短

報

飼育環境下のニホンウナギ
Anguilla japonica 仔魚は
最速で 131 日齢までに変態しうる

増田 賢嗣,* 今泉 均, 小田憲太郎,
橋本 博, 照屋 和久,^a 薄 浩則

(2010 年 10 月 22 日受付, 2011 年 1 月 14 日受理)

舩水産総合研究センター志布志栽培漁業センター

Japanese eel *Anguilla japonica* larvae can metamorphose
into glass eel within 131 days after hatching in captivity

YOSHITSUGU MASUDA,* HITOSHI IMAIZUMI,
KENTARO ODA, HIROSHI HASHIMOTO,
KAZUHISA TERUYA^a AND HIRONORI USUKI

Shibushi Station, National Center for Stock Enhancement,
Fisheries Research Agency, Shibushi, Kagoshima 899-
7101, Japan

キーワード: *Anguilla japonica*, 仔魚飼育, シラスウナギ,
ニホンウナギ, 変態, レプトセファルス

ニホンウナギ仔魚の飼育は主として適切な飼料が見いだされなかったために困難を極めたが, Tanaka らはサメ卵の有用性を見だし, 2003 年には初めてシラスウナギまでの飼育の成功を報告した。¹⁻³⁾ 以後の研究は健全なシラスウナギの量産技術の開発に焦点を結んでいる。

天然のウナギが受精卵から変態開始に至るまでの期間は 116-138 日⁴⁾ないし 100-160 日⁵⁾と推定されているが, 飼育下では 250 日程度を要し,^{2,6)} 志布志栽培漁業センターにおいて 2007 年 4 月から 2010 年 7 月までの間に変態を完了した 428 尾の, ふ化から変態完了までの平均日数は 299.3 日であった (未発表)。ウナギ仔魚飼育に長い期間を要する原因の 1 つは成長の遅さであり, その理由として現行の飼育水温の低さが挙げられる。天然の生息海域の水温は 27-28℃ と推定されており,⁸⁾ これに近い 26℃ の高水温飼育下では成長が速いが,⁷⁾ 生残率が安定せず, またその理由も不明であったため, 一般的にはより安定して生残する 22-23℃ で飼育されている。^{1,6,7,9)} また 26℃ での飼育でも変態開始は最短でふ化後 144 日 (144 日齢) であり,⁷⁾ 低水温の他にも成長が遅い原因が存在すると考えられる。たとえば現行の給餌方式¹⁾では給餌間隔が最長で 16 時間にも及ぶことや, 給餌開始か

ら変態までの同一容積の水槽での飼育により仔魚が摂餌不足になること等が成長を妨げていた可能性もある。

また, 前述の志布志栽培漁業センターの例では変態を完了した日齢は 153 日齢から 754 日齢までに亘っており, このように変態開始の日齢に大きな個体差があることも飼育上の問題である。変態が本来起こるべき日齢の把握は人為的な変態誘導技術の開発のためには欠かせない。またウナギは仔魚期と変態後とは生態の違いから別個の飼育施設が必要であるため, 変態個体が現れる日齢の把握は, シラスウナギ飼育を準備すべき時期を決定づける意味で, 現場では重要な問題である。本研究では, 飼育水温を高め, 給餌間隔を短縮したうえ, 分槽または間引きによって仔魚の密度を調整することにより, 最初の変態開始個体の出現時期に与える効果を検討するため飼育試験を行った。

供試魚には卵から育てたウナギを親魚とする仔魚 (6 日齢で平均全長 7.0 mm) を用いた。飼育試験には対照区 1 区と試験区 2 区を設けた。対照区は 3 群を設け, 従来^{1,6,7,9)}と同じく飼育水温を 23℃, 給餌回数を 7 時から 2 時間毎の 1 日 5 回とした。ただし 1 群は, 97 日齢に事故により失われた。試験区は, 1) 飼育水温を 25℃ とした区 (A 区) を 3 群, 2) 6-9 日齢は 23℃ とし, 以降は 25℃ とした区 (B 区) を 3 群の 2 区 6 群を設けた。成長に伴う魚体の比重の低下⁹⁾による浮上死亡を防ぐ目的で, A 区・B 区とも 65 日齢から水温を上昇させて飼育水の比重を下げ, 73 日齢以降は 27.5℃ とした。水温の変化が変態を誘起する可能性を考慮し, A 区・B 区とも 118 日齢と 126 日齢に 24 時間, 水温を 25℃ に低下させた。A 区では, 17 日齢までに各群 4 水槽ずつに分槽し, 74 日齢にさらに増やして, 以後は 5 水槽ずつで飼育した。また 51 日齢以降は仔魚をサイズ別に飼育すべく, 同一群内の水槽間で適宜仔魚を移し換えた。B 区では 51 日齢まで, 各回の給餌終了時点で飼料が残る尾数を目安として小型の仔魚を適宜取り除き, 55 日齢に各群 2 水槽に分槽し, 以降は大きさに従って 2 水槽間で適宜移槽を行った。水槽はすべて 10 L ポウル水槽を用い, 6 日齢に水槽あたり 250~365 尾を収容した。給餌回数は, A 区・B 区ともに, 7 時から 2 時間毎の 5 回に加えて 23 時にも給餌を行い, 6 回/日とした。これにより, 従来は 16 時間であった最長の給餌間隔が 8 時間まで短縮された。6 日齢の 13 時に全区で給餌を開始し,

* Tel : 81-99-472-0730. Fax : 81-99-472-1544. Email : masuday@affrc.go.jp

^a 現所属 : 独立行政法人水産総合研究センター西海区水産研究所石垣支所八重山栽培技術開発センター (Ishigaki Tropical Station, Seikai National Fisheries Research Institute, Fisheries Research Agency, Ishigaki, Okinawa, 907-0451, Japan)

Fig. 1 Total length of the largest larva in each group. The largest individual at every 20 days in each experimental group is presented. Larvae in one of the three groups in the control section were lost at 97 days after hatching (dah).

A区およびB区については、確実な摂餌開始のため6-7日齢にかけての18時、21時、24時、3時にも給餌した。飼料はサメ卵主体の懸濁態飼料¹⁾を、1回1水槽あたり7 mL与えた。

対照区では全長が20日齢で13 mm、100日齢で35 mmを上回る個体はなく、120日齢でも最大で41.1 mmにとどまった。これに対してA区およびB区ではすべての群で、20日齢で全長13 mm、100日齢で42 mm、120日齢には47 mm以上の個体が現れた (Fig. 1)。特にA区では20日齢で全長14.0 mm、93日齢で48.9 mmに達する個体が現れた。志布志栽培漁業センターにおいては全長41.0 mmで変態を完了した記録がある (未発表) ことから、47 mmは変態開始が可能な大きさと考えられる。このうち126日齢にはB区で1尾が変態を開始し、131日齢に変態を完了した (Fig. 2)。続いて137日齢にはA区でも変態開始個体が現れ、144日齢には変態を完了した。150日齢までにはA区3群全てで、156日齢までにはB区3群全てで変態完了個体が現れた (Table 1)。一方、対照区では180日齢で初めて変態開始個体が現れた。

本研究で検討した飼育方法の要点は、従来より飼育水温を2~5°C程度高めること、給餌間隔を8時間以下に短縮すること、摂餌不足とならないよう仔魚の収容密度を抑えることの3点であった。各群で最も成長が速い個体を比較すると、改良した飼育法での成長は従来の飼育法を上回り、最も早いものは126日齢には変態開始が確認され、過去の記録を20日以上も短縮する131日齢で変態完了に至った。この日齢は天然魚と比較しても遜色がない。⁵⁾したがって、今後変態を人為的に誘起する手法が開発された場合は、この条件の下では126日

Table 1 Days after hatching at start and end of metamorphosis of first metamorphosed individual in each group

	Start of metamorphosis	End of metamorphosis
Section A		
Group 1	137	144
Group 2	140	148
Group 3	143	150
Section B		
Group 1	126	131
Group 2	146	156
Group 3	149	155
Control section		
Group 1	180	187
Group 2	186	193
Group 3	All larvae were lost at 97 dah	

齢の時点で処理が開始されている必要がある。本研究では73日齢までは推定される天然の生息域⁸⁾より低い水温で飼育しており、初期から27-28°Cとすることによって、さらに速く成長する可能性がある。ただし有効な疾病対策を持たないままでの高水温での飼育は大量死を招く危険があるため、高水温下での環境維持手法や疾病対策の研究を進める必要がある。また飼育下での成長が劣る原因として飼料の成分が不完全である可能性も指摘されており、²⁾飼料の改良の試み¹⁰⁾の進展により、さらに成長を改善できる可能性もある。

他方で変態開始の機序は依然として不明である。本研究においても、120日齢には試験区6群すべてで変態可能なサイズに達したと思われる個体が現れたにもかかわらず、130日齢までに変態を開始したのはわずか1尾であった。ウナギの仔魚は、変態可能と思われる大きさに達していながらしばしば変態しないまま長い時間が経過することから、変態に外的な要因が関与していることが考えられる。たとえば熱帯から晩秋の日本沿岸まで回遊する生態から、¹¹⁾水温や日長の変化などが作用している可能性が考えられる。本研究においては試みに飼育水温の変化を与えたが、このような操作が変態開始に影響があるのかどうか、検討に値する。変態を誘起する手段が開発されれば、仔魚飼育期間のさらなる短縮につながる。

尚、本稿は成長が最速の個体を比較対象とした結果であるが、より実用的な観点からは群全体としての平均的な成長の速さや、十分に高い生残率も求められる。これらの検証は現在実施中の飼育試験が終了した後の検討に委ねられるが、それには今後さらに500日以上に及ぶ飼育を要する可能性があることは上に触れたとおりであり、稿を改めて報告したい。

本研究は農林水産技術会議委託プロジェクト研究「ウナギの種苗生産技術の開発」によって行われた。

Fig. 2 Developmental growth series of larvae in this experiment from 7 days after hatching (dah) to the end of the leptocephalus stage and the glass eel stage. Specimens older than 127 dah are the same individual.

文 献

- 1) Tanaka H, Kagawa H, Ohta H. Production of leptocephali of Japanese eel *Anguilla japonica* in captivity. *Aquaculture* 2001; **201**: 51–60.
- 2) Tanaka H, Kagawa H, Ohta H, Unuma T, Nomura K. The first production of glass eel in captivity: fish reproductive physiology facilitates great progress in aquaculture. *Fish Physiol. Biochem.* 2003; **28**: 493–497.
- 3) Kagawa H, Tanaka H, Ohta H, Unuma T, Nomura K. The first success of glass eel production in the world: basic biology on fish reproduction advances new applied technology in aquaculture. *Fish Physiol. Biochem.* 2005; **31**: 193–199.
- 4) Cheng PW and Tzeng WN. Timing of metamorphosis and estuarine arrival across the dispersal range of the Japanese eel *Anguilla japonica*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 1996; **131**: 87–96.
- 5) Arai T, Otake T, Tsukamoto K. Drastic changes in otolith microstructure and microchemistry accompanying the onset of metamorphosis in the Japanese eel *Anguilla japonica*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 1997; **161**: 17–22.
- 6) Okamura A, Yamada Y, Horita T, Horie N, Mikawa N, Utoh T, Tanaka S, Tsukamoto K. Rearing eel leptocephali (*Anguilla japonica* Temminck & Schlegel) in a planktonkreisel. *Aquacult. Res.* 2009; **40**: 509–512.
- 7) 橋本 博, 足立純一, 西 明文, 今泉 均, 加治俊二. ウナギ仔魚飼育における初期飼育水温の検討. 栽培漁業センター技報 2009; **10**: 35–37.
- 8) Otake T, Inagaki T, Hasumoto H, Mochioka N, Tsukamoto K. Diel vertical distribution of *Anguilla japonica* leptocephali. *Ichthyol. Res.* 1998; **45**: 208–211.
- 9) Tsukamoto K, Yamada Y, Okamura A, Kaneko T, Tanaka H, Miller MJ, Horie N, Mikawa N, Utoh T, Tanaka S. Positive buoyancy in eel leptocephali: an adaptation for life in the ocean surface layer. *Mar. Biol.* 2009; **156**: 835–846.
- 10) 増田賢嗣, 奥 宏海, 野村和晴, 照屋和久, 田中秀樹. 飼育水に含まれるコロイド状物質がウナギ仔魚の飼料となる可能性. 水産技術 2010; **2**: 99–104.
- 11) Tsukamoto K. Discovery of the spawning area for Japanese eel. *Nature* 1992; **356**: 789–791.