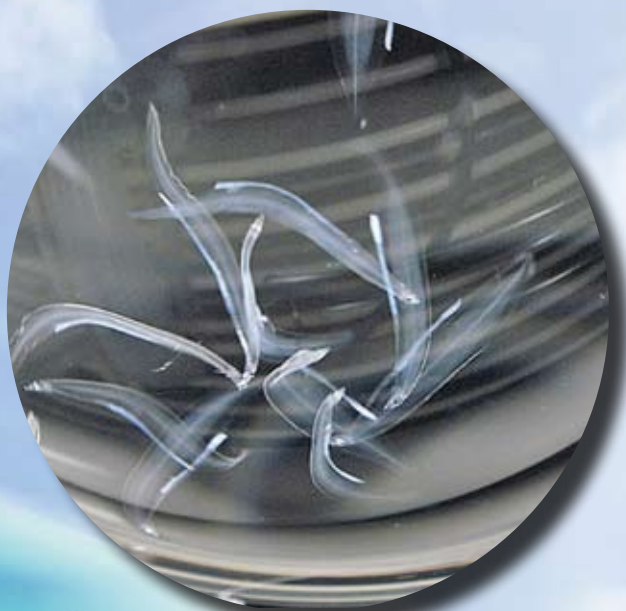


独立行政法人 水産総合研究センター

第8回 成果発表会

プログラム



世界初!! ウナギ完全養殖達成

ウナギ安定供給への第一歩。とどけ世界へ! 食卓へ!



平成 22 年 5 月 29 日 (土) 14:00 ~ 16:00 東京商工会議所 東商ホール

主催 独立行政法人水産総合研究センター

後援 水産庁



プログラム

-
1. 開会 14:00
 2. 理事長挨拶
 3. 成果発表
 - 1) ウナギの謎 ～産卵生態の解明にむけて南の海にウナギを追う！～ 14:05
中央水産研究所 黒木 洋明
 - 2) ウナギ完全養殖への道 14:30
養殖研究所 田中 秀樹
 - 休憩 14:55
 - 3) ウナギ完全養殖の技術的側面 15:10
志布志栽培漁業センター 今泉 均
 - 4) ウナギ種苗の量産化への展望 15:35
研究開発推進担当理事 井上 潔
 4. 質疑応答 15:50
 5. 閉会 16:00

これらの発表は、「農林水産省・農林水産技術会議プロジェクト研究」等によって得られた成果をとりまとめたものです。
プログラムの成果の引用・転載にあたっては、必ず当センターにご一報ください。



講演者プロフィール



黒木 洋明 (くろぎ ひろあき)

中央水産研究所 浅海増殖部 資源増殖研究室 主任研究員

大学生の時に先生に勧められて読んだ小説「赤道祭」は、ウナギの産卵場探しに魅せられた若者が、苦勞の末に親ウナギを捕まえたが遭難してしまう、という悲劇。まさか後年、自分がそのウナギ調査に関わることになるとは夢にも思いませんでしたが、とても夢のある仕事ができ感謝です。寿司ネタ（アナゴやシャコ）の資源生態が専門です。



田中 秀樹 (たなか ひでき)

養殖研究所 生産技術部 繁殖研究グループ長

養殖研究所一筋 28 年目、ウナギの研究を始めて 20 年近くになろうとしています。魚は育てるのも食べるのも大好きで、毎日魚の顔を見て過ごせる現在の仕事は天職だと思っています。ウナギに限らず、魚は天然ものが珍重される風潮がありますが、「養殖だから安心！養殖だからおいしい！」と言われる時代が来るのが、永年養殖研究に携わってきた私の夢です。



今泉 均 (いまいずみ ひとし)

志布志栽培漁業センター 主任技術開発員

日本栽培漁業協会時代、ヤリイカ、アカアマダイの親魚養成と種苗生産、シマアジ、ブリの早期採卵と親魚用餌料、及びクエの精子凍結保存技術の開発を行いました。組織統合で水産総合研究センターに採用された後、クロマグロの親魚養成と VNN（ウイルス性神経壊死症）の防除対策に取り組み、平成 19 年に志布志栽培漁業センターへ異動後、ウナギの 100 リットル水槽による仔魚飼育試験を行い、現在はウナギ親魚の養成及び催熟に専念しています。完全養殖の日を迎えることができ、ウナギ研究に携われた多くの方々に感謝です。



井上 潔 (いのうえ きよし)

研究開発推進担当 理事

増養殖に関わる研究開発に長年従事していました。平成 20 年より、水産総合研究センターで研究開発推進担当の理事をしております。この度のウナギの完全養殖の達成は関係者の悲願でした。これによって、天然資源に依存しないウナギ養殖の道が開かれ、天然ウナギの保護に役立つ大きな前進だと考えています。「鰻」という日本の食文化を守る重要な技術に進展することを期待しています。



ウナギの謎

～産卵生態の解明にむけて南の海にウナギを追う！～

中央水産研究所 黒木洋明

1. はじめに

ウナギは川や湖で生活する淡水魚として知られていますが、生まれる場所は海です。海で育ったウナギの子どもは、5 cm 程度まで成長するとシラスウナギになって川に上ってきます。現在のウナギ養殖では、このシラスウナギを育てているのですが、天然のシラスウナギは近年減ってきています。このため、人工ふ化で育てたシラスウナギの供給へ期待が高まっています。

人工種苗生産は技術的には可能となりました。しかし、良い卵の安定生産ができないなど、まだ多くの問題があります。例えば、産卵用の親ウナギをうまく育てるには、実際の生育環境を知ることが重要です。ところが、お手本となる天然の親ウナギの産卵生態はほとんどわかっていませんでした。海で泳いでいる成熟したウナギを誰も見たことがなかったのです。そこで、将来的なウナギの安定供給を目指して、私たちは未だに多くの謎につつまれている海洋でのウナギ成魚の生態調査に乗り出しました。

2. ウナギの産卵場

ウナギの産卵場探しは、より小さい子どもを追いかけることによって行われました。何十年にわたり様々な人たちにより調査が行われましたが、産卵場が特定されたのはつい最近のことです。2005年に東京大学のグループが、生まれてから数日のウナギをグアム島の近く（図1）で採集することに成功し、ウナギは日本から南へ2,500kmも離れた熱帯の外洋域で産卵する

ことがほぼ確実となりました。しかし、ウナギの産卵生態がこれで全て解明されたわけではありません。肝心の親ウナギが外洋で発見されたことは無かったのですから。

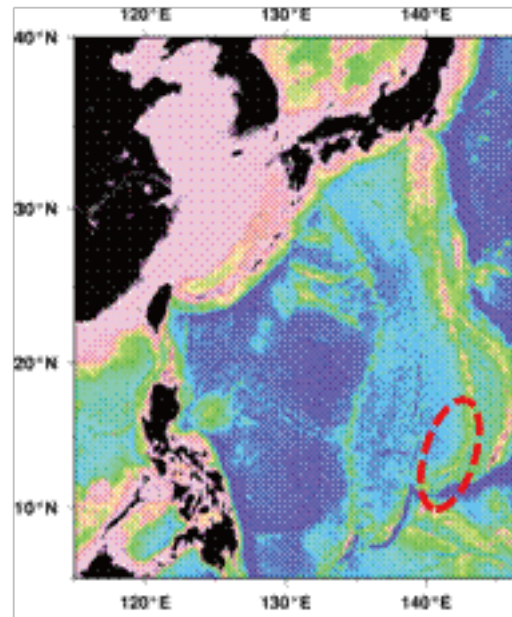


図1. ウナギの産卵場がある西マリアナ海嶺の位置（赤線で囲ったところ）。グアム島の西側にあたる。

3. 親ウナギの捕獲

2008年5月～2009年6月にかけて、水産庁の漁業調査船開洋丸と水産総合研究センターの漁業調査船北光丸（図2）は、日本から2,500km以上南のマリアナ諸島（グアム、サイパンなど）の西方、西マリアナ海嶺南部の海域に向かいました（図1）。親ウナギを捕獲する道具には、大きなトロール網を用意しました（図3）。調査を始めた時には、陸地の影も見えない外洋で本当にウナギが捕れるのか半信半疑でした



が、結果的には調査は大成功で、これまでにオス6尾、メス6尾の計12尾の捕獲に成功しました(図4)。

4. ウナギの産卵生態の解明にむけて

親ウナギが捕獲できたことで、これまでわからなかった生態が明らかになってきました。ウナギが網に入った深さは180~300mで、生息水温は13~23℃の範囲とわかりました。また、捕獲海域の水深は1,200~3,000mと深いことから、ウナギは海底にいるのではなく、中層を泳いでいることもわかりました。2009年6月に捕獲

したメス4匹の全ての卵巣には成熟途上の卵が多数残されており、うちの1匹は多くの成熟卵を持っていました。このことからウナギはサケのように1回の産卵で死んでしまうことはないこともわかりました。

しかし、まだまだ分からないことがたくさんあります。ウナギはどんなルートでマリアナ海域まで行くのか、そもそも産卵場はどうやって決まるのか、オスとメスは中層でどうやって出会うのか、などなどです。

これらの謎の解明を目指して、今年も調査を行うことにしています。



図2. 調査に使用した開洋丸(2,630トン)(左)と北光丸(910トン)(右)

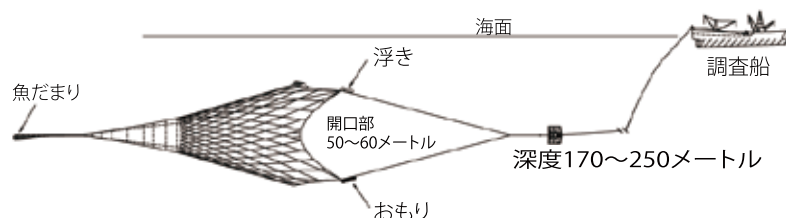


図3. 中層トロール網の模式図



図4. 2009年に世界で初めて外洋で捕獲したメスの親ウナギ



ウナギ完全養殖への道

養殖研究所 田中 秀樹

1. はじめに

今から7年前、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、世界で初めて人工ふ化したウナギの赤ちゃんを稚魚まで育てることに成功した成果を発表しました。そして、昨年秋の第7回成果発表会では「完全養殖への挑戦」と題してその後の取り組みについて紹介し、完全養殖の達成が目前に迫っていることをお話ししました。

それから約半年、永年の夢はついに実を結び、世界初の完全養殖ウナギが誕生しました。多くの先人たちの努力を礎として、水産総合研究センターは天然資源に依存しないウナギ養殖の技術を開発したのです。

2. 稚魚まで育てるのに要した40年

1960年代からウナギに卵を産ませる研究が始められ、1973年には北海道大学で世界初の人工ふ化に成功しましたが、その後20年以上にわたってふ化した赤ちゃんウナギを育てることは出来ませんでした。

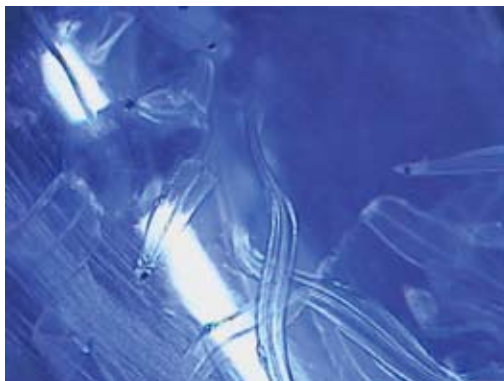


図1. 透明なウナギの赤ちゃんーレプトセファルス幼生

赤ちゃんウナギを育てるには有効な餌を見つけること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には、さまざまな海産魚の赤ちゃんを育てる経験と技術があり、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し、サメの卵をよく食べることを発見しました。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。ウナギの赤ちゃんはレプトセファルス幼生と呼ばれる柳の葉のような形をした透明で不思議な姿となり(図1)、2002年の春には5cm以上に育ったレプトセファルスがみるみる変身して、養殖に使われる透明なウナギの稚魚ーシラスウナギになりました(図2)。この世界初の快挙達成は、餌の開発だけでなく、親ウナギにより良い卵を産ませる研究や赤ちゃんを育てる最適環境を明らかにする研究など、多くの研究者の膨大な研究成果の賜物でした。

3. 完全養殖達成までの8年

シラスウナギを親ウナギに育てる養殖技術は既に確立されていますので、人工ふ化シラスウナギを親にして次の世代の赤ちゃんをふ化させる完全養殖の実現は時間の問題だと思われました。しかし、人工ふ化して育てたシラスウナギは同じ大きさのものが多数得られないので警戒しあってなかなか餌を食べてくれず、多数のシラスウナギを一緒に育てる養殖池のようにはすくすくと育ってくれませんでした。また、養殖環境ではウナギはほとんどオスになることが



図2. レプトセファルス幼生からシラスウナギへの変身

知られていましたが、人工ふ化したものも同じようにオスになってしまうことが分かり、卵を採るための母親候補にはシラスウナギの時期に特別な餌を食べさせてメスにすること

が必要でした。

それから数年を経て、水産総合研究センターの中で人工ふ化ウナギを育ててきた養殖研究所と志布志栽培漁業センターで、成熟させることが可能な段階まで雌雄のウナギが育っていることが昨年末に確認されたので（図3）、今年初めから完全養殖実現に向けた共同作戦が開始され、ついに3月



図3. 成熟可能な大きさに育った人工ふ化ウナギ末に完全養殖が実現したのです。

4. 完全養殖の意義と今後の展開

完全養殖の実現により、天然資源に依存しないウナギの養殖を可能としましたが（図4）、実際の養殖に役立つには、シラスウナギを大量生産する技術の開発が必要です。大量生産が可能となって養殖用のシラスウナギの一部を完全養殖ウナギでまかなうことが出来れば、天然のウナギ資源の保護に役立つと共に天然シラスウナギの捕獲に依存していた不安定な種苗供給を少しでも安定化することが出来ます。また、資源の減少が危惧されているウナギを世界一たくさん消費している日本は、ウナギを作り育てる技術の開発でも世界の最先端にあることを国際社会においてアピールできるで

しょう。さらに、完全養殖ウナギが飼育下で世代を重ねることによって、育てやすく、おいしく、安全・安心なブランドウナギが作り出され、「鰻」という日本の食文化が末永く守られることも期待されます。



図4. 完全養殖はこれまでの養殖と違って、養殖用種苗としての天然シラスウナギ、催熟用親魚としての天然下りウナギが不要になり、天然資源に影響を与えない。



ウナギ完全養殖の技術的側面

志布志栽培漁業センター 今泉 均

1. はじめに

志布志栽培漁業センターでは、2001年からウナギ仔魚の大量生産技術の開発に取り組んでいます。世界で初めてシラスウナギまでの飼育に成功した養殖研究所から飼育法を導入し、2004年に志布志栽培漁業センター初のシラスウナギが誕生しました。



図1. ウナギ産卵水槽
緑の水槽内で誘発産卵させ、右の青い採卵槽で卵を受ける。



図2. シラスウナギの飼育水槽
人工シラスウナギは共食いを避けるため、小型水槽でサイズを合わせて飼育を行う。

2. 良い卵の確保と次の世代の飼育

仔魚の飼育研究には、大量の健康なふ化仔魚が不可欠です。ウナギの採卵は人工授精が主流でしたが、志布志栽培漁業センターではメスとオスを同一水槽に入れて温度刺激(+2℃)を与えて自然産卵を促す「誘発産卵」を導入し、適切な成熟および誘発水温などの条件を整備してきました(図1)。その結果、大量かつ良質の受精卵が毎週得られるようになり、仔魚飼育の技術開発を強力に支えました。

ようやく人工シラスウナギが少しずつできるようになりましたが、人工のシラスウナギは一度にまとまった数が揃わず、さらに成長に個体差があり、共食いを防ぐためには多くの小型水槽に分けて飼育しなくてはなりません(図2)。また、シラスウナギは人工的に飼育した場合、ほとんどがオスになってしまうため、メスにするためには、初期の段階で餌に雌化ホルモンを添加して、約半年間食べさせ続けなければなりませんでした。以上のような種々の困難があり、親ウナギになるまで育てることができたのはほんのわずかの数でした。

3. ウナギ完全養殖の達成

天然のシラスウナギを親まで育てて受精卵を得、ふ化した仔魚を成魚まで育てることはすでに成功しています。しかし、この人工ウナギから受精卵を得た例はありませんでした。志布志栽培漁業センターでは、2009年12月、体重250g以上の人工ウナギ26尾の生殖腺を採取して、雌雄の個体の存在と成熟可能な卵巣卵を確認しまし



図3. 世界初の完全養殖ウナギふ化の瞬間（受精30～31時間後）



図4. ふ化6日後のウナギの仔魚

た。2010年1月から成熟させるためホルモンの反復投与を開始し、ホルモン投与から7週目にオスの排精を確認しました。メスは8週目の3月26日に排卵誘起に成功し、これらを用いた人工授精により世界で初めて人工ウナギから約25万粒の受精卵を得ることができました。4月2日にはふ化仔魚がエサを食べ始め、現在この仔魚はシラスウナギに向けて順調に成長しています（図3、4）。

4. 今後の大量生産へ向けた技術開発の展開方向

完全養殖ができたことによって、シラスウナギの安定供給や、味のよいウナギを作る品種改良への道が開かれました。しかし現在の飼育方法では1機関で生産できるシラスウナギは年間で数百尾が限界で、まだ産業的に成り立つとはいえません。シラス



図5. 規模拡大のヒントとなる100リットル水槽

ウナギの採捕量は近年著しく減っており、シラスウナギの大量生産技術の開発は急務となっています。志布志栽培漁業センターでは、初めて100リットル規模でのウナギ仔魚の飼育に成功したほか、飼育作業の自動化にも取り組んでいます（図5）。これらを足がかりに、さらに大型の水槽での飼育方法を開発し、シラスウナギを大量生産することを目指しています。



ウナギ種苗の量産化への展望

研究開発推進担当 理事 井上 潔

1. はじめに

現在、我が国で食用としているウナギの99%以上が養殖ウナギで、これら全てが天然の稚魚（シラスウナギ）を捕獲し養殖されています。我が国で生産されるウナギは2万トン程度で、使用されているシラスウナギの数は年間1億尾とも言われています（図1）。

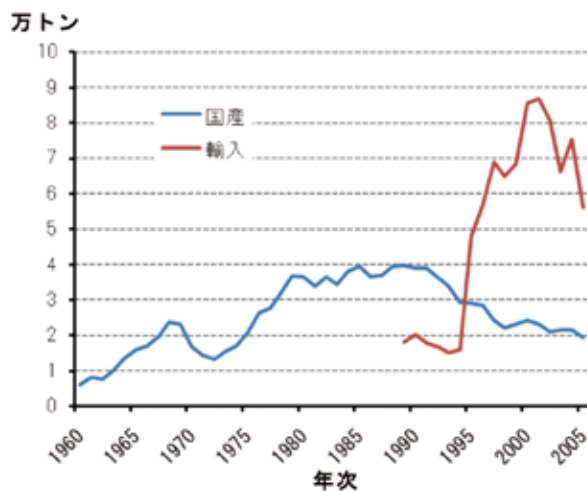


図1. ウナギの国内生産量と輸入量の推移
(漁業・養殖業生産統計年報、財務省貿易統計より)

近年は、シラスウナギの漁獲量が減りその価格の変動も大きくなり、ウナギ養殖業への影響が懸念されます（図2）。さらに2007年6月に開催されたワシントン条約(CITES)第14回締約国会議では、ヨーロッパウナギの輸出入が規制されることとなり、ヨーロッパウナギのシラスを輸入しているアジアで

もシラスウナギの争奪戦が加速している状況です。また我が国においては、2003年以降に数度にわたり、輸入養殖ウナギから使用が禁止されている薬剤が検出されたことが発覚し、食の安全・安心に対する期待から純国産の養殖ウナギを安定的に量産することが強く求められるようになりました。このような背景から、ウナギ養殖業界および消費者からも、安定したウナギの養殖生産を可能にするシラスウナギの人工生産技術に、非常に大きな期待が寄せられています。

2. ウナギ種苗の量産化に向けた課題

ウナギの人工生産に関する研究は、1960年代に開始され、そして2010年、その開始から50年目にして、我々は完全養殖の達成に辿り着くことが出来ました。この「完全養殖の成功」によって、ウナギ種苗の量産化に向けた第一歩を踏み出しました。しかしながら、ウナギ種苗の量産化には、良質卵の大量採卵技術の開発や、種苗の大量生産技術の開発などといった、越えなければならないハードルがあります。図3にウナギ種苗の量産化に向けたロードマップを示します。

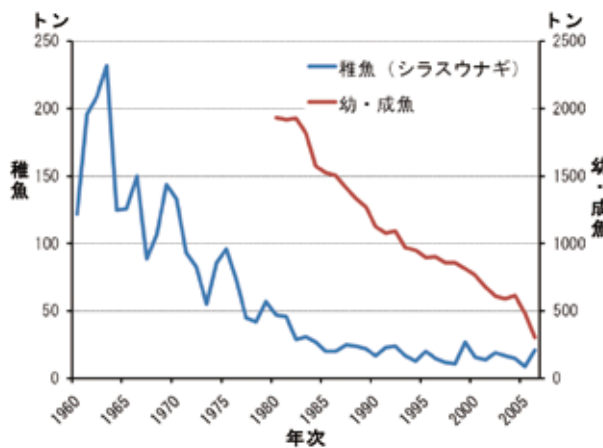


図2. 天然ウナギとシラスの漁獲量の推移
(漁業・養殖業生産統計年報)

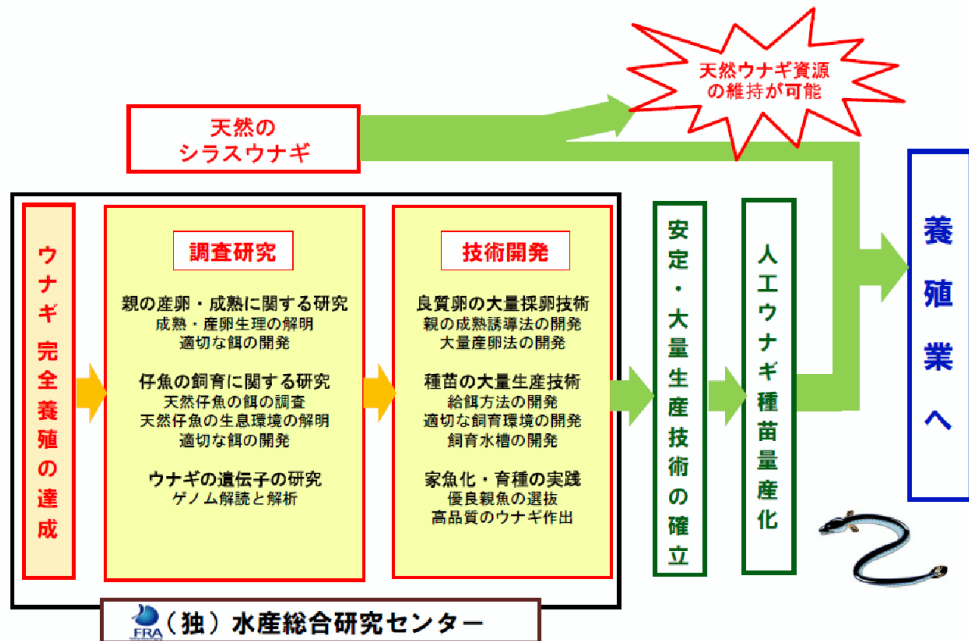


図3. 人工種苗によるウナギ養殖までのロードマップ

まずは、良質卵の大量採卵技術ですが、これを解決するために、ウナギの成熟・産卵生理や親の餌など親の産卵・成熟に関する研究が必要です。得られた研究成果を基に、親の成熟誘導法や大量採卵法など、実際に良質卵を大量に採卵する技術の開発を行っていきます。

また、種苗の大量生産技術については、産卵海域付近で採取した天然の仔稚魚の胃内容物の調査など天然仔稚魚の餌の調査を行い、この成果を基にし、仔稚魚の餌の改良や新しい餌を開発する研究が必要です。また、同様に調査によって明らかにした天然の仔稚魚の生息環境に関する情報も、最適な仔稚魚の飼育環境を明らかにするために重要です。これらの研究成果を基に、給餌方法、飼育環境のコントロール方法、飼育水槽の形状などを検討し、種苗の大量生産技術を開発していきます。

この他、ウナギの全ゲノム解読とその解析を進め、ウナギの遺伝子に関する研究を行うと共に、より成長が良く病気にも強い、さらに味も良い高品質の養殖ウナギを作るために、親魚の選抜など養殖ウナギの育種を実践していきます。以上の調査研究と技術開発を行う戦略によって、ウナギ種苗の安定・大量生産技術が確立できると考えています。

こと海産魚の種苗量産技術に関しては、水産総合研究センターの栽培漁業センターで、1960年代から研究開発が開始され、海産魚

の良質な卵を確保する研究開発や仔魚の餌の研究開発が行われ、1980年頃までにマダイやヒラメなど皆様に馴染みのある魚の種苗量産技術を完成させました。最近では飼育が困難と言われたハタ類やカンパチなどの種苗を量産することにも成功しており、これまでに、50種以上の魚介類の種苗生産技術を開発した実績を有しています。マダイやヒラメはふ化から種苗まで90%を超える生残率で種苗の生産が出来ますが、一方のウナギでは、今のところ生残率は0.01%以下と非常に低いのが現状です。種苗の安定・量産技術の確立には、多くの課題が残されていますが、水産総合研究センターが有するウナギの完全養殖を成功させた調査・研究力と、これまでに数々の海産魚の種苗生産技術を開発してきた技術力、いずれも世界に誇れるものであり、これらを結集し叡智を絞ることで、近い将来にウナギ種苗の大量生産が可能になると確信しています。

3. 最後に

現在、我が国で使用されているシラスウナギは年間1億尾とも言われています。このシラスウナギを少しでも人工のものに置き換え供給を安定させることで、天然ウナギの資源回復やウナギ価格の安定、良質で安全・安心な養殖ウナギの提供に貢献できるよう、水産総合研究センターは今後も研究開発を続けていく所存です。



お問い合わせ先：独立行政法人水産総合研究センター
〒220-6115 神奈川県横浜市西区みなとみらい2-3-3 クイーンズタワー B 棟 15 階
TEL.045-227-2621 ホームページ <http://www.fra.affrc.go.jp/>