

最新の生理生態情報に基づくウナギ大量種苗生産技術の実現

Development of mass production technique of glass eel for aquaculture based on recent advancement in ecology, physiology and behavior

塚本 勝巳 (TSUKAMOTO KATSUMI)

東京大学・大気海洋研究所・教授



研究の概要

これまで 40 年以上に亘って、ウナギ人工種苗生産技術の開発研究が進められてきたが、実用化の目処は未だ立っていない。本研究では、事業化に堪えるウナギの大量種苗生産技術を開発することを目的に、従来とは全く異なる発想でこの問題に取り組む。すなわち、回遊生態の解明、天然親魚の分子生理解析、仔魚の摂餌生態の解明など、最新のウナギ研究の急展開によって得られる様々な生態学的、生理学的新知見を積極的に技術開発に取り込んで、天然の生理生態に即した(1)親魚催熟法の確立、(2)卵質の改善、および(3)仔魚の新飼育法の考案を行う。これらを総合して、ウナギの大量種苗生産技術を実現する。

研究分野：水産学

科研費の分科・細目：水産学一般

キーワード：生理、生態・行動、増養殖

1. 研究開始当初の背景

ニホンウナギは 1970 年代から減少の一途を辿り、絶滅の事態も懸念されている。養鰻用種苗として利用される天然シラスウナギ(以下、シラス)の不足を補う目的で、1960 年代より人工種苗生産技術の開発研究が始まった。2003 年には、世界初のシラス生産にまで漕ぎつけたが、いまだ実験的段階で、大量生産技術の完成には至っていない。

2. 研究の目的

天然の生理生態情報をもとに、ホルモンを使用しない自然催熟技術、仔魚飼育のための効率的な餌料、並びに仔魚の大量生産を可能にする新しい飼育装置の開発を行う。

3. 研究の方法

人工種苗生産の過程を(1)成熟、(2)産卵、(3)発育の3過程にわけ、それぞれを天然状態の観察と人工の技術開発の両面から研究する。具体的には、卵巣遺伝子の発現解析、浸透圧調節機構、産卵行動実験、回遊履歴解析、回遊行動観察、初期餌料探索、飼育システム開発など行う。

4. これまでの成果

(1) 成熟過程

■**産卵回遊行動**：回遊を始めた銀ウナギに3年間で計36基のポップアップタグを付けて種子島沖、利根川沖、遠州灘に放流した。計24基が黒潮中またはその東方海上に浮上し、ニホンウナギの産卵回遊経路が始めて明らかになった。これらの個体は昼間水深600~800m、夜間は200m前後の間で明瞭な日周鉛直移動を示した。これより自然催熟技術において5℃と15℃幅の日周変動水温が有効であることが示唆された。

(2) 産卵過程

■**天然卵採集**：2009、2011年の白鳳丸航海で世界初、計178個の天然ウナギ卵の採集に成功した。卵とプレレプトが水深150~160mに集中分布していたことから、人工種苗生産における卵管理と仔魚飼育の水温は25℃前後が最適とわかった。

■**回遊履歴**：産卵場から得た親魚計12個体の耳石ストロンチウム分析から各個体の成長期の生息域を推定したところ、海ウナギが6尾、河口ウナギ5尾に対し、もっぱら淡水域で過ごした川ウナギは僅か1尾(8%)と少なかった。

■**産卵回数**：マリアナ沖で得られたニホ

ンウナギ雌 6 尾とオオウナギ雌 1 尾の卵巣について、組織学的検討を加えたところ、卵黄形成中期の卵巣に排卵後濾胞が多数観察されたことから、ウナギは一産卵期に複数回産卵することが明らかになった。これは種苗生産において親魚の複数回採卵の可能性を示す。

■**卵巣遺伝子発現解析**：マリアナ沖で得られた産卵直後のニホンウナギ雌 3 尾と排卵卵を腹腔内に持つ 1 尾、および最終成熟期直前のオオウナギ雌 1 尾の卵巣について、次世代シーケンサー (NGS) を用いて天然成熟ウナギ卵巣 EST データベースのプラットフォームを WEB 上に完成させた (現在限定公表中)。また、人工魚の最終成熟を進行させる分子機構の解析を行い、良質卵作製に必須の過程である最終成熟能と排卵能はそれぞれ独立して獲得されることを明らかにした。さらに、最終成熟誘起ステロイド (ウナギでは DHP) 産生を直接制御する 20 β HSD 遺伝子のホモログをニホンウナギ EST から発見し、現在両種の 20 β HSD 候補遺伝子の機能解析を進めている。

(3) 発育過程

■**浸透圧調節機構**：鰓や腎臓が未発達なレプトにおける浸透圧調節機構を明らかにするため、様々な発育段階のレプトで体液浸透圧を測定したところ、体液浸透圧は成魚よりやや高いものの、350~500 ミリオスモルに保たれていることがわかった。この値は海水の浸透圧の半分以下で、レプト期のウナギにも既に浸透圧調節能が備わっていることが示された。Na⁺と結合すると蛍光を発するナトリウムグリーンを用いて塩類細胞の機能を調べたところ、レプト体表に多数分布する塩類細胞が、海水中で体内に過剰に入ってくる Na⁺を排出する現象を画像として初めて捉えることに成功した。

飼育水に蛍光物質を溶かすことでレプトの水飲み現象を調べた。レプトは盛んに環境水 (海水) を飲むが、飲み込まれた海水の蛍光強度は腸の後ろへ行くほど強くなった。これは、飲み込まれた海水が徐々に脱水され、その結果、蛍光色素が濃縮されて蛍光強度が増大したものと考えられる。蛍光強度の変化を測定することで水の吸収量を推定したところ、直腸に達するまでに飲み込まれた海水中的のおよそ 70%の水が吸収されることが明らかとなった。以上、レプト期のウナギは成魚とほぼ同様のメカニズムで体液浸透圧を調節していることが判明した。これらの知見は仔魚飼育の技術革新に用いられる。

5. 今後の計画

得られた天然生態情報を基に、水温、日長な

どの環境要因を制御して、親魚の非ホルモン自然催熟・産卵技術を確認する。また人工初期餌料を開発して、仔魚飼育システムを開発する。

6. これまでの発表論文等 (受賞等も含む)

Sudo R., Ijiri S., Aoyama J., Tsukamoto K. (他 2 名): 11-ketotestosterone synchronously induces oocyte development and silvering related change in the Japanese eel, *Anguilla japonica*, *Zoological Science*, 29, 254-259 (2012)

Ahn H., Yamada Y., Tsukamoto K. (他 4 名): Effect of water temperature on embryonic development and hatching time of the Japanese eel *Anguilla japonica*, *Aquaculture*, vol. 330-333, 100-105 (2012)

Tsukamoto K., Chow S., Otake T., Aoyama J., Ijiri S. (他 14 名): Oceanic spawning ecology of freshwater eels in the western North Pacific. *Nature Communications*, 2 February (2011)

Teranishi K. and Kaneko T.: Spatial, cellular and intracellular localization of Na⁺/K⁺-ATPase in the sterically-disposed renal tubules of Japanese eel. *Journal of Histochemistry & Cytochemistry*, 58,707-719 (2011)

Abe T., Ijiri S., Adachi S. and Yamauchi K.: Development of an in vitro culture system for producing eel larvae from immature ovarian follicles in Japanese eel *Anguilla japonica*, *Fisheries Science*, 76, 257-265 (2010) (平成 22 年度日本水産学会論文賞受賞論文)

塚本勝巳 :

平成 23 年 6 月 第 22 回太平洋学術会議
畑井メダル受賞「北太平洋における魚類の回遊に関する研究への貢献」

平成 24 年 3 月 日本学士院エジンバラ公賞
受賞「魚類の回遊現象に関する基礎研究—とくにウナギの回遊機構の発見」

ホームページ等
なし