



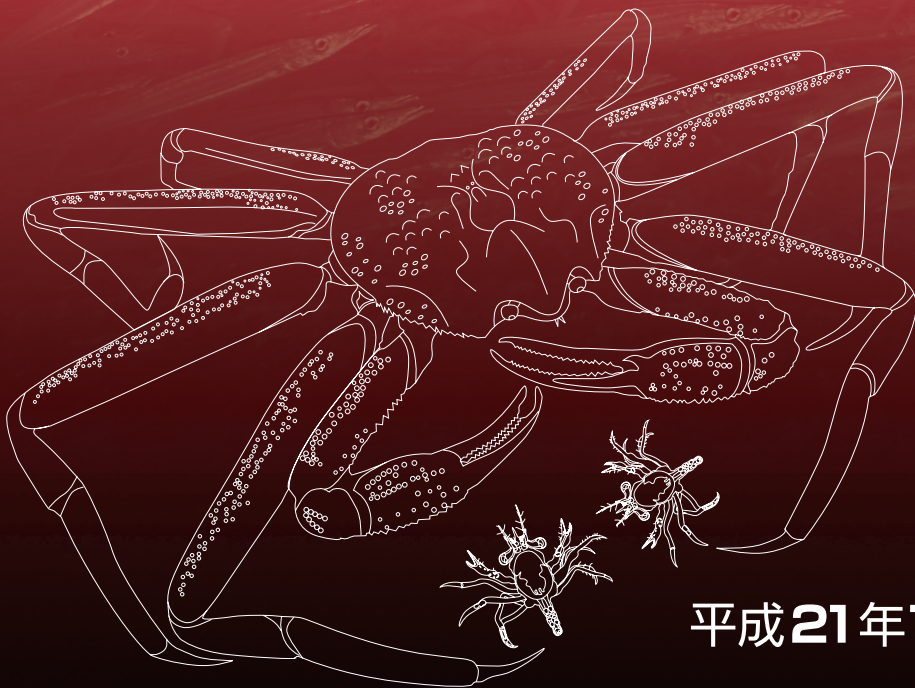
独立行政法人 水産総合研究センター

第7回 成果発表会

プログラム



探り、知り、 そして活かす水産研究



平成21年10月28日(水) 13:30~

九段会館 大ホール

千代田区九段南 1-6-5

招待講演者プロフィール



招待講演 水産研究への期待

朝日新聞社論説委員

辻 篤子 (つじ あつこ)

(プロフィール)

朝日新聞東京本社科学部、アエラ発行室、アメリカ総局などを経て、2004年9月から現職。科学技術担当

本年3月に水産総合研究センター養殖研究所を訪問し、ウナギの人工種苗生産などについて取材されました。そのとき、養殖研究所で生まれたウナギの幼生である透明なレプトセファルスと対面し、その姿に魅せられたとおっしゃいます。そしてこのレプトセファルスを育て、完全養殖に取り組む研究者たちと話をし、「生きものとじっくりつきあう、そんな研究を長い目で育てていきたい」と3月23日付の朝日新聞『「窓」論説委員室から』に書いていただいています。

今回は広い視点から水産研究についてご講演いただきます。



ニホンウナギのレプトセファルス
撮影：足立純一(水産総合研究センター)

講演者プロフィール



赤松 友成 (あかまつ ともなり)

水産工学研究所 生物音響技術研究チーム長

専門は水中生物音響学。魚の種類が判別できる超高精度ソナーや、海の生き物の声を記録してその数や動きを探る装置など、音で海を探る様々な機器を開発しています。また生体装着型コンピュータでの行動観察や、海中騒音の水産生物への影響評価、魚の聴覚生理などもテーマにしています。



養松 郁子 (ようしょう いくこ)

日本海区水産研究所 資源生態研究室主任研究員

大型甲殻類、とくに深海性の種について分布や繁殖生態を主に研究しています。暗くて単調な世界に思える深海の底で、日々繰り広げられている生き物たちのドラマの一端を発見した時の高揚感が、研究活動を続ける原動力です。



田中 秀樹 (たなか ひでき)

養殖研究所 繁殖研究グループ長

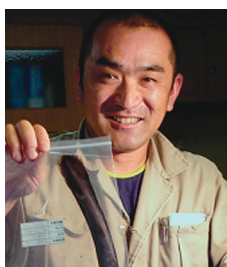
養殖研一筋 28 年目、ウナギの研究を始めて 20 年近くになろうとしています。魚は育てるのも食べるのも大好きで、毎日魚の顔を見て過ごせる現在の仕事は天職だと思っています。ウナギに限らず、魚は天然ものが珍重される風潮がありますが、「養殖だから安心！養殖だからおいしい！」と言われる時代が来ることが、永年養殖研究に携わってきた私の夢です。



橋本 博 (はしもと ひろし)

志布志栽培漁業センター 技術開発員

ウナギおよびカンパチの種苗生産技術開発に従事しています。ハタ類の技術をカンパチに活用し、今年度 14.6 万尾の種苗生産に成功しました。ウナギでも大量の種苗を作ることができるよう、日々魚を観察し、楽しみながら仕事をしています。



黒木 洋明 (くろぎ ひろあき)

中央水産研究所 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、苦労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（遭難はしませんけど）。でも夢のある仕事できて感謝です。寿司ネタ(アナゴやシャコ)の資源生態が専門です。

イルカからイワシまで音で見つける水産資源

赤松 友成（水産工学研究所 生物音響技術研究チーム）

1. 新しい海洋生物探査手法

アメダスで全国各地の降雨量が瞬時に見られるように、魚のいる場所や種類がわかったら、どんなに便利でしょう。これまでのところ、水産資源の分布は、船による漁獲調査と衛星などによる海表面水温情報などを組み合わせて予測されてきましたが、海の中を泳いでいる魚を直接見ることはできませんでした。海洋が宇宙と並ぶ最後のフロンティアと呼ばれるのは、人間が直接行くことが難しいというだけでなく、広域な遠隔観測ができないことが大きな理由です。

海中を見るなら音波を使うしかありません。たとえば遙か遠くに豆粒のように見える貨物船がいても、水中マイクロホン垂らせばゴロンゴロンというエンジン音が意外に間近に聞こえます。音波は、水中では空気中より吸収されにくく、光よりずっと遠くまで伝わるからです。よく知られているのは魚群探知機で、人間の耳には聞こえない超音波を発し、魚からのこだまを受信して、魚群の位置や量を測ります。ただ、これまでの技術では、こだまの大きさから魚の量はわかって、その種類を知ることができませんでした。

ところが最近、海洋生物の種類や行動がわかる音響技術が生まれつつあります。海の生き物の声を利用した長期自動観測システムや、魚の中身が見える超高精度なソナーなどです。これら対象判別機能を備えたロボット観測器を船舶に搭載することで、アメダスのように日本周辺

の水産資源の状況を時々刻々モニタすることが、にわかに現実味を帯びてきました。

2. 声でイルカを見つける

声を使った調査が実用段階に入っているのはイルカです。イルカはよく鳴きます。その声をたよりにイルカの数を知ることができるようになりました。イルカは魚群探知機と同じような仕組みで、超音波を使って水中を探る能力もっています。超音波のような高い音は、魚にあたるとよくこだまが跳ね返ってくるからです。最近の研究で、イルカがこの超音波を頻繁に発していることがわかってきました（図1）。見通しの効かない水の中では、音でしばしば辺りを探る必要があるのでしょうか。そこで私たちが考えたのは、イルカが見えなくてもこの声を受信すれば、いるかいないかわかるのではないかということでした。



図1 録音装置を吸盤でとりつけたイルカ（スナメリ）
こうした調査により、イルカが頻繁にソナー音を発し
あたりを探っていることがわかりました。

中国の揚子江にすむイルカの国際共同調査が行われることになり、水産総合研究センターは、イルカの声を受信する音響機材を積み込みました。この装置はマイクロホンが2つあります。人間が2つの耳で音の方向がわかるのと同じように、鳴いているイルカの方角を測ることができます。すると鳴いているイルカの方角が別々にわかるので、音響調査では難しいとされてきた個体数を知ることができるようになりました。この調査では、音だけで200頭ほどのイルカを確認できました。いまでは専用の調査船を用意するのではなく、貨物船に録音装置を取り付けています。いわばイルカの自動調査ロボットです。武漢市にはビールの工場があります。できあがったビールを満載した貨物船が、月に2回ほど上海までの1,100kmを往復します。船主の快諾を得てはじまったこのプロジェクトでは、毎回百頭近いスナメリを確認しています(図2)。乗船するのは中国の学生2人だけで、装置を上げ下げしたり電池交換するだけです。調査は基本的には機械に任せます。千キロ以上の水域のイルカの調査を4日間で完了できる音響調査はとても強力といえます。



図2 揚子江でのイルカの発見位置(図中左■)
この図では90頭のスナメリが発見されました。

この観測を続けていけば、スナメリが減っている地域がわかるでしょう。武漢や南京といった大きな都市でスナメリの行き来が遮断されてしまうと、とくに上流側に取り残されたスナメリで近親交配がすすみ、絶滅してしまう可能性があります。大都市の護岸を自然な状態にもどし、イルカが自由に往来できて漁業もずっとやっていたいけるようになるのは、まだ先のことでしょうか。日本の水産研究が蓄えてきた知識や技術が中国に応用できることは多いと感じます。

3. こだまで魚を区別する

イルカが超音波のソナーを持っているという話をしましたが、その能力は素晴らしいものです。たとえばほんの0.3mmしか厚みが違う円筒形の物体を、音だけで見分けることができます。手で触っても絶対にわかりません。これはアメリカ海軍が行った実験で明らかになりました。イルカは訓練すれば人間に区別できたかどうかを報告することができるので、こんなことがわかったのです。そればかりか、材質や形までわかることが示されました(図3)。

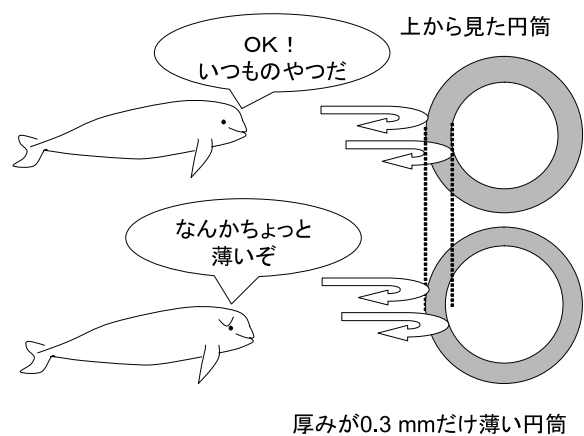


図3 イルカの弁別能力
イルカは0.3mmの厚みの差も、超音波のこだまで聞き分けることができます。

この能力を人間が利用できれば、どんなに素晴らしいでしょう。魚の量だけでなく、種類や脂の乗り具合までわかるのですから。イルカのソナーの秘密は、その短い音波にあります。2万分の1秒というとても短い時間しか続かないので、海の中でも音の長さは8cmくらいしかありません。ということはとても近い2尾の魚からのこだまを簡単に区別できるということです。原理がわかっているにもかかわらず、そんな短い音をしかも高出力で出す装置がこれまでありませんでした。ところが近年、民間の会社がこうした能力をもつイルカ型の送受信器を開発しました。水産総合研究センターではこの装置を用いて、館山湾のカタクチイワシの群れを見ることに成功しました（図4、図5）。

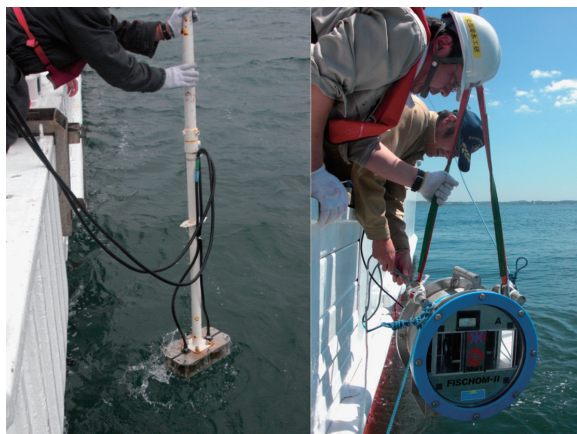


図4 館山湾で調査船たか丸より沈められるイルカ型送受信器(左) 魚の種類を確認するための水中ステレオカメラ(右)

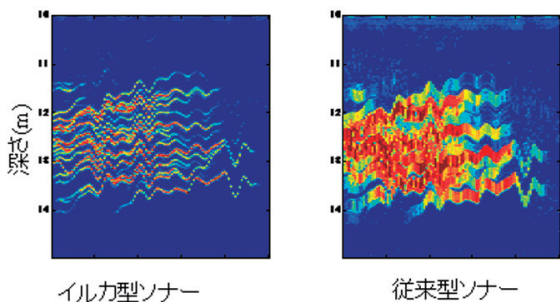


図5 イルカ型ソナー(左)と従来型のソナー(右)の比較 同じカタクチイワシの群れですが、イルカ型ソナーでは一尾一尾が分離してきれいに見えるのに対し、従来型ソナーでは群れになると細かいところが見えません。

イルカ型ソナーではカタクチイワシが一尾一尾確認できるのに対し、従来型ソナーでは個々のイワシの映像がつぶれてしまっています。これはイルカ型ソナーが約8cmの精度で海中を見られるのに対し、従来型では50cm程度になってしまうからです。従来型ソナーがアナログの白黒テレビとするならば、イルカ型ソナーはいわばカラーのハイビジョンテレビと言えるでしょう。

カラーになったというのは比喩ではありません。イルカ型ソナーのもうひとつの特徴は、こだまの音色の区別ができるということです。つまりイルカのように、ものの厚みを知ることができます。同じアジにイルカ型の音波をあてると、背中側からではこだまが短いのに、斜め前方向からではこだまが長くなりました（図6）。これは見かけ上の奥行きが魚の角度によってかわるためです。つまりこだまの音色が違います。従来型ソナーでは、魚の高さを知るのとはとても難しいと言われてきました。それは使っている音があるひとつの振動数しかなく、こだまの音色もピーという口笛のような音しかはねかえってこないからです。こだまの大きさつまり魚の量を知るには従来型のソナーは役立ちます

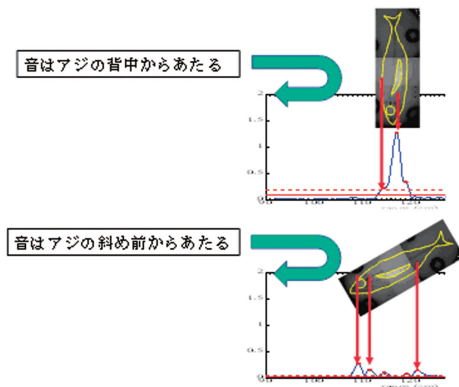


図6 音の入射角度によるこだまの構造の違い 同じアジでも音が当たる方向によって厚みが違います。イルカ型ソナーのこだまにはその違いがあらわれていました。

が、こだまの音色つまり魚の太り具合とか種類の違いを知るには、イルカ型ソナーのほうが圧倒的に有利です。

4. 海のアメダス

これらのシステムを組み合わせることで、高い解像度をもち、広域リアルタイムで、相手が積極的に音を出さなくても海洋のいろいろな資源を見つけられる夢のようなシステムをつくることができると考えています。

これまでに紹介した海の中の生物を自動的に見分ける装置を航行する船にとりつけるといった構想です（図7）。

船は海上をくまなく走り回ります。漁船は魚のいるところを主に走りますし、定期航路の貨物船や客船は、同じ場所を決まった時刻に行ったり来たりします。いずれも理想的な観測プラットフォームです。得られた水産資源の情報は小型ハードディスクに記録して、港に入ったときに無線LANで飛ばせば、自動海中探査ネットワークができあがります。さらにハンディGPSを付けて、船位の軌跡も送信すれば、いつどのどの深さにながいたのかがわかるでしょう。これらを構成する要素技術には、とくに大きなハードルはなさそうです。なんとなれば、魚群探知機にあらかじめこうした記録と転送機能をつけておけば、最新鋭水産資源調査船を仕立てることができます。あとは港にインターネットの接続ポイントを設置すればよいのです。集められた海中からの反射音データと位置情報をあわせれば、まるでアメダスのように、日本の周辺の海の中にいまどんなものがどのように分布しているのかがわかるはずです。

電波を通さない良導体の海表面の薄皮をひっ

pegし、海の底まで海洋資源を見られるシステムがこんなにも簡単にできたら素晴らしいです。しかも日本の周辺にはそれこそ無数の船舶が航行しています。これらの船舶の一部でも海中センサーのプラットフォームとなれば、海中資源探査にまったく新しい時代が来るでしょう。まるで衛星画像から雲の動きを見るように、クリックすれば日本の周辺の水産資源の三次元分布が日に日に更新されていくのです。

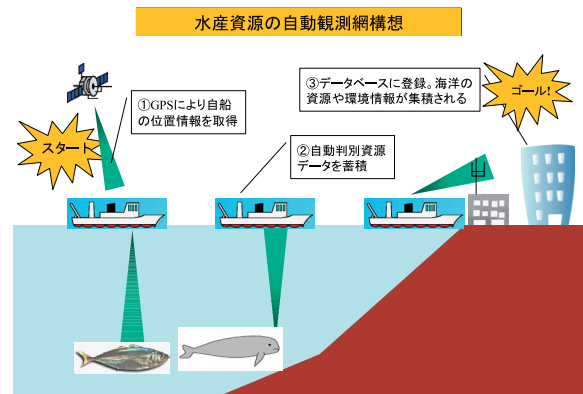


図7 水産資源の自動観測網構想
海の生き物を自動判別できる目ができれば、これをネットワーク化することで、水産資源を自動観測するシステムが安価にできます。

ベニズワイの生活史と漁場水深の関係から 持続的な利用を探る

－水深 2000m からの大移動－

養松 郁子（日本海区水産研究所 日本海漁業資源部 資源生態研究室）

1. はじめに

ベニズワイ（図1）は、日本海の冬の味覚として有名なズワイガニ（越前ガニ、松葉ガニ）と同じ仲間（クモガニ科ズワイガニ属）のカニで、ズワイガニ類の中では唯一、日本周辺の海域にだけ生息しているカニです。日本周辺のとりわけ日本海の水深 1000m より深い海底が分布の中心です。そのような深海性のカニでありながら、その資源の豊富さから、1940年代から継続して漁業が行なわれています。

日本海のベニズワイ漁業はかご網（図2）を使って行なわれます。このかごの内側に餌を吊るして深海底に沈め、数日後に引き上げてかご内に入ったカニを漁獲します。かご側面の網目サイズを一定以上の大きさに規制することで、雄よりも小さいサイズで親になり成長が止まっ

てしまう雌ガニや小型の雄ガニを逃がし、大型の雄ガニだけを漁獲できることから、資源保護の点からも非常に有効な漁法です。この漁法は、カナダのズワイガニ漁業でも取り入れられています。

2. ベニズワイの漁場水深

現在、日本海におけるベニズワイ漁業は、京都府を除く北海道から島根県までの全道県で行なわれています。ベニズワイは日本海の水深 2700m まで分布することが知られていますが、漁場として実際に利用されているのは水深 1500m くらいまでです（図3）。これは、水深が深い漁場で操業することによって燃油や漁具のコストが高くなるためです。

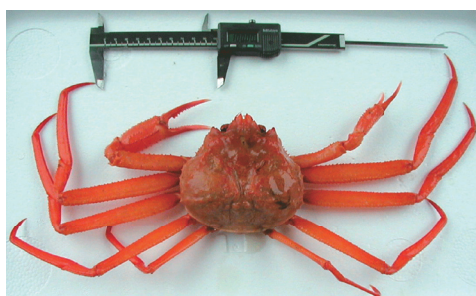


図1 漁獲サイズのベニズワイ雄



図2 ベニズワイ漁業で使われるかご網

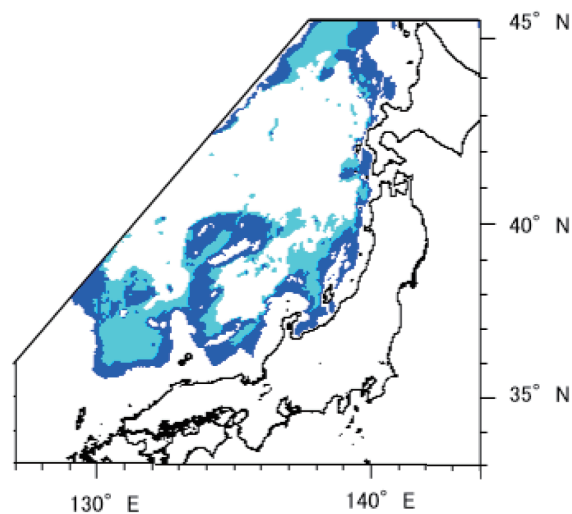


図3 日本海のベニズワイ分布域（青+水色）と利用されている漁場（青）

3. 調査船調査の必要性と深海用桁網の開発

このようにベニズワイの分布域のうち、漁場として利用されるのは一部だけで、しかも、大型の雄ガニしか漁獲されないことから、漁業からの情報だけでは、水深 1500m よりも深い深海底で利用されていないベニズワイ資源がどれくらいあるのか、また、漁獲されない小型のカニや雌ガニはどこにどれだけ分布しているのか、という情報は、まったく得られないのです。

そこで、ベニズワイの一生を明らかにし、生活史の特徴を考慮して資源の有効な利用と資源の保護をはかるために、調査船による調査が必要とされています。

ベニズワイの一生を知るには、稚ガニから親ガニまでのいろいろな成長段階の個体を分布域全体から広く採集して、成長、分布、移動、繁殖などの生態を明らかにしなくてはなりません。しかし、かご網では限られた個体しか採集できないため、いろいろな成長段階のベニズワイを採集できる底びき網による採集調査が望まれてきました。しかし、水深 1000m を超えるような深海での底びき網は技術的に難しく、これまでほとんど実施されていませんでした。

以上のような問題を解決するため、兵庫県立香住高等学校の実習船「但州丸」と共同で深海用桁(けた)網(図4)という網口を広く開くための枠を用いる漁具を開発し、深海での底びき網による採集調査に取り組んできました。この桁網は甲幅(甲羅の最大幅)7mm程度の稚ガニから漁獲対象となる90mm以上の個体まで、幅広く採集できるのに加え、かご網には入らない、脱皮直前直後のカニも採集することができます。さらに、水深2300m程度までの海底で曳くことができるため、ベニズワイの分布

する水深帯のかかなりの部分をカバーする調査が可能となりました。

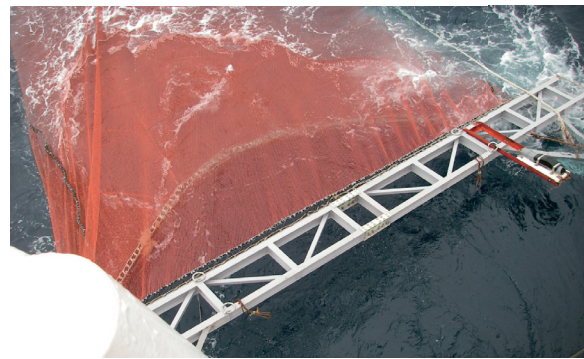


図4 但州丸の全容(上)と深海桁網(中)、桁網引き上げ時(下)の写真

4. 成長と成熟に伴う水深移動

深海桁網を使った底びき調査の成功で、これまでまったく知られていなかったベニズワイの生態が明らかになってきました。その一例として、ここでは北海道南西沖での結果を紹介し（図5）。

卵から孵化したベニズワイの幼生は数ヶ月間浮遊生活を送った後、海底に降りて変態して稚ガニとなり、その後は海底で生活するようになりますが、その幼生が着底する水深はこれまでまったく不明でした。本海域で得られた最も小さい稚ガニは甲幅 8mm 程度で、着底サイズの 3 mm よりはやや大きいものの、雌雄ともに水深 1000m 付近に集中して見られたことから、この水深が着底水深であることが示唆されました。また、着底した稚ガニは成長しながら次第に水深の深い方へ移動していることも示されました。

そして、水深 1800 ~ 2100m の海底には雌雄ともに甲幅 40 ~ 60mm の未熟なカニが高密度に分布していました。このうち雄ガニは、水深の浅い方へ移動しながら、さらに成長を続けることが明らかになりました。

一方、雌ガニの場合は、水深 1800 ~ 2100m には 40mm 以上の未熟な個体と同様、成熟脱皮をして親ガニと同じ形になったものの、まだ卵を産んでいない（抱卵していない）雌も多く見られました。このことから、雌はこの水深帯で成熟脱皮を行うことがわかります。また、雌は成熟すると成長（脱皮）しないため、サイズは変わらないものの、浅い水深の成熟雌はほとんどが卵を産んで抱卵している状態であることから、水深 1800m 付近よりも深い水深で成熟した雌は次第に浅い方へ移動して、卵を抱くよう

になることが示唆されます。この結果は図6のようにまとめることができます。

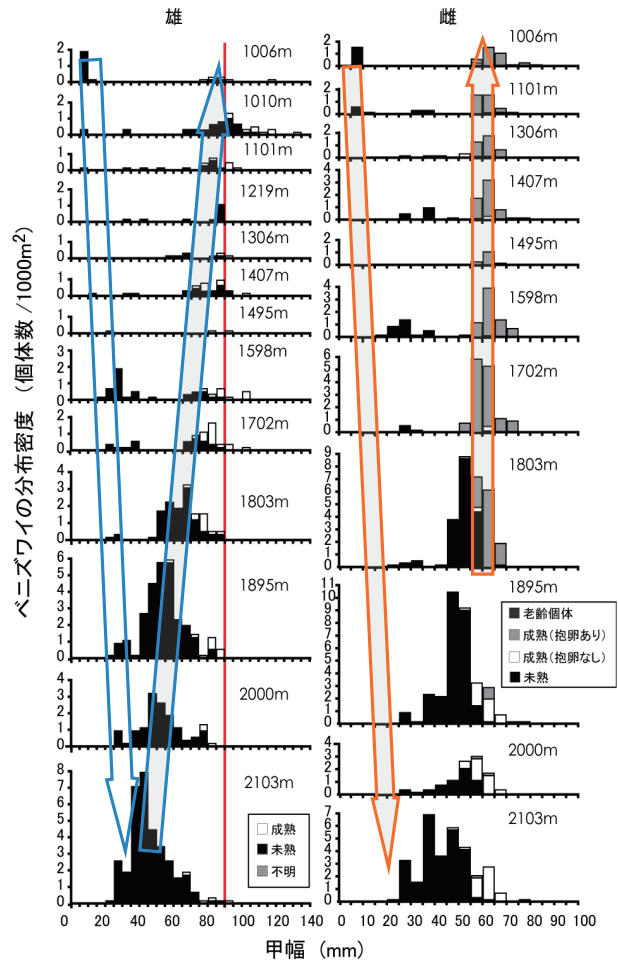


図5 北海道南西海域におけるベニズワイの水深別甲幅組成が雄、右が雌。赤の実線は雄の漁獲規制サイズ (90mm)を示す。各グラフの右上に調査地点の水深を示し、上ほど水深の浅い調査点で、下に行くほど水深の深い調査点での結果である。水深別の甲幅を追跡すると、矢印で示したような成長（水平方向：右向き）をしながら浅深移動（垂直方向：上下）していることが示唆される。

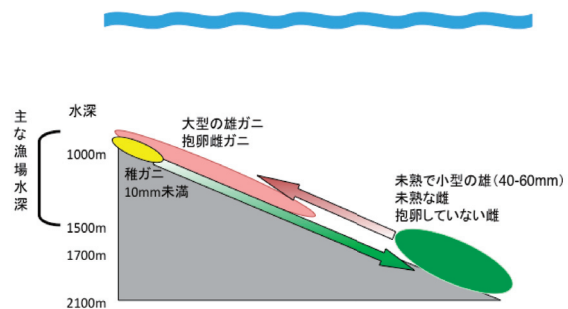


図6 ベニズワイの浅深移動パターンの様式図

5. どうしてベニズワイは水深 2000m 付近まで移動するのか？

では、なぜベニズワイは一生をかけて水深 1000m 付近から 2000m を超える深海を往復しているのでしょうか？その理由については、まだ明白な答えはでていませんが、まず考えられるのは、水深による餌生物の量の違いです。採集されたベニズワイの胃の中を調べたところ（図 7）、水深 1000m 前後では、イカ類などが多く見つかっていますが、水深 2000m 付近のベニズワイは胃が空のものの割合が高い上、たまに見つかる胃が充満している個体は、ベニズワイを食べていました（共食い）。ズワイガニ類では、共食いは珍しいことではありませんが、一般的に、他の餌が十分にあれば共食いは起こりにくく、と言われていました。したがって、水深 2000m 付近は非常に餌が乏しい環境である、ということが言えそうです。

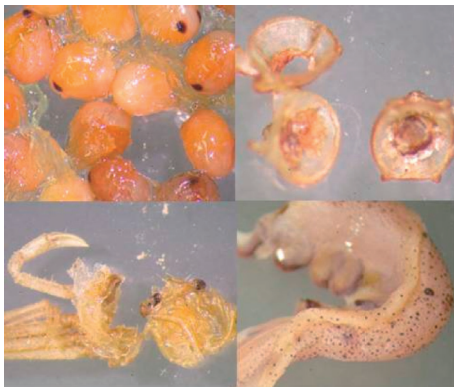


図7 採集したベニズワイの胃の中に見られた餌生物の例
左上：トゲザコエビの産卵卵、右上：魚（種不明）の骨の一部、
左下：ベニズワイの稚ガニ、右下：ホタルイカモドキの一部

そして、共食いする、ということは、裏を返せば共食いされる危険がある、ということです。日本海の水深 1000 m を超える深海には、稚ガニ期を過ぎたサイズのベニズワイを食うことができるような大型の魚は存在しません。したがっ

て、ベニズワイの最大の天敵は、自分より大型で強いベニズワイである、ということが言えそうです。

まず、餌の量が多い場所を大型の個体が占拠し、より弱い立場の小型の個体は大型の個体に食われることを避けて深い方へ移動するのではないのでしょうか。そして共食いの危険性が少ないサイズまで成長した時点で、餌の豊富な水深の浅い海域へ移動を始めるといった、種内の力関係が作用してるのではないかと考えています。

6. ベニズワイ資源はどのように管理されるべきか

ベニズワイ漁業では水深 1500m より浅い海域を漁場として利用していますが、その漁場は、まさにベニズワイの交尾・産卵が盛んに行なわれている場所であり、漁場にいるベニズワイは、水深 2000m 付近の深海からやってくるものが明らかになりました。

これらの結果から、ベニズワイ資源の管理方法が見えてきます。まず、毎年水深 2000m 付近に分布する小型ベニズワイの量を把握することによって、近い将来、漁場に入って来る資源量を予測できるようになるでしょう。また、ベニズワイの雌は全面的に禁漁ですが、漁場にいる雄ガニを漁業で取り尽くしてしまえば、雌の繁殖に支障がでて将来の子どもの量が少なくなる可能性があります。雌が十分産卵できるだけの雄ガニを漁場に残せるような漁業のあり方を考えて行く必要があります。

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す。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いかけてゆけばウナギの産卵場にたどり着けるのではな

いかと考へて調査を繰り返し、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しても、成熟の進んだウナギや受精卵は当時全く見つからず、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

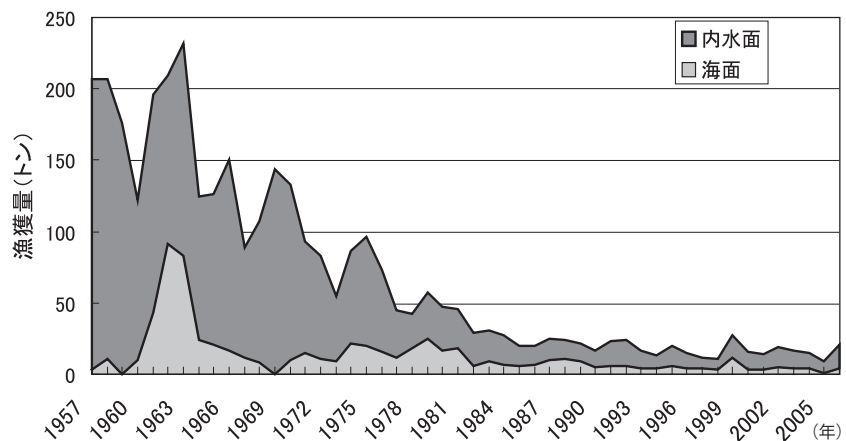


図2. 日本のシラスウナギ漁獲量 (水産統計年報のデータより)

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

産技術の急速な進歩へとつながりました。人為催熟、人工ふ化・飼育によって得られる知見が、天然の仔魚の生息環境、親魚の遊泳水深を知る手がかりとなり、2005年のプレプトセファルス幼生採集成功や2008、2009年の親魚捕獲成功へとつながりました。一方、天然の幼生の捕獲によって、人工ふ化仔魚飼育の目標が定まり、実際の捕獲水域の環境データを参考にして飼育環境条件の修正がなされました。このように、2つの研究は互いに重要な情報を提供しあいながら、急速な進歩を遂げ、今世紀初めの飼育下でのウナギ稚魚の誕生と今日の海洋での生活史のほぼ完全解明へとつながったのです（図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

1990年代初めに養殖研究所がウナギ人工種苗生産技術開発に本格的な取り組みを始める以前は、人工ふ化は出来たものの、親魚として天然下りウナギを使っていたために確保できる実験魚の数と季節が限られていた上に、成熟誘起に成功する確率が低く、良質卵が得られることは極めてまれでした。また、まれに卵が得られても、雄の成熟がうまくいかず、活性の高い精子が用意できないために受精できなかったという残念なケースもありました。さらに、千載一遇の好条件が重なってふ化仔魚が得られても、仔魚の餌の見当がつかないうえに仔魚が得られる機会が極めて偶発的であったためにさまざまな餌を準備することが出来ず、飼育実験を計画的に実施することが出来ませんでした。

養殖研究所では、親魚として愛知県水産試験場で開発された雌化した養殖魚を用いることによって、周年にわたって豊富な実験魚を利用できるようになりました。従来の成熟誘起法では、良質卵を排卵させる成功率が低いという問題がありました。その原因はサケの脳下垂体抽出液の注射によって卵黄形成を促進した後、最終成熟・排卵を促進するステロイドホルモン (DHP) を投与する適正なタイミングがつかめていなかったことであることを突き止めました。そして卵巣中の卵を一部取りだして顕微鏡観察することによって、適正なタイミングを判定する技術を開発しました。雄の精子については、事前に採取して活性を確認した上、希釈して冷蔵保存することによって、卵が採れたときにはいつでも利用可能な状態で用意しておくことが出来

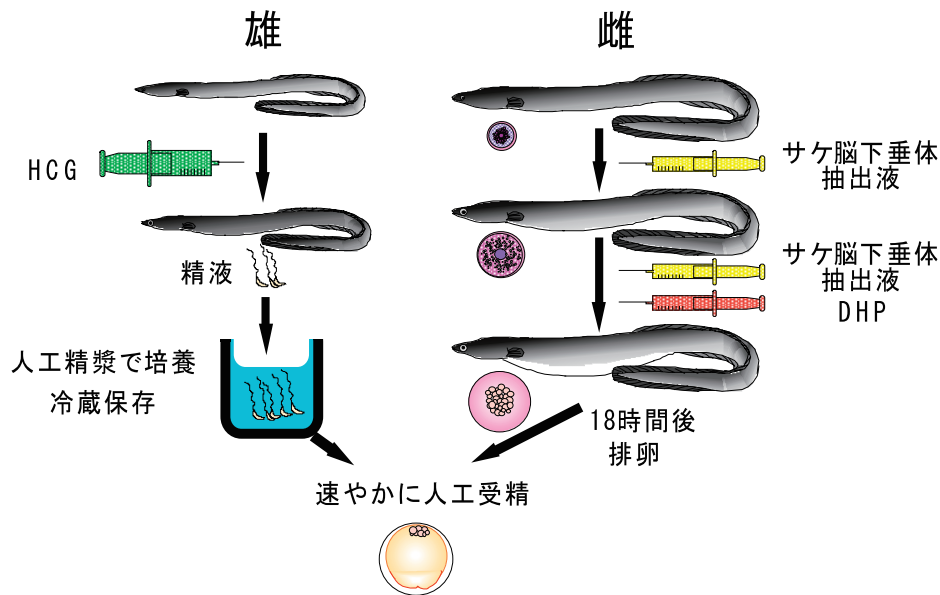


図4. ウナギの人工催熟法

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

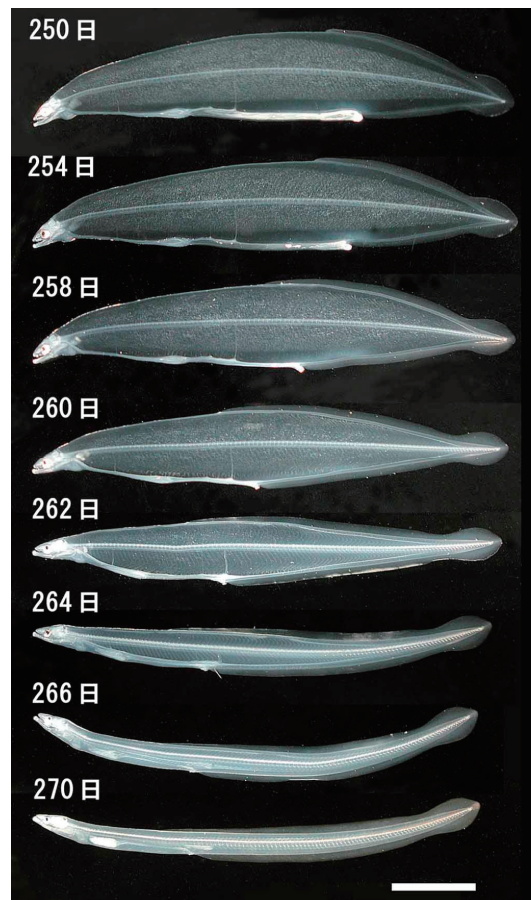


図5. 飼育下でのウナギの変態過程。バー：10mm.

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

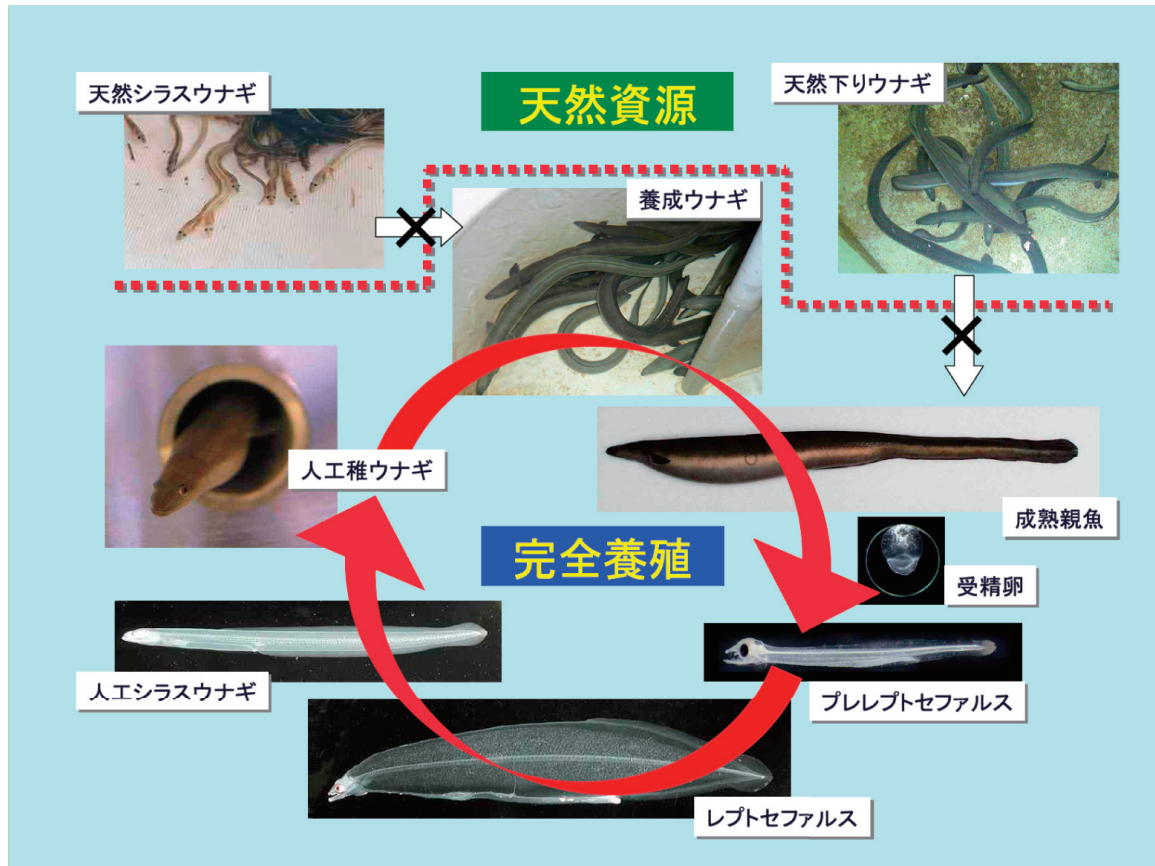


図6. 完全養殖が実現できれば、養殖用種苗としての天然シラスウナギ、催熟用親魚としての天然下りウナギが不要になり、天然資源への影響がなくなります。

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。

完全養殖への挑戦 その2

－シラスウナギの大量生産をめざせ！－

橋本 博（志布志栽培漁業センター）

1. はじめに

ウナギは私たち日本人にとって古くからなじみがあります。ニホンウナギは西暦733年の万葉集の中で大伴家持が「石麻呂に吾れもの申す夏瘦（なつやせ）によしというものぞ鰻（むなぎ）とり食（め）せ」と詠んでおり、すでに万葉時代から鰻が夏瘦せに効果のある食材として昔から親しまれてきました。今から約1,300年前の大伴家持が食べたのは天然のウナギだったでしょうが、現在、私たちが食べているウナギのほとんどは養殖のウナギです。その養殖に使われるのは100%天然の稚魚（以下、シラスウナギ）です。しかし、近年シラスウナギの漁獲が減少し、天然資源の枯渇が心配されています（図1）。

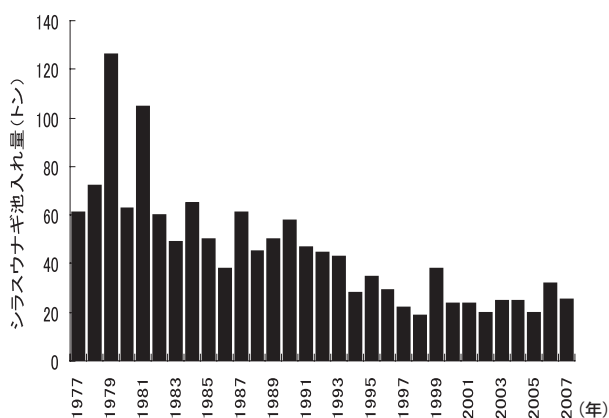


図1 日本におけるシラスウナギ池入れ量の経年変動
資料 日本養殖新聞

* 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

水産総合研究センター志布志栽培漁業センターは、2001年からシラスウナギを百尾単位で生産する技術を開発することを目的に、大量生産をめざした技術の開発に着手しています。これまで水産総合研究センター養殖研究所が開発した飼育技術を用い、2004年には卵からシラスウナギまでの飼育に成功しました。さらに2005年から開始された官学連携のプロジェクト*の下で2008年には年間200尾を超えるシラスウナギの飼育に成功し、着実に量産へ向け進んでいます。今回、ここに至るまでの技術開発の経緯と今後の展望について紹介します。

2. 洗面器ほどの10リットル水槽での飼育

まず卵からシラスウナギまでの飼育に成功した飼育方法を簡単に説明します。飼育にはアクリル製10リットル水槽（図2）を使い、作業性を考慮し水槽を棚に、肩の高さに位置するように数個から十数個並べます（図3）。

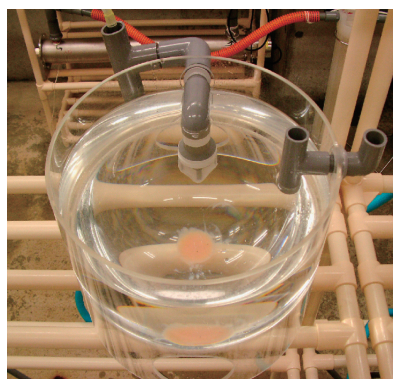


図2. 洗面器ほどの10リットル水槽

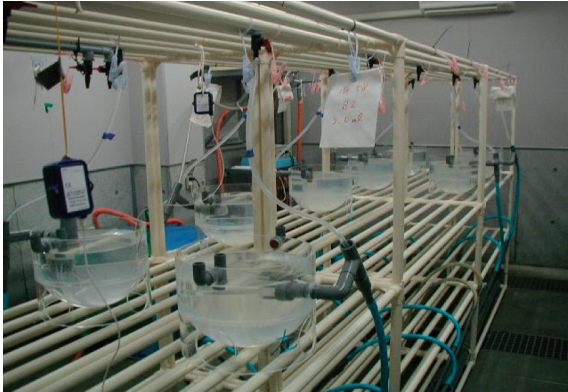


図3. 10リットル水槽での飼育

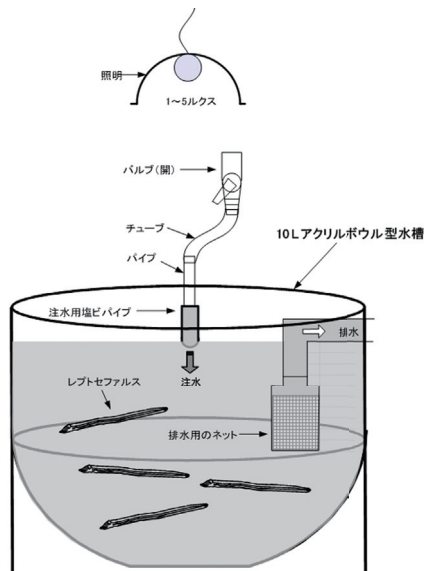


図4. ウナギ仔魚の飼育に用いた水槽（通常時）

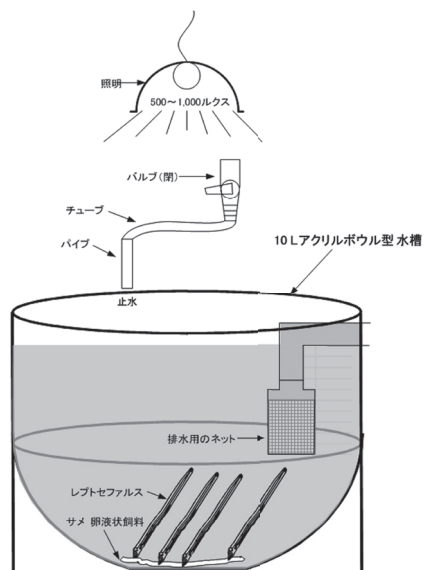


図5. ウナギ仔魚の飼育に用いた水槽（給餌時）

ウナギの仔魚（以下、レプトセファルス）に与える餌はサメの卵を主体とした液状の飼料を使用します。餌を与えるときにはレプトセファルスが明るい光を嫌う性質を利用し、照明をつけます。この時、水槽の底に入れた餌に遭遇しやすくするため注水を止めます。15分間餌を食べさせた後に、注水を利用して水槽の底に残った餌を洗い流します。この作業を毎日朝の7時から2時間間隔で5回行い、最後の給餌作業の後にサイフォン方式で魚を水ごと新しい水槽に移動します（図4, 図5）。

このような飼育を続け、ふ化後150～500日でレプトセファルスは変態してシラスウナギ（全長約50mm）になります。よく知られているマダイの場合であれば、約20mmの稚魚になるのはふ化後40～50日であることに比べると、いかにウナギの飼育期間が長いかがわかります。また、もともと外洋の清浄な海水の中で生活しているため、細菌への耐性が弱く、水槽に残った餌が原因で細菌が増殖するとたちまちウナギ仔魚も細菌に侵され死亡するという非常にデリケートな飼育担当者泣かせの魚です。飼育試験に着手してから3年目の2004年にふ化からシラスウナギの飼育に成功し、この飼育技術が確かなものであることを確認しました（図6）。



図6. 志布志栽培漁業センターで初めて生産したシラスウナギ



図7. 円形 100 リットル水槽



図8. 楕円形 100 リットル水槽

3. 試行錯誤の 100 リットル水槽

10 リットル水槽を用いて数十尾程度のシラスウナギの飼育には成功しましたが、私たちが目標とするのは数万、数十万単位のシラスウナギの大量飼育です。次のステップとして、まず水槽の大きさを 10 倍にした 100 リットル水槽を使った飼育試験を試みました。これまでの 10 リットル水槽の形を変えずに 10 倍の容量とした円形の 100 リットル水槽（図7）やレプトセファルスが摂餌をする水槽の底面を広くした楕円形の 100 リットル水槽（図8）を試作しました。これまでの 10 リットル水槽での飼育試験ではふ化後 20 日目を過ぎると生残が安定する

という結果が得られています。そこで、試作した 100 リットル水槽の評価を行うために、ふ化後 20 日間の生存率で従来の 10 リットル水槽との比較試験を行いました。その結果、10 リットルの水槽と比較して 100 リットル水槽では注水量が 10 倍になったため、仔魚が注水により衝撃を受けて死亡したり排水用に設置したネットへ吸い付けられて死亡したりしました。これらの原因によって、10 リットル水槽と同じ結果を残すことができませんでした。そこで、レプトセファルスが死亡する第 1 の原因である「注水による衝撃」を緩和すること、第 2 に「排水ネットへの接触」を緩和するためにネットの面積を大きくするなどの改造を行いました。その結果、100 リットル水槽でのふ化後 20 日目までの生残率が向上しました。また、試作した 100 リットル水槽の円型と楕円型を比べると、ふ化後 20 日目までの最良の生残率は、円型で 70%、楕円型で 43% という結果となり、円型の 100 リットル水槽のほうがレプトセファルスの飼育に適していることが分かりました。

4. 100 リットル水槽でのふ化後シラスウナギ生産へ

ふ化から 20 日間の飼育については、円型の 100 リットル水槽を使っても 10 リットル水槽と同等の結果を得ることができるようになりました。そこで次のステップとして 100 リットル水槽で 100 日目までの飼育試験を試み、10 リットル水槽と同程度の生存率を残すことを目標としました。

現在、その技術開発に取り組んでおり、こ

れまでふ化後 100 日目の生存率が 100 リットル水槽で 9.4%、従来の 10 リットル水槽で 14.5%という結果が得られています。目標であるふ化後 100 日目までの 10 リットル水槽と同じ結果を得るには、さらに水槽の構造や飼育環境の改善が今後不可欠だと考えています。

5. これからのウナギの人工種苗生産技術の開発は？

当初のシラスウナギの飼育尾数は年間数尾程度でしたが、ふ化後 20 日齢までの 100 リットル水槽での初期飼育技術が向上したこともあり、ここ数年では 100 尾を超えるまでになりました（図9）。

一経営体のウナギの養殖業者に必要とされる年間のシラスウナギの尾数は、数十万～数百万尾という単位です。現在の飼育技術では早急にこの数に対応することはできません。それにはさらに大きな水槽を使った、いままでとは全く次元の違う大変困難な技術開発が必要です。今後とも、現在取り組んでいるウナギの生態、性分化、親魚の成熟誘起法、卵質及びふ化仔魚の健全性の向上、仔魚の適正な飼育環境、適正な飼餌料の開発などの基礎研究成果を応用し、シラスウナギの大量生産に向けた技術の開発を今後行っていきたいと考えています。

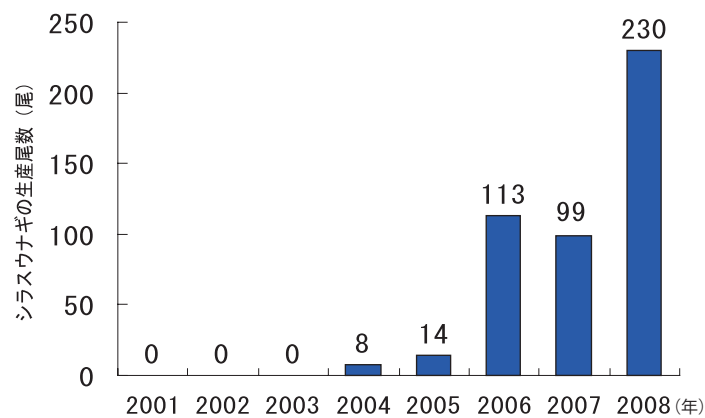


図9. シラスウナギの生産尾数の推移

日本列島から南へ2,500km!! 熱帯の太平洋上で世界初のウナギの親魚を捕獲！

黒木 洋明（中央水産研究所 資源増殖研究室）

1. はじめに

長年の研究の結果、ウナギの人工種苗生産は技術的には可能になりました。しかしながら、この技術による安定供給にはまだほど遠く、多くの解決すべき問題が残っています。その中で最も大きな課題は、産卵用の親ウナギをうまく性成熟させ、産卵させることができないため、良質な卵の安定生産ができないことです。また、生まれた仔魚の成長は悪く、シラスウナギへの生残率もきわめて低いという問題もあります。

これらの問題を解決するためには、まず第1に人工的に卵を産ませる親ウナギの飼育環境を改善することが必要です。ところが、これまでお手本とすべき天然親ウナギの回遊や産卵生態はほとんど明らかになっていませんでした。海へ下った後のウナギの行き先はほとんど分かっていませんでしたし、そもそも、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。

2. ウナギの産卵場

ニホンウナギの産卵場探しは、より小型の仔魚を追いかけることによって行われました(図1)。つまり、より小さな仔魚のいる場所がより産まれた場所(産卵場)に近いという考え方です。

太平洋のニホンウナギについては、2005年に東京大学海洋研究所の塚本教授らが、ふ化し

てから数日たったニホンウナギ仔魚を西マリアナ海嶺にあるスルガ海山の西側で採集することに成功し、産卵場を特定しました。これにより、ニホン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大きくそびえる海山を目印として雄と雌が出会い、産卵行動を行うことがほぼ確実となりました。スルガ海山は、頂上の水深が40メートルくらいで、周辺の水深は1,000から4,000メートルと、まさに海の中にそびえる山です(図2)。

しかし、ニホン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。この時点でもウナギ類の成魚が外洋域で発見されたことはなく、産卵がどれくらい海山と密接に関連しているのか、また季節や年で産卵する場所は動く

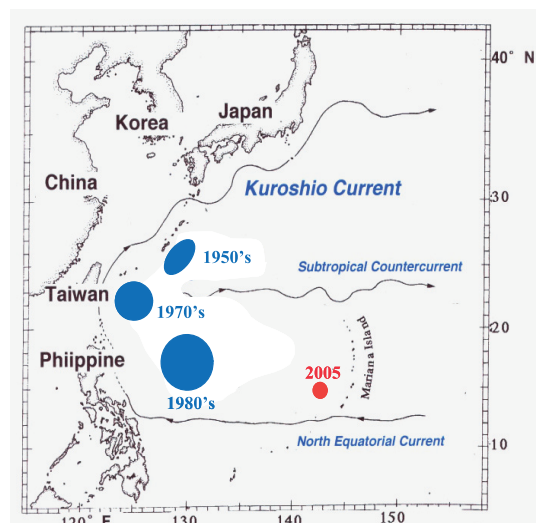


図1 ウナギ産卵場調査の歴史

のかなど不明でした。さらに、産卵が起こる水深・水温やふ化仔魚の分布水深・水温もよくわかっていません。また、日本の沿岸では秋から冬にかけて、まき網などの漁業により下りウナギが時々捕獲されていますが、海に下ってから産卵海域まで到達するまでのルートについては全くわかっていないのです。

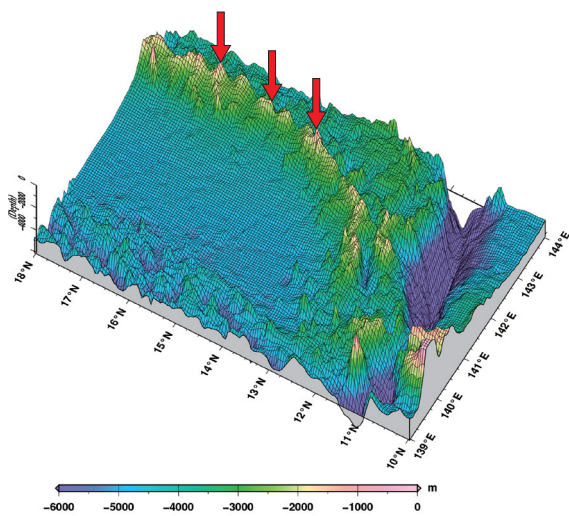


図2 西マリアナ海嶺南部の鳥瞰図
赤矢印が海山

3. ウナギの親魚を捕獲せよ！

そこで、将来的なウナギの安定供給を目指し、未だに多くの謎につつまれている海洋におけるニホンウナギ成魚の生態調査に乗り出しました。

調査は、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3）を派遣して、2008年5月～6月、2008年8月～9月、2009年5月～6月に行いました。調査海域は、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、ウナギの産卵場と想定されたスルガ海山を含む西マリアナ海嶺南部の海域に設定しました（図4）。ウナギ成魚を捕獲するための漁具には大型の中層トロール網を用い、その他に、プランクトンネットを用

いた仔魚及び卵の採集などを実施しました。

しかし、誰も見たことがない外洋のウナギを捕まえるということは、宝くじで1等を当てるようなものです。初めての調査では、調査員一同、ウナギ捕るぞ！と気合いをいれてはいたものの、実際に捕れるか半信半疑で出発したというのが実情です。



図3 漁業調査船の北光丸と開洋丸

4. 2008年6月、世界で初めて成熟した雄ウナギを捕獲

当初の調査海域は、産卵場とされたスルガ海山の周辺（北緯14度、東経143度付近）とし、2008年5月28日～6月1日にかけて中層トロール網をひき続けました。ここでは全くウナギは捕獲できませんでした。ウナギは海山近くにいるだろうという強い先入観があったのですが、捕れない以上はそのこだわりをいったん捨て、スルガ海山を離れることにしました。

そして、スルガ海山から西マリアナ海嶺に沿って南下し（北緯13度、東経142度）、付近で6

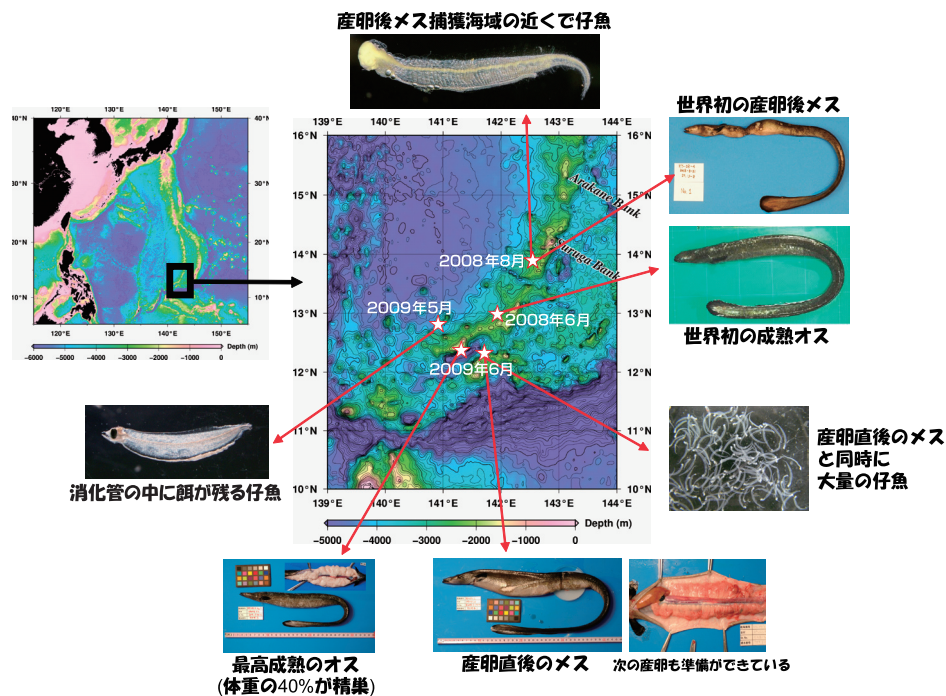


図4 2008年と2009年に捕獲されたウナギと調査海域

月2日から9日にかけて9回の中層トロール曳網を行いました。そのうち、新月の闇夜となった3日と4日に行った2回の曳網でついに3個体のウナギ属の雄を捕獲しました(図4)。

川にいるウナギと比べて眼が非常に大きく、腹側も含めて体全体が黒っぽい褐色をしていて、本当にウナギだろうか?と疑わせるような外見をしていましたが、DNA鑑定を行ったところ、小型の2個体がニホンウナギ(標準和名ウナギ、学名 *Anguilla japonica*)、大きな1個体がオオウナギ(*Anguilla marmorata*)と判明しました。3個体とも良く発達した精巣を持っていて、GSI(生殖腺重量の体重に対する割合、単位は%)は13.4から18.8の範囲にあり、ホルモン投与によって人為的に催熟したウナギのGSIよりも高い値を示していました。

この成熟した雄ニホンウナギの捕獲成功によ

り、これまでわからなかった生態的な情報が得られました。ウナギが入網した水深は230~300mと推定され、この水深における水温は14~20℃でした。また、捕獲海域は西マリアナ海嶺の上でしたが、水深は1,200~3,000mと深いことから、ウナギは海山斜面や海底に生息しているのではなく、中層を遊泳していることがわかりました。さらに、捕獲海域が一番近い海山から約130kmも離れていたことから、必ずしも海山の近辺だけで産卵行動が行われるとは限らないことが示唆されました。

5. 2008年8月、今度は産卵後の雌ウナギを初めて捕獲

成熟した雄ウナギの捕獲から3ヶ月後、次は雌を捕獲しようと再び調査を行いました。まずは、雄ウナギを捕獲した海域(北緯13度、東

経 142 度付近) に向かい、2008 年 8 月 25 日～8 月 30 日にかけて中層トロール網を曳き続けました。しかし、ウナギらしきものは全く捕獲できません。そこで、思い切って調査海域を変更すべきと判断し、新月当日の 8 月 31 日には西マリアナ海嶺に沿って約 100km 北上しました。その夜、北緯 14 度、東経 143 度付近(スルガ海山の南約 30km) で中層トロール網を入れ、翌朝にかけて網を曳き続けたところ、2 尾のウナギ属が網目の大きな身網部分の網地に引っかかっていたのです(図 4)。

顕微鏡での観察でわずかな卵が確認され、ようやく 2 尾の性別は雌と判定されました。この雌には卵がほとんど残されておらず、体もやせ細っていたことから、産卵が終わった後かなりの時間が経過しており、再び産卵することはない、いわゆるサケでいうところの「ほっちゃれ」と思われました。

6. 2009 年 6 月、ついに卵を持った雌ウナギを捕獲

2008 年の調査では世界で初めて成熟したウナギの捕獲に成功しましたが、捕獲された雌は既に産卵を終えており、お腹には卵がありませんでした。そこから得られる情報は限られています。そのため、2009 年の調査では、産卵前の雌ウナギも含めてさらに多くの標本を得ることを目指しました。

調査海域は、海山にこだわることなく、西マリアナ海嶺の南部一帯としました。その結果、世界最深のチャレンジャー海淵に近い海嶺の南端部で 2009 年 6 月 20 日から 1 週間にわたって、ウナギ 8 尾(うち雄 4 尾、雌 4 尾)を捕獲しま

した。雄の 4 尾はよく成熟していて、腹部を押すと精液が出てきました。雌 4 尾のうちの 3 尾は 6 月の新月(23 日)前にすでに産卵をし終わった個体でした。残る 1 尾はまだ多くの成熟卵を持っていましたが、卵が熟し過ぎていたことから、何らかの原因で産卵できなかった個体と考えられました。しかし、雌 4 個体全ての卵巣には成熟途上の卵が多数残されており、再び産卵することができるものと推測されました。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が推測されました。

さらに、雌を捕獲した海域の近くでは、数百匹ものふ化後まもないウナギの仔魚が同時に採集されたことから、調査海域がまさに産卵場のまっただなかであったことは、ほぼ確実です。

7. 産卵回遊調査の意義と今後の展開

ウナギ親魚を捕獲した海域の環境情報や、耳石や生殖腺などの分析から得られる生態や生理に関する情報は、人工種苗生産のための優良な親魚養成にとって非常に重要と考えられます。また、ふ化直後の仔魚が生息していた水深と水温、消化管に残されていた食べ物などの情報も、仔魚の育成環境や餌料の最適化に貢献できるでしょう。

種苗生産技術の進展は、ウナギ養殖の安定生産に貢献するとともに、養殖用の種苗 100%天然シラスウナギに依存している現状から、一部を人工種苗に置き換えることで、天然資源の保存・維持にも貢献できるものと期待されます。



この催しは、水産庁、(社)大日本水産会、全国漁業協同組合連合会、海と魚と食を考える会、(社)マリノフォーラム 21、(社)全国豊かな海づくり推進協会、(社)海洋水産システム協会、全国消費者団体連絡会の後援をいただき、(独)水産総合研究センターの主催で実施しております。

成果発表会要旨、発表内容へのご質問・ご意見は下記へ

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.045-227-2625

ホームページ <http://www.fra.affrc.go.jp/>