

完全養殖への挑戦その 1 前人未踏の人工種苗生産技術の開発

メタデータ	言語: Japanese
	出版者:
	公開日: 2024-07-19
	キーワード (Ja):
	キーワード (En):
	作成者: 田中, 秀樹
	メールアドレス:
	所属:
URL	https://fra.repo.nii.ac.jp/records/2010335

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.



完全養殖への挑戦 その1

－前人未踏の人工種苗生産技術の開発－

田中秀樹（養殖研究所 生産技術部 繁殖研究グループ）

1. はじめに

今から6年前、水産総合研究センター第1回成果発表会で、私たちは「40年来の夢、30年間の奮闘－ウナギ人工種苗生産技術の開発－」と題して、世界で初めてウナギの稚魚¹を飼育下で作り出すことに成功した成果を発表しました（図1）。日本でウナギ人工種苗生産研究が始められてからおよそ40年、北海道大学で人工ふ化に成功してからおよそ30年にして、多くの先人たちの努力の成果を礎として幸運にも一つの節目に到達したのでした。その後も、関係者が総力を結集してウナギ人工種苗生産技術の向上を目指す研究が継続されています。その結果、親魚養成、成熟制御、仔魚²の餌や飼育方法などさまざまな技術が改良され、良質卵を安定して得ること、仔魚の奇形を低減すること、日齢100までの生残率を大幅に高めることなど多くの成果が得られました。そして、さらに次のステップとして完全養殖を実現させ、安定的大量生産につなげることが期待されています。

2. ウナギ～謎多き魚

ウナギは、世界の温帯から熱帯にかけて19種（3亜種を含む）が分布しています。それらの内、東アジアに分布するニホンウナギ（*Anguilla*



図1. 世界初の人工生産ウナギ稚魚

japonica)（標準和名はウナギですが本稿では他の種類と区別する必要がある場合はニホンウナギと呼びます）、ヨーロッパから北アフリカに分布するヨーロッパウナギ（*Anguilla anguilla*）、北米東岸に分布するアメリカウナギ（*Anguilla rostrata*）は比較的資源量が多く、特にニホンウナギとヨーロッパウナギは養殖も盛んに行われており、水産上重要種となっています。

これらのウナギは養殖条件下あるいは河川や湖沼、沿岸などでは、どんなに大きくなっても、どんなに年をとっても、決して自然に成熟・産卵することはなく、人類はウナギの受精卵やふ化仔魚を目にしたことがなかったので、その一生についてはほんの100年ほど前までほとんど分かっていませんでした。19世紀末にイタリアの研究者が、地中海で採集されるレプトセファ

¹ 稚魚とは仔魚（後述）が成長し外観的に親と同じになる段階を指す。

² 仔魚とはふ化後間もない段階の子どものことで親とは異なる姿をしていることが多い。

ルスと名付けられた透明な柳の葉のような形の奇妙な魚がその後成長、変態して、ヨーロッパウナギの稚魚になることを初めて発見しました。この発見をもとに、デンマークの海洋学者ヨハネス・シュミットは、より小さく、より若いレプトセファルスを追求めてゆけばウナギの産卵場にたどり着けるのではな

いかと考えて調査を繰り返し、北米大陸東方のサルガッソー海がヨーロッパウナギとアメリカウナギの産卵場であることを1922年に報告しました。この様にして、ヨーロッパウナギの一生については、断片的な情報からその概要が明らかにされました。

ちょうどそのころ日本では、初冬から早春にかけて沿岸や河口に来遊するシラスウナギと呼ばれる透明な稚魚を種苗として利用する、ウナギの養殖技術が開発されました。第二次世界大戦の後、電動揚水ポンプや池の水を攪拌する水車の導入、配合飼料の開発などによって、ウナギの養殖生産量は急激に増大しましたが、シラスウナギの漁獲量は減少傾向にあり、深刻な種苗不足に陥りました（図2）。そこで、サケのように人工ふ化によって稚魚を作りだすことが期待されましたが、その技術開発は容易ではありませんでした。ヨーロッパウナギの生活史が断片的に明らかにされていたといっても、成熟の進んだウナギや受精卵は当時全く見つかっておらず、飼育下でも成熟が進まないため、ウナギを人工的に成熟させて卵と精子を取り、人工授

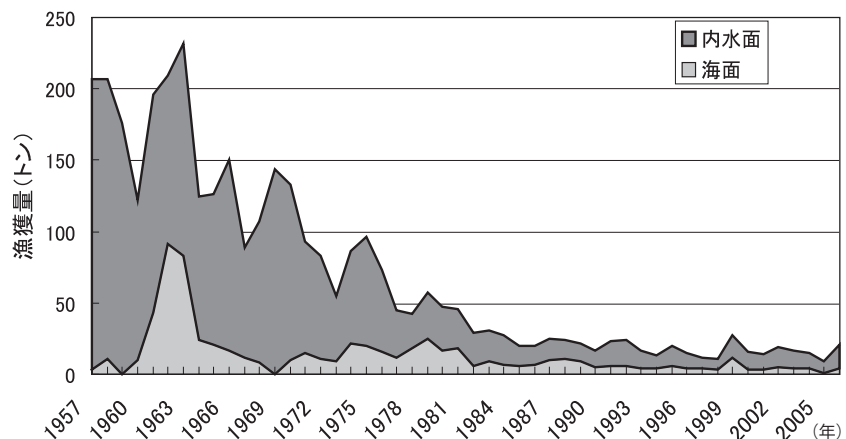


図2. 日本のシラスウナギ漁獲量（水産統計年報のデータより）

精によってふ化させることには世界中で誰も成功していなかったのです。

3. 生活史の解明と人工種苗生産研究の進歩

日本でウナギの人工ふ化の研究が始められた当時、ニホンウナギの生活史、特に外洋における初期生態や産卵回遊生態については全く明らかにされておらず、ヨーロッパウナギの研究レベルに大きな後れを取っていました。生活史の研究は、成熟生理の解明にも重要な情報をもたらすので、人工種苗生産の研究の推進にも密接な関わりがあるのです。1960年代からウナギの人為催熟の研究が始められた一方で、67年にはニホンウナギのレプトセファルス幼生が初めて捕獲されました。北海道大学で世界初の人工ふ化に成功した1973年には、白鳳丸の調査によって52個体ものレプトセファルス幼生が採集されています。大量の小型の幼生が白鳳丸によって採集され、産卵場がほぼ特定された1991年には、愛知県水産試験場で雌化養成親魚からふ化仔魚を得ることに成功し、以後、水産総合研究センターにおけるウナギ人工種苗生

3).

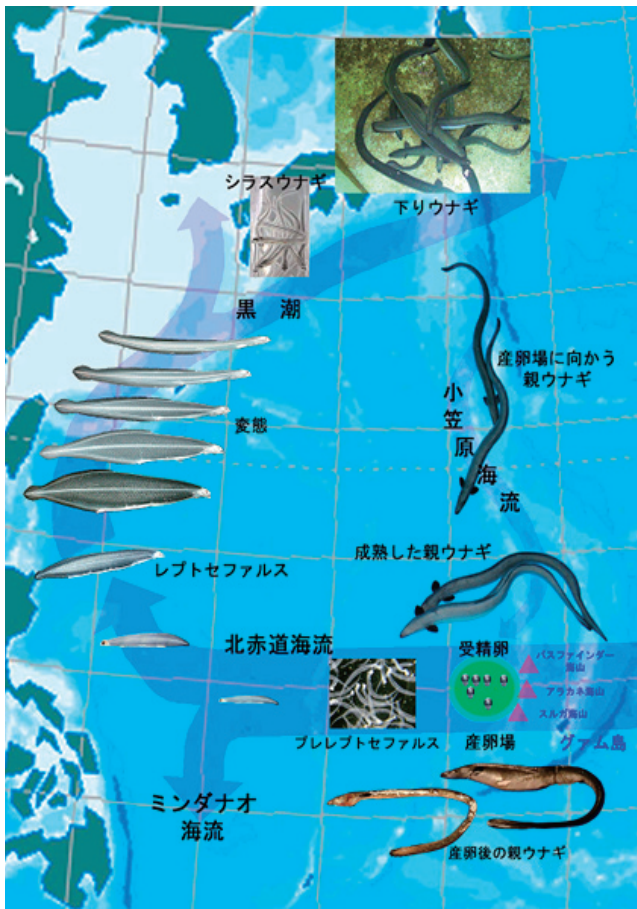


図3. ニホンウナギの生活史（推定）

4. 稚魚誕生までの技術開発

的に実施することが出来ませんでした。

でも利用可能な状態で用意しておくことが出来

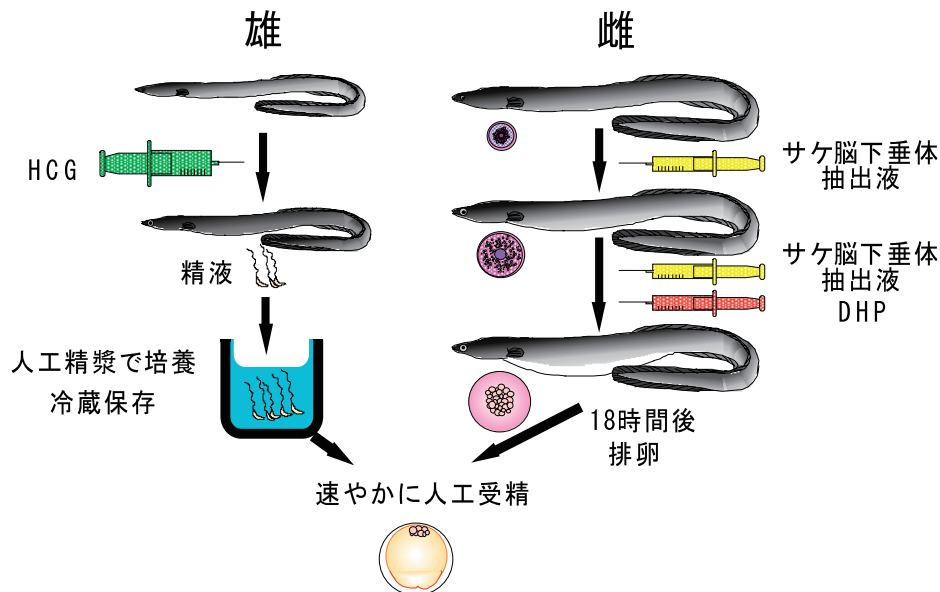


図4. ウナギの人工催熟法

るようになりました。その結果、従来に比べて仔魚が得られる機会が飛躍的に高まったことから、仔魚の餌の研究も計画的に実施できるようになりました（図4）。

仔魚飼育を成功させるには有効な餌の探索が最大の課題でしたが、養殖研究所や当時の日本栽培漁業協会（現 水産総合研究センター栽培漁業センター）には、さまざまな海産魚の仔魚飼育の経験と技術があり、多くの研究者、技術者の意見と協力によって、さまざまな餌を試すことが出来ました。その結果たどり着いた有効な餌の材料がサメの卵だったのです。その後シラスウナギまでの飼育成功には、民間企業との共同研究による飼料の改良も大きく貢献しました。

こうして2002年に飼育下でシラスウナギまで育てることに世界で初めて成功しましたが、親魚や卵・仔魚の質は依然として不安定で、仔

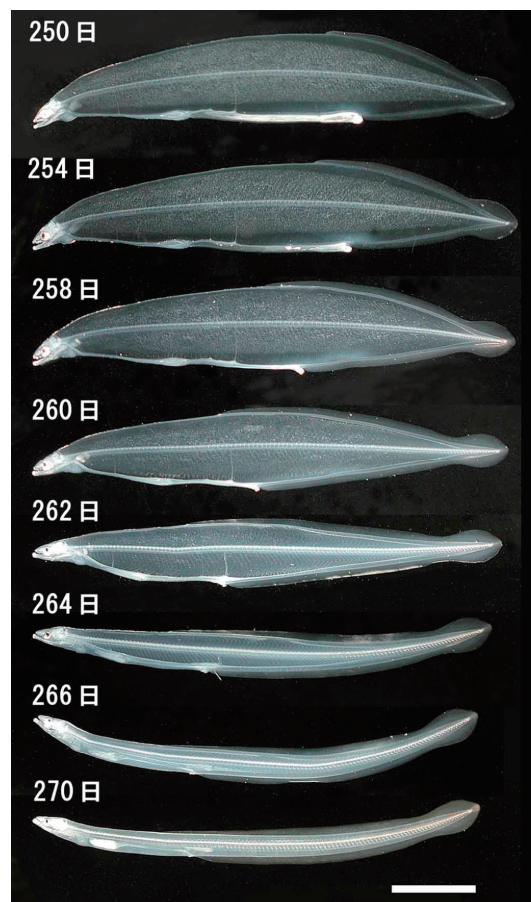


図5. 飼育下でのウナギの変態過程。バー：10mm.

魚には奇形が見られることが多く、成長速度は天然の半分程度にすぎない上に生残率は低く、目標とする安定的大量生産の実現には克服しなければいけない壁が数多く残されていました(図5)。

5. 稚魚誕生以降の進歩

2005年に始まった官学連携のプロジェクト³では、水産総合研究センターおよび大学関係者などわが国のウナギ研究に関わるほとんどの研究者が結集して、ふ化後100日目までの生残率を従来の10倍に引き上げることを目標に、親魚養成・催熟技術の向上、幼生の飼餌料開発および飼育環境の最適化などの課題に取り組んでいます。

水産総合研究センター養殖研究所のグループは、ふ化後8日目の生残率が80%以上である良質卵の成分分析から、ビタミンC含量が高く、ビタミンAやEが適量含まれていることが重要であることを明らかにし、親魚への経口投与や注射による投与でこれらの栄養素の卵への強化と卵質の改善が可能であることを明らかにしました。成熟誘起においては、従来は水温20℃で実施していたのを15℃に下げると、最終成熟誘起のタイミングを取りやすく良質卵が得られる確率が高くなることが分かりました。卵およびふ化仔魚の飼育環境に関しては、従来よりも高温(24-25℃)、高塩分(34-35‰)で最も奇形の発生が少なくなることが明らかになりました。この条件は、今年度、開洋丸の調査によって採

³ 農林水産技術会議委託プロジェクト研究「ウナギ及びイセエビの種苗生産技術の開発」2005～2008年度、「ウナギの種苗生産技術の開発」2009～2011年度

採卵日	受精率 (%)	ふ化率 (%)	給餌開始～日齢100までの生残率* (%)
2007/4/20	52.3	21.3	1.3±1.1
2007/5/4	85.5	62.7	7.0±1.1
2007/5/11	54.1	27.1	12.0±1.1
2007/9/14	77.1	12.7	5.0±5.2
2007/9/21	96.7	63.3	6.4±5.5
2007/10/5	86.8	68.6	3.2±3.4
2007/12/7	89.8	67.7	11.8±2.2
2007/12/28	84.5	45.6	17.3±5.2
2008/3/21	89.4	79.5	8.9±4.1
2008/3/21	76.1	39.8	18.3±4.6
2008/7/4	69.8	15.1	6.0±1.7
2008/7/18	70.9	34.2	17.0±6.3

*日齢7または8に5L水槽3個に各250尾前後を収容して、日齢100まで飼育した生残率の平均±標準偏差。

表. 給餌開始から日齢100までの生残率(2007年以降)。

集されたプレプトセファルスの生息環境と非常によく一致しています。

また、飼育水に卵白を10ppm程度添加することによって、仔魚が水面の表面張力によって空中に露出し、死亡するのを防ぎ、初期の生残率を高めることができることが示されました。これにより、初期飼育の安定度が飛躍的に向上しました。飼育水槽内に発生する微生物が飼育初期の死亡に関与しており、水槽内を清潔に保つことが生残率向上に重要であることも明らかになりました。

これらさまざまな成果を総合して飼育を行うと、プロジェクト開始前は0.2%程度だった給餌開始から日齢100までの生残率が、表のように大きく向上しました。現在は、さらにその先のシラスウナギまでの生残率向上を目標として、研究が続けられています。

6. 完全養殖に対する期待

飼育下で初めてシラスウナギの生産に成功してからおよそ7年が経過し、水産総合研究センターでは完全養殖を目指して人工生産ウナギを親魚にするために養成を続けています(図6)。人工種苗が養殖用種苗として実用化されるため

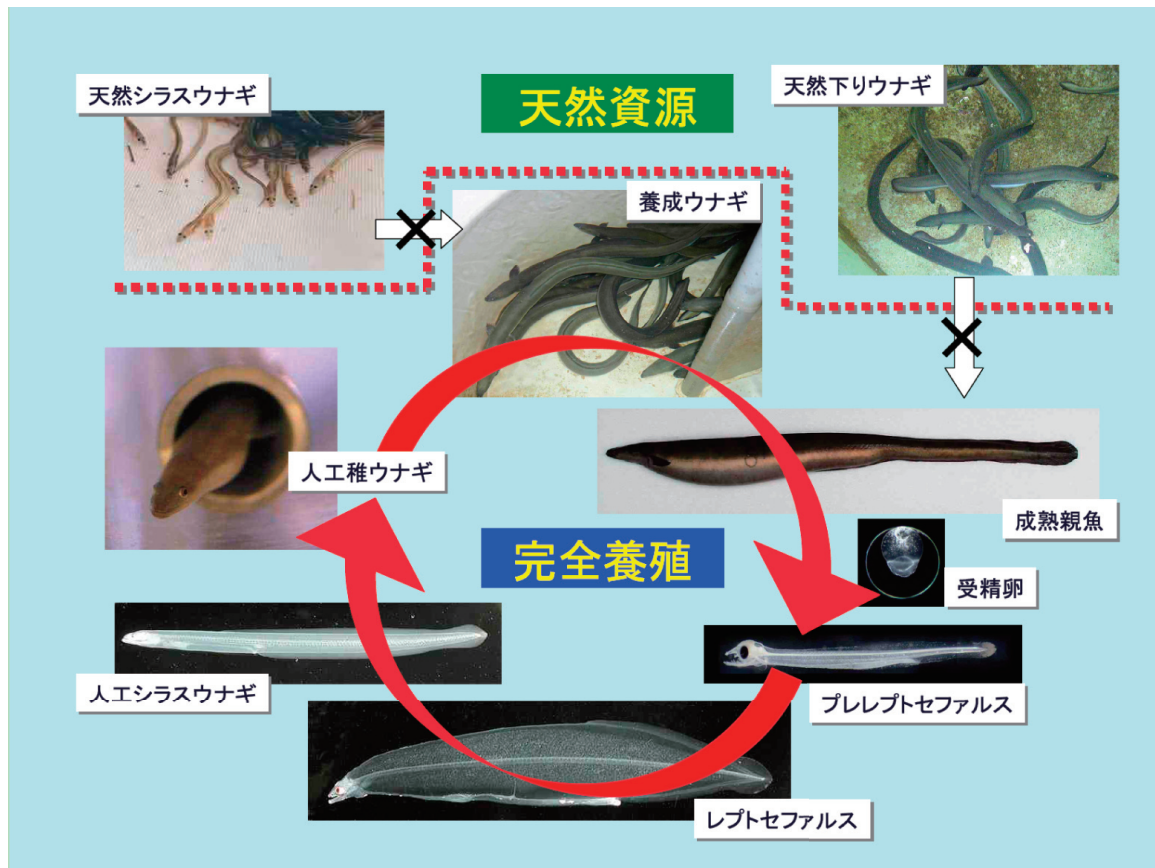


図6. 完全養殖が実現できれば、養殖用種苗としての天然シラスウナギ、成熟用親魚としての天然下リウナギが不要になり、天然資源への影響がなくなります。

には、大量生産のための餌と飼育方法の開発が不可欠であり、この課題に取り組んでいく必要があります。

人工種苗は季節を問わず生産が可能であるため、特に需要が大きい早期種苗の供給に寄与できる可能性もあります。さらに、完全にコントロールされた環境下でシラスウナギを生産する

ことによって病気や寄生虫の発生を根絶することや、人工生産ウナギの世代を重ねることによって成長や肉質の優れた系統を作り出すことも期待できます。天然種苗以上に安心・安全で高品質の人工種苗を安定供給し、将来的には、養殖用種苗を全て人工種苗でまかなうことができるようになれば、天然資源に依存しない、理想的な「ウナギの完全養殖」が実現することになるのです。