい。ウナギは通常の飼育環境ではほとんどが雄になるため、雌ウナギを入手することが困難である。天然環境では雌ウナギも見つかるのだが、これらを飼育しても自然に成熟が進むことはない。このようなことから、ウナギに人為的にホルモンを投与して成熟させる研究が1960年代から盛んに行われていた。初めて人工授精に成功したのは1973年のことである<sup>3)</sup>。その後、雌化ホルモンを餌に混ぜて投与することで雌ウナギを育てる技術も確立され、安定して卵や精子を得るための催熟技術の改良も進んだ。しかし、初めてふ化仔魚が得られてから、仔魚の飼育に成功するまでには20年以上の歳月が必要であった。仔魚に与える適切な餌が見つからなかったためである。通常、海産魚類の種苗生産では、シオミズツボワムシ (以下、ワムシ) やアルテミアといった動物プランクトンが餌として使用される。当初、ウナギ仔魚にもワムシを食べさせる試みが繰り返されたが、何度やっても育たなかった。そこで、ワムシ以外の餌候補として考えられる限りの原

料が試され、膨大な試行錯誤の末に、ついに、ウナギ仔魚がアブラツノザメの卵をよく食べることが発見されたのが1998年のことである<sup>4)</sup>。このことを足がかりに、サメの卵をベースに飼料の栄養的な改善を繰り返しながら、下記に記す現在の飼育方法が確立された。2010年に世界で初めて人工的に卵から育てたウナギから2世代目を作ることに成功し、「完全養殖」が達成された時は社会的にも大きな注目を浴びた。長年にわたる研究の積み重ねの末に到達した、大きなマイルストーンであることは間違いない。しかし、商業的な実用化に耐えうる大量生産技術につなげるためには、これまでと同等か、それ以上の困難を克服しなければならない。

### 現在のウナギ仔魚飼育方法が抱える課題

現在の飼育技術は、年間数百～数千尾程度のシラスウナギを安定して生産可能な水準には達している。しかし、国内の養殖用種苗としての需要は1億尾以上であり、その莫大な需要を人工シラスウナギで満たすことは現状では困難である。なぜ、現在の飼育方法では大量生産が難しいのか。その理由はウナギ仔魚の独特な特性にある。上述のとおり、ウナギ仔魚の飼育には、これまでに確立された他の海産魚の飼育ノウハウや常識がごとごとく通用しない。まず、ウナギ仔魚は自分から餌に集まってくるような行動をしない。好みの餌と遭遇さえすれば活発に摂餌行動をするが、少し離れた場所にその餌があっても仔魚の方から積極的に寄ってくることはない。そのため、餌と仔魚の遭遇確率を上げるための工夫が必要となる。現状では、明るいと水槽の底の暗いところに集まるウナギ仔魚の習性を利用して水槽の底に集め、そこに懸濁態の飼料を満遍なく敷き詰めて餌に遭遇しやすくしている。また、仔魚期は消化器官が未発達で、胃はなく、食べた餌は1～2時間で排出されてしまうため、消化吸収性に優れた飼料を1日に何度も与える必要がある。現在のウナギ仔魚用飼料は、アブラツノザメの卵 (冷凍)・大豆由来ペプチド・オキアミ分解物・各種ビタミンなどを混合したポタージュスープのような懸濁態の配合飼料であり、海水よりも比重が重いため海水中では底に沈む。この餌を2時間おきに1日5回給餌するのが標準的な給



餌スケジュールとなっている。給餌開始からおよそ15分間程度で飽食するが、止水のまま放置すると直ちに残餌が腐敗して衛生環境が悪化してしまうため、換水して清浄な環境を維持する必要がある。現在は23～25°Cに調温した海水をろ過・紫外線殺菌して清浄化し、1時間あたり3～6回転の換水率になるように注水し、排水は循環させずに掛け流している。つまり、水量10Lの水槽でも1日あたり0.7～1.4トンもの海水を使用している。このように清浄な海水を常時注水して高い換水率を維持しても、高頻度で水中に分散しやすい高栄養な飼料を給餌するため、短時間のうちに急激に水槽内でバクテリアの繁殖が進み、壁面にバイオフィームが形成される。これらのバクテリアの中には仔魚に深刻な悪影響をもたらすものも含まれるため、水槽を毎日新しいものに交換するなどして、形成したバイオフィームを定期的に除去する必要がある。そのうえ、シラスウナギに変態するまでには150～400日を要するので、長期間の飼育を余儀なくされる。変態開始のピークは、ふ化後250～300日前後で変態が始まると、およそ2週間でシラスウナギ型の体型となる。歩留まりは低く、シラスウナギに変態するまでの生残率は、少数の仔魚を丁寧に飼育した場合でも10%に満たない場合が多い。その結果、多大な労力を必要とする割に少数のシラスウナギしか生産できないということになる。

### 大量生産に向けた取組み

現在のウナギ仔魚飼育技術のもとで安く大量にシラスウナギを作るためにはさまざまな課題がある。量産化とはつまるところ生産コストの問題であって、シラスウナギ1尾あたりの生産コストを劇的に下げる技術開発が必要となる。現状の飼育方法は、小規模かつ労働集約的なため、生産コストに占める人件費の割合が高い。そのため、いかに省力化を実現して飼育規模の拡大を図るかが技術開発上のポイントとなる。現状の懸濁態飼料を水槽底面に給餌する方法では、水槽規模の拡大に一定の限度がある。当機構では水槽規模の拡大にも挑戦しているが、現状では1トン規模の拡大に留まっており、数十トン規模の水槽への展開はまだ見えていない。なぜなら、水槽規模が拡大するほど同じ生産効率で飼育することが難しくなるためである。20L水槽では40～100尾のシラス

ウナギを安定して生産することが可能だが、それを相似形で50倍に規模を拡大した1トン水槽では100～500尾程度の生産しかできていない。体積が50倍に増えても餌場となる水槽底面の面積はおよそ14倍にしかならないことがその理由かもしれない。現在は、生産効率に優れた水槽の開発を進めている。また、水槽を多数並べて飼育規模の拡大を図る場合、水槽の数に比例して作業量が増えていくため極端に労働集約的になってしまう。これを克服するためには、飼育作業の簡素化、運用の合理化、機械化による自動化などを組み合わせて生産コストに占める労働力の割合を劇的に減少させるような技術開発が必要となる。当面の目標は、なるべく少人数で多数のシラスウナギを生産可能にするシステムを構築することである。

また、飼育技術のみならず、サメ卵を使用しない飼料の開発や、飼育に適した特性を持つ優良品種作出に向けた育種研究なども進めている。

### 商業的な実用化への展望

前項までに述べたように、ウナギの人工種苗生産技術は未だ開発途上にあり、大量生産の実現に向けては解決すべき課題が山積しているのが現状である。現状の生産能力では、ただちにウナギ養殖の莫大な需要に応えることは難しいが、天然資源に負荷をかけず、かつ、トレーサビリティの明らかな商材として「完全養殖ウナギ」は、従来の養殖物とは明確な差別化が可能かもしれない。その場合は、近い将来にきわめて限定的な規模での完全養殖ウナギの商業化は可能ではないかと考えている。研究は遅々としてなかなか進まないように見えるかもしれないが、技術は着実に歩を進めている。1日も早く商業的な実用化が実現することを目指し、今後も研究に研鑽していきたい。

### 文 献

- 1) Tanaka, H. *et al.*: *Fish Physiol. Biochem.*, **28**, 493 (2003).
- 2) 増田賢嗣ら: *日本水産学会誌*, **77**, 416 (2011).
- 3) Yamamoto, K. and Yamauchi, K.: *Nature*, **251**, 220 (1974).
- 4) Tanaka, H. *et al.*: *Aquaculture*, **201**, 51 (2001).