

FRAニュース

ISSN 1349-6816

# FRA NEWS

Fisheries Research Agency News

VOL.15

特集

## 栽培漁業

### 人物往来

モデルといえばこの人！

まぐろの資源評価から国際会議まで何でもこなす、  
遠洋水産研究所の市野川桃子さんに密着取材

### 研究成果情報

サンマの三代目が誕生 ほか

- 会議・イベント報告  
まぐろを巡る研究開発～その中にあるビジネスチャンス～
- ピックアップ・プレスリリース  
環境条件の制御によるカンパチの早期人工種苗生産に成功  
～カンパチ養殖業に大きな進展～ ほか



独立行政法人  
水産総合研究センター

巻頭言

「つくり、育てる」井上潔…………… 3

特集 栽培漁業

水産資源を増やす研究開発…………… 4  
親を育て、卵をとる 希少なカレイ、ホシガレイの卵を大量に確保  
餌をつくる さかなの離乳食「ワムシ」を培養する…………… 10  
労力と費用を減らす 人とお財布に優しい種苗づくり…………… 12  
効果を確かめる トラフグの安定漁獲に向けて…………… 14  
技術を広げる 成果を現場に生かす取り組み…………… 16

あんじいの魚菜に乾杯 さかな

第4回 サワラのアラを使ったスペシャルリゾットと旨味たっぷりふりかけ…………… 18

人物往来

モデルといえばこの人！  
まぐろの資源評価から国際会議まで何でもこなす、  
遠洋水産研究所の市野川桃子さんに密着取材…………… 20

研究成果情報

サンマの三代目が誕生…………… 24  
世界最大の食用イカアメリカオアカイカを追って…………… 25

海外交流

カナダ・ラバール大学の博士論文外部審査員を担当…………… 26

会議・イベント報告

まぐろを巡る研究開発〜その中にあるビジネスチャンス〜  
第1回技術交流セミナー開催…………… 27

知的財産情報

トロール漁法およびこれに用いるオッターボード…………… 28  
珪藻類培養のための新しいケイ酸供給剤…………… 29

ピックアップ・プレスリリース

環境条件の制御によるカンパチの早期人工種苗生産に成功  
〜カンパチ養殖業に大きな進展〜…………… 30  
耳石を用いた太平洋産クロマグロの年齢査定と成長解析の成果…………… 31  
海藻類等からのバイオエタノールの生産収量を初めて確認…………… 32

刊行物報告

〈地域誌・専門誌〉  
遠洋リサーチ&トピックス 第3号…………… 33  
瀬戸内通信 NO.7…………… 33  
SALMON情報 第2号…………… 33  
東北水産研究レター NO.7…………… 33  
北の海から 創刊号…………… 33  
養殖研究レター 第1号…………… 33  
西海 NO.3…………… 33

水産総合研究センター研究報告 第22号…………… 34  
水産総合研究センター研究報告 第23号…………… 34  
水産総合研究センター研究報告 第24号…………… 34  
栽培漁業センター技報 第7号…………… 34  
おさかな瓦版 NO.22…………… 34  
水産工学研究所技報 第30号…………… 34  
日本海区水産研究所主要研究成果集 第3号…………… 34

■おさかな チョット耳寄り情報 その15…………… 35  
■編集後記…………… 35  
■執筆者一覧…………… 35

# 巻頭言

## つくり、育てる

研究所担当理事

井上 潔



かつては遠洋漁業が水産大国日本の原動力でした。しかし、新たな国々の参入による競争や海洋における主権意識の高まりの結果、遠洋漁業は撤退を余儀なくされ、漁業の主力を沖合や沿岸に求めざるを得なくなりました。そのような状況を背景に、国土の四方を取り巻く海を陸上における牧場に見立て、魚介類の子供を放流し、沿岸域を豊かな海にしようと

いう構想が持ち上がり、栽培漁業という発想もその中から生まれてきました。水産生物のほとんどは非常に多くの卵を産み、仔魚や幼生が大量にふ化しますが、自然界においてはこれらのわずか1%以下の個体しか生き残れないとされています。この減少の著しい時期を人の手で管理し、生き残り率を高めて放流し、効率的に資源を増やし漁獲する漁業、それを「栽培漁業」あるいは「つくり育てる漁業」と呼んできました。

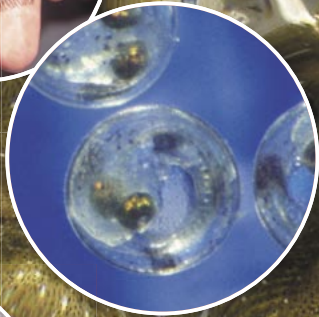
当時、このような取り組みは世界的にも先駆的な取り組みで、その後、栽培漁業は全国的な規模で広がり、現在まで様々な成果を上げてきました。たとえば、北海道・東北地方におけるさけ・ますの放流をはじめ、最近では瀬戸内海におけるサワラや西日本沿岸におけるトラフグの放流など、人工種苗の放流による資源の回復や漁獲量の増加と、それによ

る地域水産業への貢献の事例があげられます。また、今般の総合科学技術会議において、ウナギ・マグロの完全養殖技術が取り上げられましたが、その確立には栽培漁業で得られた知見や技術が不可欠です。

近年、世界的な水産物需要の高まりから、かつて水産物の輸入大国であった日本も「買い負け」といわれる現象に象徴されるように、水産物の安定的な輸入の先行きに陰りが見えはじめ、水産物の自給率向上が緊急の課題となっています。この自給率向上の鍵は沿岸漁業振興であり、その柱の一つが水産資源の管理と養殖であると考えています。悪化した資源や絶滅危惧種の回復など、沿岸資源の管理にはアジ・サバ等の広域回遊魚の資源管理手法に加えて、人為的な資源添加が有効です。また、養殖については健全な種苗の確保が課題であり、人工種苗の生産技術への期待は益々大きくなっていきます。今後はこれまで栽培漁業によって培われてきた知見や技術を再評価するとともに、地域水産業のみならず沿岸漁業を支える新たな技術として「つくり、育てる」ことが私たちの使命と考えています。

## 栽培漁業

水産資源を増やす研究開発





「栽培漁業」はその名の通り、海を畑として利用する作物づくり、例えて言えば海の農業です。

作物づくりには「種」や「苗」が必要です。栽培漁業で使う種や苗は、魚介類のこどもで、これを「種苗」といいます。この種苗をまく畑は海ですが、ここで種苗がすくすくと育つように海の中にするみかを作ったり、外敵を取り除くなど種苗にとって住みやすい環境を整えていくことが大事です。これが「場づくり」。そこに種まきならぬ種苗の放流を行います。

種苗の放流後は禁漁期を設けたり、獲って良い大きさを制限したりすることで種苗を保護しながら成長を待ち、大きく育った魚介類を漁獲します。これが農業でいう作物の「管理と収穫」にあたります。農作物はすべて収穫するものですが、漁業ではすべて獲ってしまうと次の世代を産む親がいなくなってしまうので、獲りすぎないようにある程度残しつつ獲っていくことが大切です。

今回の特集では栽培漁業の中でも

種苗を確保する、「種づくり」を中心に、水産資源を増やすための水産総合研究センターの取り組みを紹介します。

## 栽培漁業のはじまり

栽培漁業で最も歴史があるのは、なんとといっても北海道を中心に北日本で行われているサケの栽培漁業で、約130年の歴史があります。現在サケの栽培漁業は既に事業化されており、近年の年間放流数約18億尾のほとんどは、漁業者の資金によって民間のふ化場から放流されています。サケの年間の漁獲尾数が約7000万尾と安定しているのは栽培漁業のおかげといえるでしょう。

さらに45年ほど前から、瀬戸内海で他の海産魚介類の栽培漁業の取り組みも始まりました。高度成長期にあった当時は、都市開発や公害などの影響で産卵場所や種苗が育つ場所が減ったことに加え、獲りすぎなどもあり、マダイやクルマエビなどの漁獲量が減ってしまいました。そこ

ホタテガイ 313,877万個



ニシン 588万尾



ヒラメ 2,520万尾



ハタハタ 615万尾



アワビ類 2,488万個



ウニ類 7,034万尾



マダイ 1,762万尾



ガザミ 321万尾



ヨシエビ 3,505万尾



クルマエビ 12,242万尾



図1. 栽培漁業の主要な対象種 (数字は2006年度の放流尾数).

で、種苗をたくさん育て、放流することで漁獲量を回復することが求められたのです。

しかし、これらの魚介類の種苗を大量に飼育することは、まだ世界のどこでも行われていない未知の分野でした。技術者は、親を育成して卵を産ませ、生まれたこどもに適切な餌を探し、放流に適した大きさまで種苗を育て、海に放す技術の開発に取り組み、まさに試行錯誤の繰り返しでした。当初は、放流した種苗が生き残る数もきわめて少ないレベルでした。しかし、1970年代に取り組んだマダイ、クルマエビ、ガザミ(ワタリガニ)などで種苗を大量に育てる技術が進み、徐々に放流の効果が見れてくると、漁業者にも海に放流して魚介類を増やすだけでなく、「小さい時に獲らないで大きくなるまで待とう」という意識が芽生えるようになりました。さらに、放流した種苗とともに、そこに元から住んでいる天然の魚介類も合わせて管理する「包括的な資源管理」という考え方に発展してきました。

技術開発の積み重ねの結果、今では70種を超える魚介類が放流されるようになっていきます。最近ではアメリカ、カナダ、ノルウェー、中国などでも栽培漁業が行われるようになってきましたが、中でも当センターがリードしてきた分野のひとつです。

## よい種を

## つくり、育て、獲る工程

栽培漁業の対象種には、マダイ、ヒラメなどの魚類、クルマエビなどの甲殻類、アワビ類などの貝類があ





図2. 栽培漁業の工程。

ります。ここでは魚類をモデルにして、種苗をつくって、それを育て、放流し、漁獲していく工程を図2のような9段階に整理し見ていきます。

①何を育てるか…資源が減ってきた沿岸漁業の重要魚のうちどの魚種を対象にするかを決めます。

②親魚の養成…質の良い卵を大量に産ませるためには親がよくないといけません。よい親を選んで水槽などで育成します。

③受精卵の確保…自然産卵や人工授精などで親魚から卵を入手します。

④餌をつくる…卵からふ化した仔魚の餌にするため、主にワムシ類などの動物プランクトンを培養します。

⑤種苗生産…仔魚に餌を与えたり、水温を調整したりして、水槽などで育てたものを「稚魚」といい、これが「種苗」になります。

⑥中間育成…自然の海に放流しても生き残っていきける大きさまで育てます。

⑦種まき「種苗放流」…育成した種苗を適切な場所に放流します。畑で



ある放流場所を作ることや選ぶことも重要です。

⑧大事に獲る(包括的な資源管理)…放流された種苗は、天然の種苗と一緒に育つので、漁獲サイズや漁期、漁場の制限など適切な管理の下で漁獲します。

⑨放流効果の確認…放流した魚が漁業にどれだけ貢献しているかを調査し、栽培漁業の経済的な評価を行い、次につなげます。

みなさん、栽培漁業のイメージがわいてきたでしょうか？ 以下の項からはこの工程に沿って当センターの研究開発の実例を紹介します。

親を育てて、卵をとる

# 希少なカレイ、ホシガレイの卵を大量に確保

多くの魚種では、親魚まで育て、卵をとるまでに数年を要し、産卵期も年1回の場合が多いため、親魚養成と採卵の技術開発には長い時間がかかります。この項では、カレイの中でも希少で、価格も高いホシガレイを例に、親魚養成と採卵に関する研究開発を紹介します。

## ホシガレイの自然産卵

ホシガレイ(写真1)は肉厚で、表側は茶褐色の荒い鱗に覆われていますが、裏側はやや黄色がかった白色で、小さな黒色の斑点があります。またヒレにも黒い斑点があり、これらの斑点を星に見立て「星ガレイ」という名前が付いたといわれます。日本では主に青森県以南の太平洋沿岸に広く生息していましたが、近年は資源が減少したため、漁獲されるのは主に三陸、瀬戸内海西部、九州西部などに限られています。このように資源が減ってしまったことに加え、ホシガレイは成長がとても早

く、全長60cm、4kgにも達するほど大型になること、また美味で市場での単価が高いことから、新たな栽培漁業の対象として各地で注目されています。

しかし漁獲量が減少して成熟した天然魚はほとんど得られないことから、水産総合研究センター宮古栽培漁業センターでは、天然で漁獲された幼魚を成熟するまで養成し、採卵するための研究開発を1987年に始めました。

当初は水槽内で雌雄を一緒に飼育し、人手を加えないで産卵させる自然産卵による採卵方法を目指しましたが、受精卵は得られませんでした。ホシガレイは天然魚が少なく、成熟や産卵様式などの情報が少ないため、自然産卵による受精卵の確保は難しく、別の採卵技術の開発が必要であることがわかりました。

## 人工授精の試み

自然産卵と並行して、人工授精に



写真1. ホシガレイ (右が表側, 左が裏側).



写真2. 人工授精を行うため、成熟しておなかが大きくなったホシガレイから採卵します。



よる採卵の研究も進めました。しかし当初は受精率が20%前後と低く、種苗の量産に対応できるような技術ではありませんでした。そこで1997年からホシガレイの産卵の特徴を詳しく調べました。その結果、宮古では成熟した卵が3日ごとの周期で少量ずつ排卵されること、人工飼育下では産卵が順調でないため、受精能力が高い時期を過ぎってしまった卵(過熟卵)になりやすく、受精率を下げていることなどがわかりました。

この知見を人工授精に応用し、事前に過熟卵を除去した上で排卵周期に合わせて採卵(写真2)を行うと、受精率は従来の20%前後から40~80%に向上し、大量の受精卵を得ることが可能となりました(図1)。

### 人工養成親魚からの採卵

このように天然由来の親魚からの採卵技術は確立できましたが、近年はさらに天然魚の入手が難しい状況となり、卵から水槽で飼育した人工養成親魚から採卵する必要が高まりました。しかし人工養成親魚は産卵期になっても産卵しない個体が多く、卵を十分に確保する

ことが困難でした。この原因を調べたところ、天然由来の親魚と同様に成熟は進むのですが、産卵期になっても最終的な成熟に至らないことがわかりました。そこで2年前から最終成熟を促すためのホルモンを利用した採卵方法の検討を開始しました(写真3)。

現在では、ホルモンの最適投与時期や投与濃度が明らかとなり、採卵1回あたり10万粒の受精卵という量産レベルの採卵が可能となっています。

### もう一步進んだ技術にむけて

これまで紹介したような約20年も及ぶ研究開発の結果、現在ではようやく10万尾規模の種苗生産ができるようになりました。そして、それらの種苗放流によりホシガレイ資源の増加が見られ(図2)、天然での生態情報も得られはじめています。これらを基に、自然産卵で受精卵を得る方法や、人工養成親魚の飼育方法を改善し、その最終成熟をホルモンを利用せずに進めていくことなど、もう一步進んだ技術の開発を進めていきます。

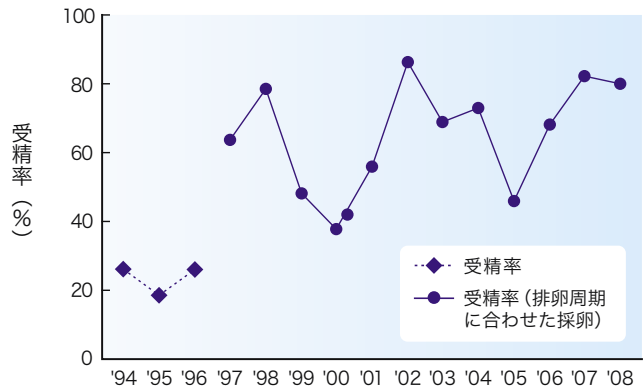


図1. ホシガレイからの人工授精による採卵の結果。



写真3. ホルモンの投与。

- ・1999年から宮古湾で放流を開始
- ・2004年から本格的(年間5,000~20,000尾の大型種苗)に放流開始

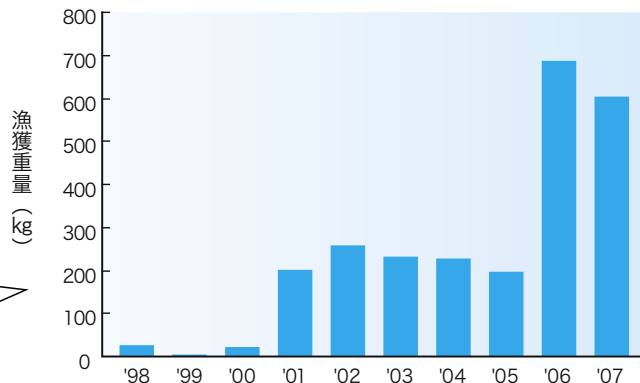


図2. 宮古魚市場での漁獲重量の推移。

餌をつくる

# さかなの離乳食「ワムシ」を培養する

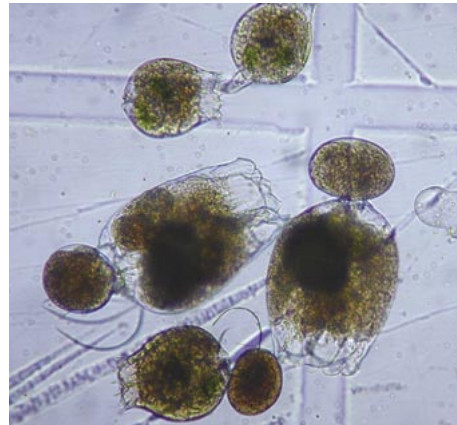
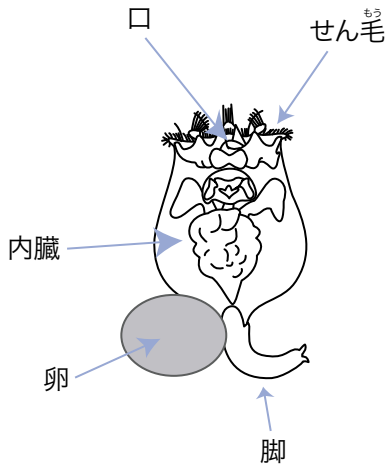


写真1. 海産魚の種苗生産で利用されているワムシ類。中央部の大型ワムシ2個体がL型ワムシと呼ばれ、他の小型ワムシはS型ワムシと呼ばれる。



## ワムシって？

ワムシは動物プランクトン的一种で、頭部に輪状にせん毛が生えていることからワムシと名づけられました。このせん毛は、餌をとらえたり、移動するときなどに使います。ワムシの仲間は淡水に住んでいる種類が多いのですが、ここで言うワムシは海水と淡水が混ざった汽水に住んでいます。自然界では植物プランクトンやバクテリアなどを食べています。

ふ化したばかりの海水魚の多くは、全長2〜3mm前後と大変小さく弱々しいため、餌をとるにも苦労します。自然の海では、主にコペポダと呼ばれるカニやエビに近い仲間の動物プランクトンなどを食べていますが、これらは大量に手に入れることが難しいため、様々な餌が試されてきました。

海水魚の餌として必要な条件は、①魚の口の大きさに合うサイズであること②消化・吸収されやすいこと③安定して大量に入手できること④必要な栄養を持っていること⑤魚を飼育する海水の水質を悪化させないことなどが挙げられます。これらの条件を満たす餌として、1960年代にワムシ類(写真1…以下ワムシ)が初めて魚の餌として用いられるようになりました。

ワムシは大きさが0.1〜0.3mm程度とちょうど良い大きさで(写真2)、イースト菌や植物プランクトンを食



写真2. ふ化して3日目のヒラメが、ワムシを食べようとしているところ。

べさせると一日で倍以上に増やせるなど、海水魚を飼育するための餌として申し分ありません。

その後も魚粉やデンプンなどで作った人工的な配合飼料や他の生物などが試験的に使用されましたが、ワムシほどの成績は残せず、今でもワムシは海水魚の種苗生産になくはならない餌として頂点に君臨しています。

## 安定させるのが難しい

しかし、そのワムシといえども、安定して大量に培養するには困難が

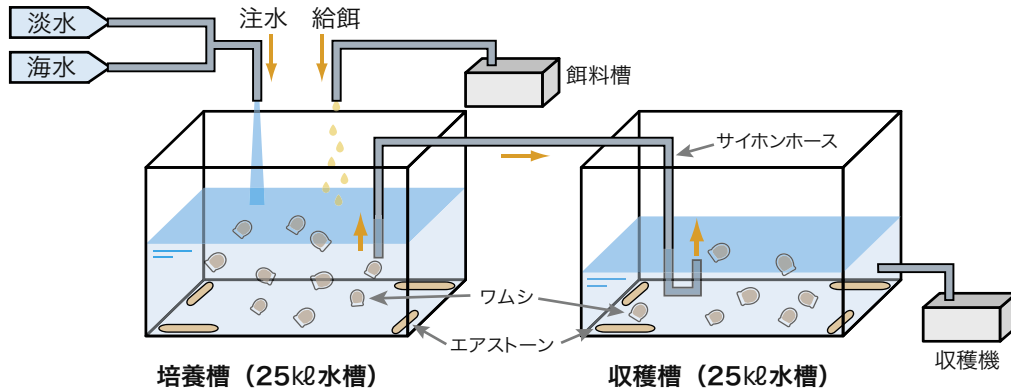


図1. 粗放連続培養法の模式図.

つきまわっています。ワムシを飼っている水槽には、ワムシと餌とワムシの糞などが大量にあつて、ワムシが増えすぎたり、水質のバランスが崩れたりすると、何十億個もいるワムシが一度に死んでしまいます。

このため、水産総合研究センターは、餌と海水を一日中水槽に入れ続け、糞などで汚れた水とワムシを常に排出する新しい培養方法（図1）を開発しました。私たちは、これを「粗放連続培養法」と呼んでいます。

この方法は、汚れた水とともに排出されたワムシを目の細かい網で収穫し、魚に与えます。汚れた水を排出することで長期間水質を悪化させずに培養できるうえ、餌やりなどの労力を減らすことができるため広く普及して、2006年度には公的な種苗生産機関の約半数で採用されました。

### ワムシの簡便な輸送法

粗放連続培養法で培養したとしても、ワムシを大量に確保するには費用が掛かります。ある試算によると、ヒラメを生産する人件費のうちでワムシの培養が占める割合は、およそ1/4～1/5にも達しています。

現在、百以上ある種苗生産機関で

個別に行っているワムシ培養を数カ所にまとめて行うことで、この費用を大幅に抑えられる可能性があります。また、ワムシが増えず魚の餌が足りなくなったときは、他の機関などから緊急に補充する必要があります。これらを実現するには、できたワムシを簡便に大量に輸送できる方法が欠かせません。

そこで当センターは、手軽な宅配便を利用した輸送方法を開発しました。この方法は、目の細かい網で収穫したワムシを良く洗い、冷却して平たい密閉容器に入れ、その容器をダンボール箱に重ねて梱包し、冷蔵宅配便で輸送するものです（写真は47機関に153回、合計858億個体のワムシを輸送しました）。

### 今後の研究課題

今後は、未だに起きる培養不調の原因解明とその対策に加え、経費削減に重点をおいた培養技術の開発も必要です。また、状態が良いワムシを与えると、魚の成長や生き残りが良いことが分かったため、量だけでなくワムシの質を高める手法の開発にも取り組んでいきます。



①：収穫したワムシを海水で洗浄した後、酸素飽和状態の冷却海水で急冷します。



②：食品梱包用器械を用いて輸送用容器にワムシ濃縮液を500mlずつ入れ、上部を密封します。



③：ワムシ濃縮液を封入した輸送用容器をダンボール箱1個に詰めて冷蔵宅配便で輸送します。

写真3. 宅配便を利用した輸送法の手順.

## 労力と費用を減らす

# 人とお財布に優しい種苗づくり

栽培漁業では、海の水産資源を増やすために種苗と言う稚魚や稚貝などの放流を行います。そのためには放流する種苗を確保しなければなりません。ホタテガイやアサリなどの貝類、ナマコやウニなどは、天然の種苗を集めて育て、それを別の場所に放流することもあります。しかし、天然の種苗を手に入れることが難しい種類では、卵から人の手で種苗を育てることが必要になります。これを種苗生産と言います。

メダカなどを育てた経験がある方は分かると思いますが、稚魚を育てるには大変な労力と気づかひが必要です。生産する稚魚の数が増えると水槽の大きさや餌の量が増え、それに応じて水槽の掃除、餌の準備、餌やり、水質の管理などが大変になります。種苗生産の仕事をしている人に腰痛持ちが多い理由の一つが、ここにあります。

そして、栽培漁業が成功するか否かは、放流魚が漁獲された時の水揚金額が放流にかかる経費を上回るかどうかにかかっています。そして放流にかかる経費のうち的大部分を占めるのは種苗生産の経費なので、これをどれだけ減らせるかが、栽培漁業の成否に大きく影響するので。

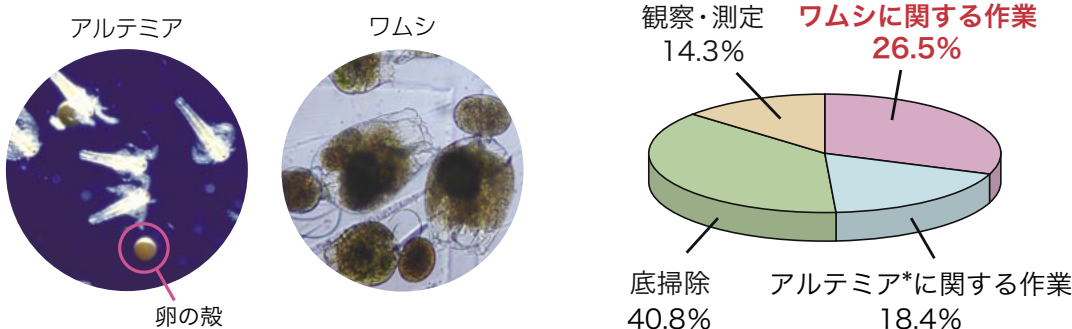
### どの作業を減らせばいいのか？

種苗生産の作業のうち、どの部分で作業量と人件費を減らせばいいのか、ヒラメの種苗生産を行っている宮古栽培漁業センターで作業時間の割合を調べてみました(図1)。すると、5人の職員の1日あたりの作業時間のうち、約40%が底掃除と呼ばれる水槽の掃除で、約26%がワムシに関連した作業であり、これらの作業を軽減することは経費の削減や省力化の面からとても重要なことがわかりました。

### ワムシと魚を一緒に育てる

これまではワムシを専用水槽で大量に培養し、毎日必要な量を収穫してDHAなどの栄養を添加した後、魚を飼育している水槽に給餌していました。50トン容の水槽に、ふ化したトラフグを約25万尾収容した飼育事例では、飼育14日目までに29億個体のワムシを給餌する必要がありました(図2)。

そこで、ワムシに関連した作業の労力を軽減するため、魚を飼育している水槽内で直接ワムシを増やす方法が考案され、ワムシの生産と給餌の手間を一気に減らすことが可能となってきました。新しい飼育方法では、ふ化したトラフグを収容すると同時に餌となるワムシ5億個体を飼育水槽に給餌し、その後は飼育水槽の中でワムシを増やしながら飼育を行います。ワムシの餌となる濃縮淡水クロレラ液を毎日ポンプで給餌す



\*アルテミア：シーモンキーとも呼ばれる動物プランクトンの一種。乾燥卵をふ化させて使うため、卵の殻とアルテミアを分離する作業が必要。

図1. ある日のヒラメ種苗生産に関わる作業時間。

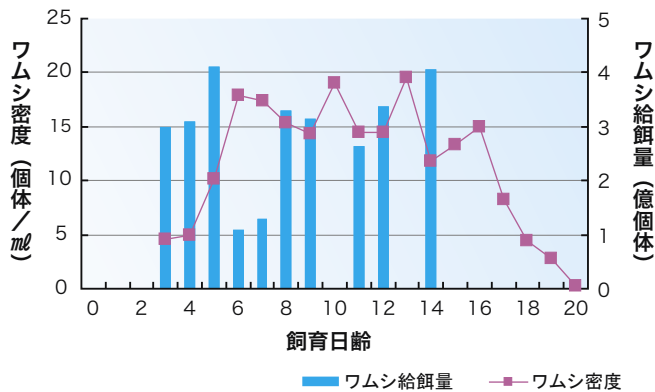


図2. トラフグのワムシ給餌型飼育におけるワムシ給餌量と密度の推移。

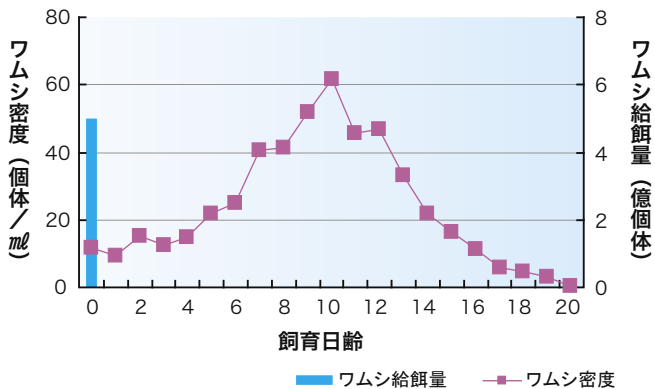


図3. トラフグの省力型飼育におけるワムシ給餌量と密度の推移。

ることで、ワムシの密度を少しずつ高め、最後までワムシを追加給餌しないでトラフグを飼育できるようにしました(図3)。この方法を「省力型飼育」と名付けました。

### 明日につながる省力型飼育

省力型飼育では、日常の作業もクローラをセットする作業だけで済み、6時間以上かかっていたワムシ関連の作業時間を30分程度に短縮す

ることができました。この結果、ワムシの培養や毎日の管理作業を大幅に減らすとともに、ワムシに与えるクローラを効率的に利用することで、経費を削減することが可能となりました。

現在、このような省力型飼育には様々なバリエーションがあり、対象種や施設、環境条件にあわせて技術の応用が進んでいます。前述した省力化に加え、仔魚がワムシを食べて

いる間は飼育水槽の水の交換を行わず、糞やゴミなどを掃除する底掃除作業も必要ないことが分かり、さらに労力と費用を減らすことが可能となってきました。

この技術は、ヒラメ、マダイ等10種類ほどの沿岸性魚類に応用できることがわかりました。今後は、ブリなどの回遊種や甲殻類にも応用できるように、研究開発を続けていきます。



写真. 省力型飼育で不要となったワムシの培養作業 (右：収穫, 左：餌やり)。

効果を確かめる

# トラフグの安定漁獲に向けて

種苗の放流に関する研究開発が実際の現場で実を結びつつある例として、水産総合研究センター南伊豆栽培漁業センターと東海三県（三重県・愛知県・静岡県）の水産研究機関が行っているトラフグ共同調査の取り組みを紹介します。

## トラフグの栽培漁業に熱い期待

日本沿岸に生息するトラフグは、産卵場や回遊範囲の異なるいくつかのグループに分けることができます。南伊豆栽培漁業センターでは、愛知県の伊勢湾口を産卵場として、三重県の熊野灘から静岡県の遠州灘を回遊する「伊勢・三河湾系群」と呼ばれるグループを対象に、栽培漁業の研究開発に取り組んでいます。

伊勢・三河湾系群は、毎年春に生まれる天然稚魚の生き残りの善し悪しによって、豊漁に沸いたり不漁に泣いたり漁獲量の変化（図1）が激しいため、計画的な産業への利用が

難しい状況にあります。そこで、人工的に育てた稚魚を放流することにより、漁獲量を安定させようという試みに熱い期待が寄せられています。

## 県の枠を越えた調査体制

2000年度から2006年度には東海三県の沿岸に年間50〜100万尾のトラフグ稚魚が放流されました。伊勢・三河湾系群を対象とした栽培漁業を成功させるには、県の枠を越えた地域全体の取り組みが必要です。そこで、2000年度から三県の水産研究機関と当センターの4機関が役割を分担しながら密接な連携のもとで、トラフグ稚魚の放流試験、調査を共同で進めます。

## 共同調査による2つの成果

これまで、当センターで種苗生産したトラフグ稚魚を利用して、どんな標識をつけて、どこに放流したら

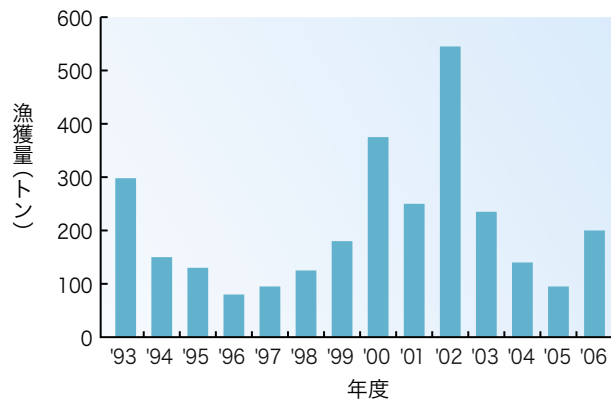


図1. 東海三県のトラフグ年間漁獲量の推移.



写真1. 胸鰭基部にイラストマー(蛍光シリコン:無害)を注入したトラフグ稚魚(全長7cm).

良いかなどの調査を共同で進めてきました。その結果、長年に渡り識別が可能で、稚魚への負担が少ないイラストマー標識が有効であることがわかりました。(写真1)。そこで、トラフグ稚魚に異なる色のイラストマー標識をつけて、稚魚の成育に適当と考えられる複数の場所に放流し、それぞれの漁獲尾数を各機関で分担して調査しました(写真2)。

その結果、伊勢湾内の浅瀬に放流した場合に生き残りが最も良く、効率的に漁獲量に反映されることが明らかとなりました(図2)。回収率10%という試験結果は、稚魚の放流が充分事業として成り立ち、漁獲を底支えできていることを表しています。

### 新たな課題にチャレンジ

適正な放流場所が明らかになったことで、次の課題の解決に向けた調査を開始しました。それは、どのくらいの大きさの稚魚を伊勢湾へ放流することが、稚魚を生産する経費なども考慮して最も効果的かを明らかにするための放流試験です。この疑問を明らかにすることで、トラフグの栽培漁業をさらに効率的に推進できるものと考えています。

### トラフグによる地域振興

水揚げが安定してきたトラフグを、地域特産品として利用する動きも活発化しています。三重県では「あのりふぐ」、静岡県では「遠州灘天然とらふぐ」のブランド名で付加価値向上に向けたPRが行われ、観光客誘致の目玉として利用されています。また、愛知県でも知多半島や渥美半島周辺のホテルや民宿で、地域特産魚としてトラフグが提供されています。効果的なトラフグ稚魚の放流と、適切な漁業管理を柱とした資源回復計画も進められており、トラフグがもっと身近な食材になって、私たちが味わう機会も増えるものと期待されます。



写真2. 静岡県水産技術研究所によるトラフグ漁獲物の調査。  
県内の主要なトラフグの水揚市場において、イラストマー標識の有無、標識の色、トラフグの大きさなどをテキパキと調査します。

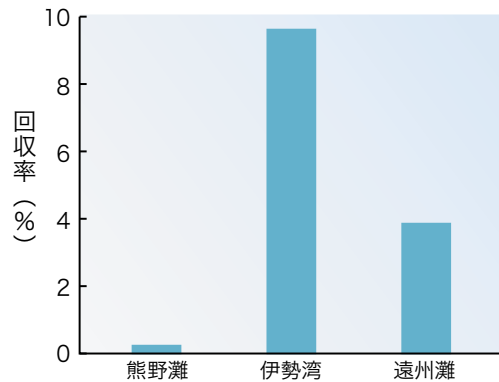


図2. 放流場所の違いによるトラフグ人工種苗の放流効果の比較(左は放流場所の地図)。  
放流サイズはいずれも6cm。  
回収率：放流した魚のうち、漁獲された魚の割合。

## 技術を広げる

# 成果を現場に生かす取り組み

これまで紹介したように、水産総合研究センターは栽培漁業に関するさまざまな研究開発を行っています。最終的な目的は、栽培漁業を実践する現場でこれらの研究開発成果が実証され、栽培漁業が定着して実際に水産資源を維持・増大することにあります。

しかし、生き物を相手にする仕事ですから、論文や報告書などを読んだだけでは分からない、伝わらないことがたくさんあります。例えば魚をうまく飼うには、魚を毎日観察して、魚の機嫌が良いか、元気に泳いでいるか、餌をよく食べるかなどを判断することが大事ですが、それを言葉で表すのは大変難しいことです。また、魚の病気を診断するには、病気にかった魚の泳ぎ方や色、内臓の状態などで判断する必要があります。これらも言葉ではなかなか伝わりませんが、とても大切なことです。

そこで当センターでは、これらの技術を身をもって体験し、現場で活用して貰うため、都道府県の水産試験場、栽培漁業センター等の職員などを対象に様々な技術研修を実施しています（詳細はホームページ <http://ncese.fraaffrc.go.jp/> をご覧ください）。この技術研修には2003年度からこれまでに32都道府県から受講があり、現場に活用できる技術を習得できたと好評を得ています。例として宮古栽培漁業センターで行っている放流効果調査の研修について紹介しましょう。

### 放流の効果を正しく調査するには

放流効果調査というのは、放流した魚がどれぐらいの大きさで、どれぐらい漁獲されたか、それらがいくらかで取引されたかを調べる調査です。この調査によって、放流にどれだけの直接的な経済効果があったかを算出することができ、放流にか



写真1. 標識方法の一つ、ヒラメの焼印標識。



写真2. ヒラメの天然魚(上)と放流魚(下)の色の違いを学びます。



かった経費よりも放流魚の水揚金額が多ければ、経済的に成功したといえます。

放流した魚がどれぐらい漁獲されたかを調べることは簡単に思えるかもしれませんが、そのためには放流魚と天然魚を区別しなければいけません。そこで魚に標識を付けて（写真1）、天然魚と区別します。また、労力的にすべての市場を調査することが難しく、かつ漁獲された放流魚がすべて市場に水揚げされるとは限らないため、市場で得られたデータを統計学的方法で解析し、実際に漁獲された量を算定することも必要です。

### 天然魚か放流魚かを判別

この研修では、どのような標識を使えばよいか、放流や調査をどのような方法で進めればよいか、得られたデータをどう解析するかなどについて教えています。

実際の調査では、まず漁獲された魚が天然魚であるか、放流魚であるかを判別します。標識がついているか、いないかによって判別することは当然ですが、もし標識が魚から外れてしまっても、種苗生産された魚

に特有な色やかたち（写真2）で判別できる場合もあります。魚の種類や放流方法などによって効果的な見分け方は違うため、標識の特徴や調査の目的にあった方法を理解してもらい、実際に各種標識の装着作業や天然魚との見分け方を体験します（写真3）。

### 市場でデータの取り方を体験

また、朝から魚市場に出かけ、放流しているヒラメやクロソイ等の漁獲尾数や標識が付いている魚の確認、大きさ、体重などのデータの取り方を体験します。その後、データ解析の手法、調査する上で注意すべき点、過去に失敗した例、今後の調査の進め方などについて、参加した研修生が現場で抱えている問題点等を紹介しながら熱い議論を戦わせ、改善策を考えていきます。

研修では、参加者全員が放流効果調査を実施している現場に適した手法をそれぞれに会得してもらうことが大きな目的となっています。これまで4回の研修で32人が受講しましたが、研修生は各職場に戻り、周りの人たちに研修で得た技術・手法を伝達しています。



写真3. ヒラメとにらめっこ。  
実際に魚市場で、ヒラメが放流魚か天然魚かを見極めます。

# あんじいの さかな 魚菜に乾杯



第4回

## サワラのアラを使ったスペシャルリゾットと旨味たっぷりふりかけ



### サワラ

サワラは東シナ海を中心に日本〜中国沿岸に分布し、1m以上に成長する大型のサバ科の魚です。サワラの資源は大きく変動する傾向があり、特に瀬戸内海では顕著で、漁獲量はピークの6255トンから1998年には196トンに急減し、絶滅するのではと危惧されました。しかし屋島栽培漁業センターで種苗生産に成功し、毎年10〜20万尾の稚魚を放流できるようになったこと、漁期・漁具の規制などの効果により、2002年には漁獲量が1000トンを超え、瀬戸内海のサワラの資源は回復してきています。また、東シナ海などの漁獲量も増加しており、身近な魚になりつつあります。

サワラ「鱈」は魚へんに春と書くその名の通り、瀬戸内海では春に産卵のために戻ってくる魚で、讃岐ではサワラ料理で親類をもてなす「はるいお」という食文化があるなど、古くから瀬戸内の人々に愛されている魚です。サワラは鮮度の低下が早く、身に割れる状態となるため、みそ漬けなどの加工品の材料とされることが多く、刺身など生食で賞味されているのは産地の近隣でのみでした。しかし、近年ではその

美味しさが知られるようになり、全国的にサワラの刺身が出回るようになりました。

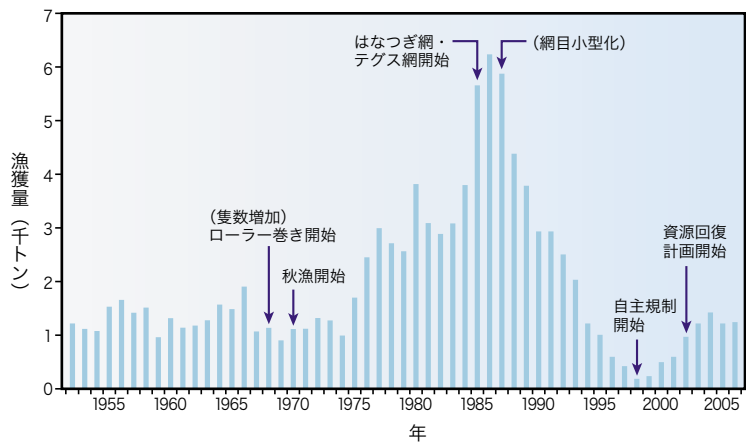


図. 瀬戸内海におけるサワラ漁獲量の年変化.

今回はサワラを無駄なく食べる料理として、アラを煮出したスープを使ったスペシャルリゾットと、アラに付いた身をほぐした上品なふりかけのレシピを紹介します。アラが手に入らなければ、切り身で作っても、もちろん美味しいですよ。



## あんじいレシピ

### サワラのアラを使ったスペシャルリゾットと旨味たっぷりふりかけ



サワラのスペシャルリゾットとサワラのふりかけ(右上)

#### ●「サワラのスペシャルリゾット」の作り方

1. アラ(頭・中落ち)を30分以上煮出して、よくアクを取り旨味たっぷりのスープを作る。
2. ニンニク・ショウガ・タマネギ等のみじん切りをオリーブオイルで炒め、香りと甘みを出す。そこにしょつつる等の魚醤(讃岐特産イカナゴ醤油が最適)の調味料で下味を付ける程度の長さに切った菜の花を大皿に並べます。
3. そこにアラで取ったスープをベースに牛乳を加え、バジル少々。少し煮詰め、堅めに炊いたご飯を投入し、ご飯にスープを含ませる。
4. 最後に生クリームとオリーブオイルを加え、塩で味を整えて、できあがり。
5. 盛りつけて、トマトのみじん切り(塩・オリーブオイル・バジルを和えた物)をトッピングして、旨味たっぷりのスペシャルリゾットを召し上げ。

#### ●「サワラのスペシャルリゾット」の材料(4人分)

- サワラのアラ(頭・中落ち) 適宜
- アラスープ 2カップ
- 堅めに炊いたご飯 2合
- タマネギ中 1個
- ニンニク・ショウガ 各ひとかけ
- オリーブオイル(大さじ分量) 2(2)、1(4)、1(5)
- 牛乳 半カップ
- 生クリーム 大さじ2
- トマト大 1個
- 魚醤 小さじ1
- 塩・バジル 適宜

#### ●「サワラのふりかけ」の作り方

1. アラを煮出した後の中落ちに付いている身をとり、骨が入らないように丁寧にほぐす。
2. フライパンにオリーブオイルをひき、ショウガのみじん切りを少々炒め、ほぐした身を投入。そのまま中火で木べらでよく混ぜ合わせながらから煎りする。
3. ほぼ乾燥したら、ゴマを投入。ぱちぱちいうまでから煎りする。
4. しょつつる等の魚醤を適宜振り入れ、ジュンといわせて臭みを取り、塩・だしつゆ・みりん等の調味料で味を整える。
5. 熱々のご飯にかけて、召し上げ。

#### ●「サワラのふりかけ」の材料

- アラに付いた身 カップ2程度
- オリーブオイル 大さじ1
- ショウガ ひとかけ
- ゴマ 大さじ2
- 魚醤 小さじ1
- 塩・だしつゆ・みりん 適宜

# 市野川 桃子

ICHINOKAWA MOMOKO

# 人物往来



## モデルといえばこの人！

まぐろの資源評価から国際会議まで何でもこなす、  
遠洋水産研究所の市野川桃子さんに密着取材

全国各地から地道に研究を行っている研究者やそれをサポートする職員を毎回ピックアップしていくこのコーナー。連載第15回目は、遠洋水産研究所熱帯性まぐろ資源部数理解析研究室の市野川桃子さんの紹介です。市野川さんは、まぐろがどのように回遊し、獲られているかを数式でモデル化し、その数量を推定していく研究に取り組んでいます。さらにその結果をまぐろの資源管理を行っている国際漁業委員会に提出し、各国の研究者と議論していくことでより適切なまぐろの管理に貢献しています。おりしも研究所では「北太平洋におけるまぐろ類及び類似種に関する国際科学委員会」（ISCと略）という国際会議が開催されており、今回はその様子も取材しました。



## プランクトンを研究していました

中里…今回は静岡県静岡市、天女伝説で有名な三保の松原のすぐ近くにある遠洋水産研究所（以下、遠水研）にやってきました。いま消費者の皆さんの関心が高い魚といえは「まぐろ」、企業間でもビジネスチャンスと狙われている魚といえは「まぐろ」、そしてその人気者ぶりゆえに、数が減っていることが心配されているのも「まぐろ」、ですね。ということで、世界の海にどれだけまぐろがいるか（まぐろの資源量）を推定する研究に取り組んでいる、市野川桃子さんにお話を伺います。

**市野川**…何を聞かれるのかドキドキですが、よろしくお願いします。

中里…こちらこそ素敵なお方なのでドキドキです。うわさによればお酒もお強いとか。いや、



市野川さんの楽しそうなデスク周り

それはさておき、まずはこの研究所でまぐろの研究に取り組まれることになったきっかけについて教えていただけますか？

**市野川**…はい。実は大学院の博士課程は、総合文化研究科というところで、赤道近くの海洋プランクトンをテーマとした水産にほとんど関係ない研究をしていました。

中里…総合ブンカ…という文系ですか？

**市野川**…いえ、その下に広域科学専攻というコースがあつて、そこは、自然科学を主に扱う理系のコースになっています。私は海洋の生態系に興味があつて、光合成で植物プランクトンが増え、それを動物プランクトンが食べて、さらには魚が食べてという食物連鎖を、数理モデルを使って解析する研究をしていました。

中里…それが、どうしてまぐろにたどり着いたのでしょうか？

**市野川**…正直いうとその研究室では使えるデータが限られていて、博士課程を修了した時、これからどうしようかなと悩んでいたんです。ちょうどその頃、遠水研でモデルを使ってまぐろやかじきの資源解析をする人を探しているという紹介を受け、こちらに来ました。中里…じゃあ、この研究所にきて初めてまぐろについて研究するようになったのですね。まぐろ、どうですか？

**市野川**…趣味がスキューバダイビングで、もともと魚を見るのは好きだったので面白そうだな、と思いました。まぐろ、食べるのも好きです。メバチやキハダがたくさん手に入っ

たときはツナ缶作りに挑戦しました。晩酌のおつまみになるような料理を作るのが好きなんですよ。

## 数理モデルからわかること

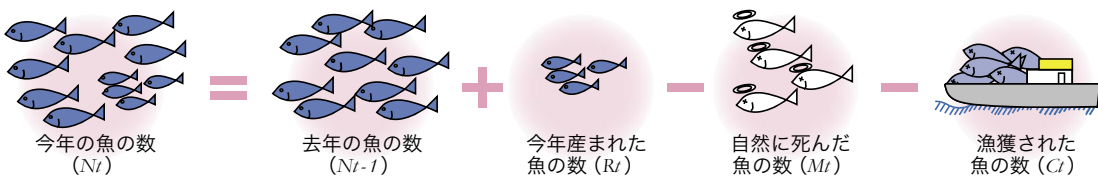
中里…ところで、モデルっていうとファッションモデルとか、車の新型モデルなどをイメージしますが、市野川さんたちがやっている数理モデルってなんですか？

**市野川**…世の中には、ぱっと見ただけでは理解するのが難しいいろいろな現象がありますが、そういったことがらでも模型のように単純化すれば理解しやすいと思います。

簡単な例でいうと、海の中の魚の量は、親が子どもを産むことで増えるけども、自然に死んだり、漁獲されたりすると減る。という仮説をたてて、これを式で表現することが、数理モデルを作る、ということなんですよ。

中里…なんだかちよつと安心しました。ところで水産の研究者になつてから、漁業に対する考え方は変わりましたか？

**市野川**…漁業って天然の魚をどんどん獲っちゃいますよね。だから、魚がいなくなるよいうなあまり良くないイメージを最初は持っていました。でも、どんな魚も、子が成長して親になつて子を産んで、といったふうに、親さえいれば自然に増えるんです。なので、ある程度の親を残して増えた分だけうまく獲ってあげれば、海の幸をずっともらいながらも、生態系への影響を最小限にとどめることができるということになりました。ただ、現実



# 人物往来



まぐろの研究からダイビング、まぐろを使ったおつまみレシピ、そしてお酒まで話が弾みました

## いちのかわ ももこ

1976年生まれ、東京都出身  
 東京大学大学院総合文化研究科博士課程修了  
 その後、民間から遠水研への派遣研究員、アメリカ合衆国海洋大気庁の招聘研究員を経て、現在遠洋水産研究所任期付研究員(※)。  
 趣味は、スキューバダイビング、料理と晩酌

※博士号取得者など優れた研究者を一定期間雇用し、即戦力として研究開発に取り組んでもらう制度

取材  
 経営企画部広報室 中里智子

では、海の中にどのくらい親がいて、それがどのくらいの子を産むか、ということがわからないので、漁業データや数理モデルを使って、まぐろの資源量を「推定」することが大切なんです。

中里：産業にも視線が向いてきたという感じですね。

市野川：大学にいたときも、将来的には社会に役に立つような研究ができればいいなと思っていました。

中里：アメリカの海洋大気庁(NOAA)の研究員としての経験もあるとのことですが、アメリカに行っていたのですか？

市野川：いえ、お給料はNOAAからもらっていたんですが、勤務先は遠水研で、その間はカジキの資源解析の仕事をしていました。ただ、任期中に1ヶ月ほど、ハワイの研究所で研究できる機会がありました。ハワイの研究者は、今日はいい波だったから、なんてサーフィンしてから出勤してきたり、毎週金曜日の夕方は皆で集まってビールを飲んだり、結構のんびりしていると思いましたがね。ハワイだからかもしれないけれど。

中里：現在のお仕事や先ほどの国際会議での対応振りから察するに、ほかにも海外経験が豊富なんですね。

市野川：いいえ、留学もしたことがありませんし、遠水研に来る前は英語も全くとっていいほど、しゃべれなかつたくらいです。

中里：じゃ、仕事できたえられたんですね、私も遠水研に語学留学に来ようかな。

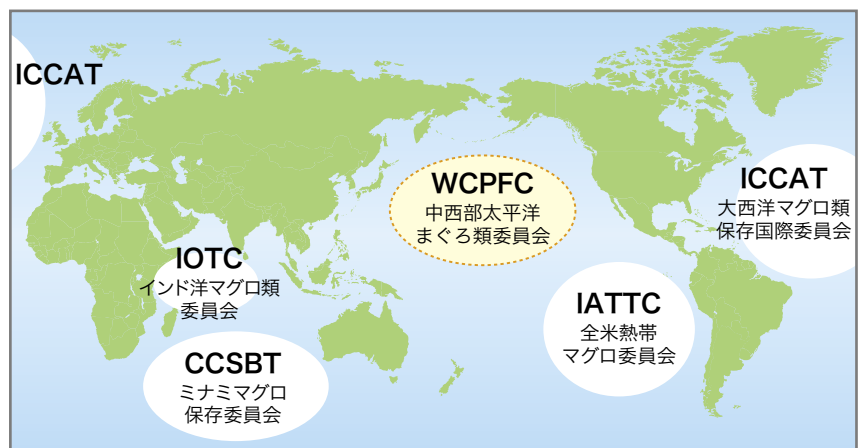
## 国際会議での役割って？

中里：ところで、いま、こちらでまぐろ類資源管理のための科学委員会のひとつ、ISCの作業部会が開催されているのですよね。このISCについて教えてください。

市野川：太平洋のクロマグロや北太平洋のビンナガ、カジキ類の資源評価をする科学委員会です。太平洋を回遊して様々な国に漁獲されるこれらのまぐろ類を、それぞれひとつの資源として資源状態を推定(資源評価)することが目的です。ISCで得た評価結果を基に、WCPFCなどの管理委員会が今後の管理方針などを検討します。今回のクロマグロ作業部会には、太平洋でクロマグロを漁獲している日本、アメリカ、メキシコ、台湾と、IATTC(全米熱帯マグロ委員会)からの科学者が参加しています。

中里：毎年、資源評価を行っているのですか？

市野川：資源評価は魚種ごとに2年に1回くらいのペースで行われています。でも、ISCの作業部会自体は魚種ごとに年1回から2



まぐろ類資源関係の国際漁業委員会  
 市野川さん達が出した北太平洋のクロマグロ資源評価の結果はWCPFCなどに提出されます

回の間隔で開かれます。資源評価を行う前に、漁獲量などの必要なデータを準備したり、資源評価のためのモデルの設定を検討したりするための会議も必要なので。クロマグロの場合は、去年の4月の漁業データ準備のための部会、12月のモデル設定についての部会を経て、やっと今回5月になって、資源評価ができることになりました。この結果は7月のISC本会議でまとめられ、その後WCPFCに提出されます。WCPFCではその結果をもとに今後の管理方針を決めていきます。

中里…漁獲枠を決めるんですね。

**市野川**…いえ、太平洋クロマグロに関しては、今のところ漁獲枠による漁獲制限がWCPFCで勧告されたことはありません。でも、今回の資源評価結果によっては、今後勧告される可能性もあります。

中里…それで、今回市野川さんたち日本の科学者の役どころってなんですか？

**市野川**…参加した全ての国の科学者が納得できる資源評価の結果を出すのが目的なので、今回の作業部会では国別の役割というのは特にないんです。

資源評価の基になる漁業データの多くが日本から提供されているので、日本側が提供したデータに関しては、日本の科学者が信頼性を保証しなければなりません。太平洋クロマグロでは、今のところ日本の漁獲が大きな割合を占めているので、データの管理やとりまとめだけでもかなり大変で、今回の資源評価で

使っているデータも、遠水研の10人以上研究員が1年以上かけて用意したものです。

中里…そうですね、一番獲っている日本が一番情報を持っていて、貢献しているんですね。そういえば今回この号ピックアッププレスリリースで紹介している「耳石を用いた太平洋産クロマグロの年齢査定と成長解析」(31ページ参照)も、涙ぐましい標本採取の努力が実を結んだものですよ。

### もっといろいろ挑戦したい

中里…調査船に乗って自分でデータを取りに行ったりもするんですね？

**市野川**…それが遠水研ではまだないのです。でもこれから自分で調査もやってみたいと思います。今年の夏から高知県の水産試験場と共同で曳き縄漁業の調査を始めるので、来週は、高知に調査に行ってきます。

中里…それでは最後に今後やっていきたいことについて伺います。

**市野川**…クロマグロの資源評価が一番大変なのが、データを集めることです。どこでどれくらいの年齢、大きさのクロマグロが獲られているのか、知らないといけないんですけど、漁獲報告の義務がない漁業が多いのでわからないことが多いのです。各県の水産試験場を通して、主な水揚げ漁港の漁獲データを収集してはいるのですが、最近では、今までクロマグロを獲っていなかった場所でも漁獲や水揚げされるようになってきました。

中里…データにこだわると市野川さんとしては、歯がゆいというか、自分できちんと把握したいわけですね。

**市野川**…そうですね、なるべく現地調査をして、地元の水産試験場の方ともコミュニケーションをとって、常に漁業の現状を把握しておきたいと思っています。

中里…コミュニケーションに関しては、お酒に強いということはメリットかもしれませんが、全国まぐる漁業関係の皆さん、彼女がうかがいましたらデータ協力よろしくお願ひします！というところで時間となりました。今度は高知での調査の様子も聞かせてくださいね。どうもありがとうございました。

ISC会議風景から



IATTCからの出席者と。お互い「また来たか!」と言い合う長いつきあい



会議での報告の様子



# サンマの三代目が誕生

サンマは広い海域を回遊しながら生活しているため、その資源量は、時には気候変化の影響を受けて変動していると考えられています。この変動の謎を解くことができればより計画的な漁業が可能になり、水揚げが安定し、食の安定や産業の振興にも貢献できるでしょう。しかし、回遊範囲が広いだけに謎の解明は容易ではありません。

水産総合研究センターは2004年度から資源の動向を解析するモデルの完成を目指し、東北区水産研究所を中心に中央水産研究所と北海道区水産研究所が連携して研究を進めています。厚岸栽培技術開発センターではサンマの飼育を行い、水温や餌などの諸条件が成長や産卵などに与える影響の解明に取り組んでいます。

漁獲されたサンマは鱗がはがれやすいため、生かして輸送することもとても難しい魚です。そこで、三重県沖で流れ藻に付着していた受精卵を手し、ふ化した仔魚を飼育して飼育研

究に用いました。2006年度は天然の卵から成魚まで飼育して、水槽内で産卵させることに初めて成功し、生まれてから産卵するまでの日数や産卵期間、産卵数等の貴重なデータを得ることができました。2007年度は水槽内で産まれた卵を飼育して、得られた成魚からの産卵を確認し、サンマの継代飼育に初めて成功しました。

継代飼育の成功は誕生日のわかるサンマを安定して確保できる点で画期的ですし、そのノウハウは他の重要魚種にも応用できそうです。

当センターの新設された循環ろ過施設では、5月末現在で全長20〜30mmのサンマを約3000尾飼育しています。これらのサンマを用いて様々な実験を行い、サンマの資源変動の謎を解いていきたいと考えています。

この研究は水産庁委託事業「資源変動要因分析調査事業（サンマ）」によって行っています。



写真1. 3代目のサンマの産卵。



写真2. 産卵器に産み付けられたサンマの卵。



# 世界最大の食用イカ アメリカオオアカイカを追って

一口に「イカ」と言っても種類はとも多く、その中に体重70kgにもなる

世界最大の食用イカ「アメリカオオアカイカ」がいます(写真1)。本種は、

北はアラスカから南はチリまで南北アメリカ大陸の太平洋側沿岸に分布し、

イカ類の中で最も多く獲られている重要な国際資源ですが、その生態はほとんどわかっていません。このため、ペ

ルー海域やコスタリカ沖を中心に、ペルー国立海洋研究所との共同調査を昨年11月から今年1月にかけて水産庁調

査船「開洋丸」を用いて実施しました。

これまで、本種の産卵生態の情報はペルー海域では皆無で、産卵は表面水温が30℃近くになる高温の海で行わ



写真1. 40kgを超えるアメリカオオアカイカ。

れると想定されてきました。しかし、

今回の調査では19℃前後の水温帯の海域でふ化したばかりの1mmほどの赤ちゃんイカがたくさん採集され(写真

2)、本種は予想よりはるかに低い水温で産卵することがわかりました。

また、大型の個体に超音波発信器や衛星タグを装着して、船で行動追跡

をしました。その結果、昼間には水深1200mを超える深海に潜り、夜間

には表層へ浮上することが確認されました。

さらに漁獲対象になる前の5〜10cmの若いイカを最新の表中層トロール

で採集してどんな分布をしているかを調べ、海水温が低いラ・ニーニャ期では

ペルー沖には豊富に分布する一方で、コスタリカ沖ではきわめて少ないこと

がわかりました(図1)。

これらの調査結果を生かして、本種資源の有効利用のための研究をさらに進める予定です。



写真2. アメリカオオアカイカのふ化直後の稚仔。

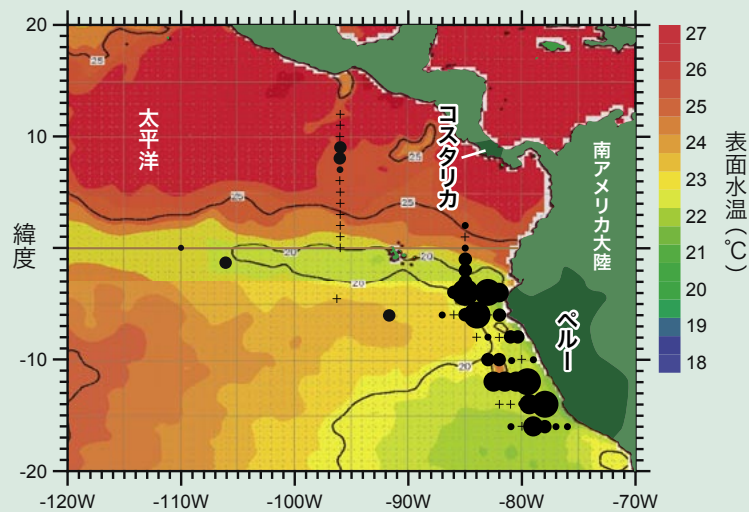


図. ラ・ニーニャ期における若齢アメリカオオアカイカの分布。



## カナダ・ラバル大学の博士論文外部審査員を担当

中央水産研究所資源評価部生態特性研究室の高須賀明典研究員は、今年1月下旬にカナダ・ケベック州のラバル大学から招待を受け、同大学の博士論文を審査する外部委員をつとめました。これは高須賀研究員を中心として発表した研究論文の質が高く、その内容が審査対象の研究者の研究背景になったからです。

今回は、海外研究者との交流の一例として、ラバル大学の博士論文審査の経験を伝え、今後の研究への発展を探ります。

### 審査員に選ばれた背景とカナダの制度

カナダのラバル大学は、カナダで初めて設立された、最も伝統ある名門大学です。このラバル大学で今回、海洋生物学の研究室のレイ・フォルティエ教授から招待があり、大西洋のサバの成長と生き残りの研究で実績のあるドミニク・ロベルト氏の博士論文を外部委員として審査するという経験をしました。

私が選ばれた理由は、以前よりフォルティエ教授の研究室の論文を学びながら、カタクチイワシやマイワシの成長と生き残りの研究を進めてきており、その成果論文を海外の論文誌に発

表したところ、これを読んだフォルティエ教授が、ロベルト氏の論文を審査するのに適当であると判断したためです。カナダはこのように自由に研究分野や内容によって海外からも審査員を選べるなど透明性の高い制度を持っています。

### 審査委員会の様子

審査委員会は、ロベルト氏の指導教官フォルティエ教授、共同指導者、学部内の教授2人に外部審査委員として私が加わり、計5人で構成されました。前年11月上旬に論文原稿を受け取り、年明けに審査報告書を提出しました。発表会は1月30日にラバル大学講堂

で行われました。学生や候補者の家族も傍聴する完全公開形式です。まず、候補者が博士論文を発表、次に、審査委員が順番にコメントと候補者との質疑応答をし、最後に、審査委員が別室で最終協議の上でサイン、という流れです。質問は多角的で、専門事項から個人の考え方を問うものまでありました。ロベルト氏の博士号取得は全会一致で決定され、講堂で待機する彼にすぐ伝えられました。

### この経験を生かして

私は以前からフォルティエ教授の研究室の論文を学び、その成果論文が元で今回の招待を受け、そして今、ロベルト氏の論文を応用して、日本のカタクチイワシのシラスの生き残りを予測する研究案を練っています。巡り巡って国際交流と新しい展開が生まれました。今春、ロベルト博士は、日本学術振興会の外国人特別研究員に内定し、夏から2年間、日本での活躍も期待されています。



写真2. 博士論文発表会における審査質疑応答  
(右: 候補者, 左: 審査員, 手前: 司会者).



写真1. ドミニク・ロベルト博士.

# まぐろを巡る研究開発 ～その中にあるビジネスチャンス～

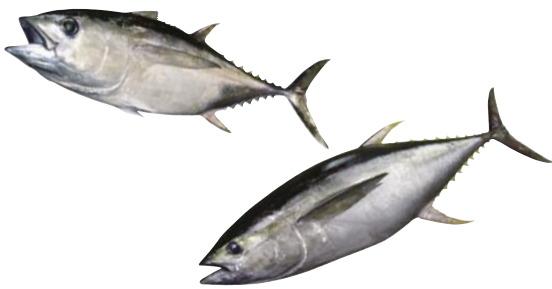
## 第1回技術交流セミナー開催

水産総合研究センターは、企業、大学、関連団体等との連携をさらに推進するため、水産技術の交流の場として、「水産技術交流プラザ」を発足しました。本プラザでは、水産情勢を踏まえた技術交流セミナーの開催、外部機関との情報交換などを通じて、共同研究の推進、知的財産の活用等による研究開発成果の普及、関係機関間のネットワークの構築を図ります。

4月23日に横浜市のクイーンズフォーラム大会議室において、水産技術交流プラザの最初の活動となる第1回技術交流セミナーを「まぐろを巡る研究開発～その中にあるビジネスチャンス～」と題して開催しました。当センターにまぐろ研究所が発足して1年が経過した節目でもあり、この間の活動と成果をお知らせすることとし、次の3題について講演しました。①まぐろ研究所初年度の成果―資源・増殖・利用加工、②まぐろ漁業における混獲防止技術―商品化の可能性―、③天然まぐろのトレーサビリティシステムの導入に向けて。

当日は170人の水産に関する技術開発に関心を持つ方の参加を得、まぐろ養殖の際の水流の確保についての質問や、個々の問題に対する対策だけでなく総合的な戦略が大切であるとの意見などが寄せられました。また、セミナー後には個別に相談があり、今後の連携に向けた関係構築のきっかけとなりました。

この技術交流セミナーは、年6回程度開催する予定で、参加は無料で事前登録をお願いしています。スケジュール、テーマはホームページ等でお知らせしています。関心のある方はぜひご参加下さい。



ホームページ  
<http://www.fra.affrc.go.jp/plaza/>



講演後には多くの質問をいただきました



熱心に耳を傾ける参加者

# トロール漁法およびこれに用いるオッターボード

水産総合研究センターは、魚の資源量を調べて、漁獲できる適切な量を算定しています。この調査の一つとしてトロール網が使われ、採集された魚の量や大きさなどから調査した海域の資源量を推定しています。

図1に、上から見た従来のトロール網とそれを曳く船を示しました。2本の曳き綱を使ってトロール網を曳きますが、2本の曳き綱だけではトロール網が開きません。そこで、曳き綱にオッターボードと呼ばれる板を左右対称に取り付けて、オッターボードに発生する拡網力によってトロール網の網口を左右に拡げます。

資源量を調べるには、魚の密度を知る必要があります。魚を採集するときに、魚が驚いて集まったり、または逃避したりすると正しい密度を推定できなくなりますので、できるだけ自然な状態で遊泳する魚を採集することが重要です。

海面付近にいる魚、例えばサンマなどを採集する時は、トロール網を海面上に見えるくらい極表層で曳く必要があります。その場合、トロール網は船が通過した直後を曳かれるので、船のスクリーン音や波、流れによって採集したい魚が逃げてしま

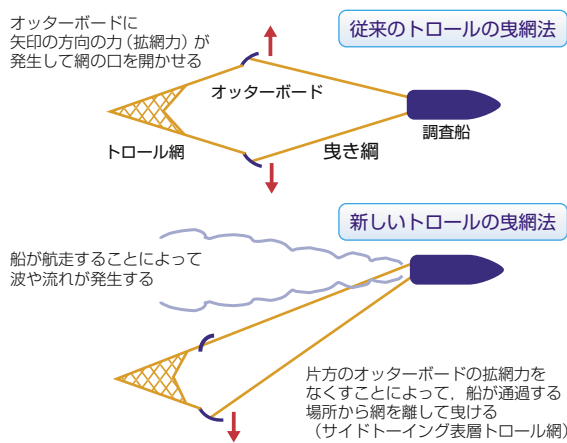


図1. 新しいオッターボードによる曳網法.

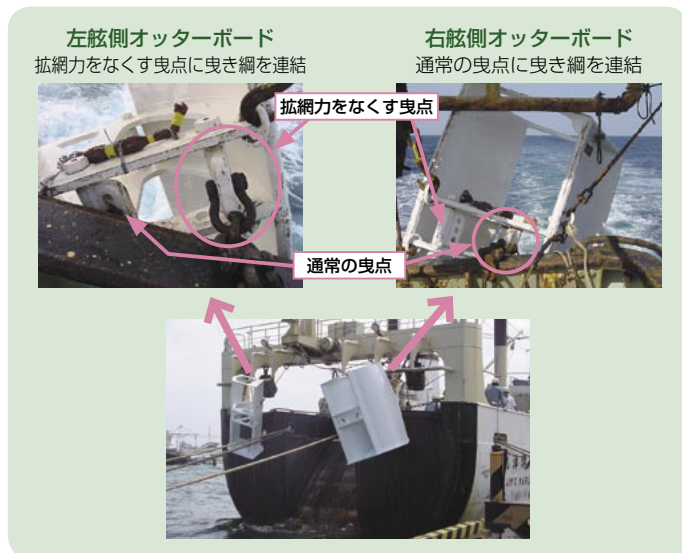


図2. 新しいオッターボードの構造.

うことがあります。そこで、船が通過した場所から離して網を曳ける新しいオッターボードを開発しました(図1、2)。

このオッターボードには、曳き綱と連結する曳き点がそれぞれ2か所あります(図2)。通常の曳き点と拡網力が発生しないところに設けた曳き点です。船が通過した場所から離して曳く場合は、例えば右舷側にあるオッターボードでは通常の曳き点に曳き綱を連結し、もう一方のオッターボードでは拡網力が発生しない

ところに設けた曳き点に曳き綱を連結します。こうすることで、トロール網をひろげる力が片方だけに働き、船の進行方向に対してこの場合右側に網がでていきます。実際に、サンマを対象に試験操作を行いました。多くのサンマを採集できました。新開発したオッターボードによる新しいトロール網(サイドトローイング表層トロール網)は、資源量を調べるためだけでなく、今後サンマなど表層にいる魚を対象にした漁業にも応用することができます。

## 珪藻類培養のための新しいケイ酸供給剤

珪藻類は、世界中の海でよく見られる植物プランクトンで、EPAやDHAなどを多く含むため、二枚貝類や甲殻類の餌として、とても重要な微細藻類です。この藻類は、ケイ酸成分の殻を持つ特徴があり、一部の種類を除き、培養にはケイ酸が必須です。ケイ酸を供給するためには、今まで水ガラスなどが用いられてきましたが、水の性質を変えてしまつて給餌対象となる水産動物に悪い影響を与える可能性がありますし、供給作業も複雑でした。これらの問題を解決するために、富士シリシア化学株式会社との共同研究で、新しいケイ酸供給剤「商品名：ゲルカルチャー」を商品化しました。

ゲルカルチャー（写真1）は目合いの細かいネットなどに収容して、培養水中のエアール供給部の近辺に置くだけで、水の性質を変えることなく、簡単にケイ酸の連続供給が可能です。また、価格も水ガラスと比較して安価です。さらに、実験では水産動物に対する毒性も確認されませんでした。

ゲルカルチャーを用いて実際にキートセロス（珪藻類の一種）を培養したところ（写真2）、葉緑体が

発達して餌としての価値が高い細胞を培養することができました。このように、珪藻類の大量培養の実用化と二枚貝類などの種苗生産への応用に大きく貢献することが期待されます。

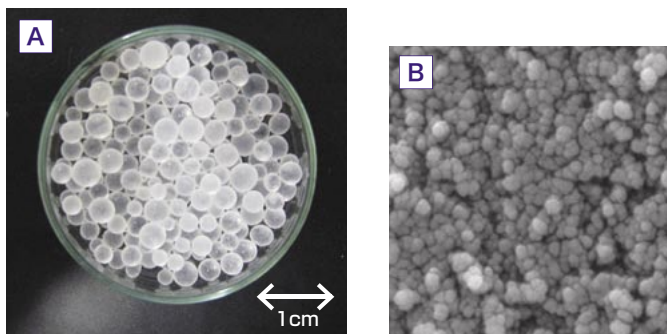


写真1. ケイ酸供給剤「ゲルカルチャー」の特徴。

乾燥を防ぐために密封して販売されています。ゲルカルチャーは半透明の粒状で、ケイ酸と水だけからできています（A）。表面に凹凸があって、海水との接触面積が広く、ケイ酸が溶け出しやすくなっています（B）。

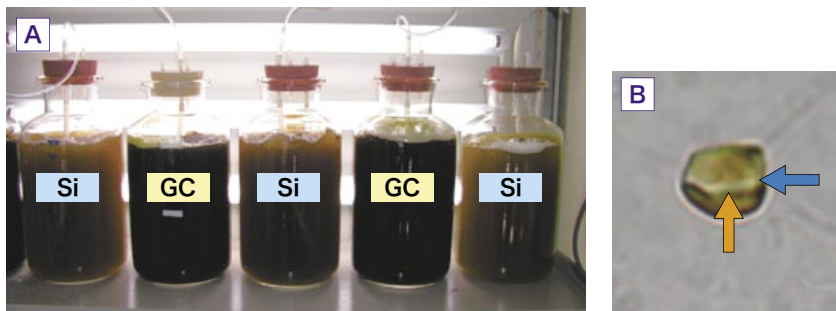


写真2. 珪藻類キートセロスの培養。

キートセロスをゲルカルチャー（GC）で培養すると、水ガラス（Si）を用いた場合より濃い茶色をしています（A）。これはガラスの殻（→）で覆われ、葉緑体（→）が発達した細胞が高密度に増殖しているためです。（B: 光学顕微鏡での観察）。

# 環境条件の制御による カンパチの早期人工種苗生産に成功

—カンパチ養殖業に大きな進展—

PICK UP PRESS RELEASE

近年注目を集めているカンパチ養殖は、種苗のほとんどを中国産天然種苗に依存しています。しかし、食の安全・安心の観点から、国内で低コストの種苗を生産する技術の開発が強く求められています。

日本のカンパチ人工種苗生産は、従来5〜6月に養成親魚から採卵して行われていました。飼育初期における大量減耗と全長約15mmから始まる共食いのため、種苗生産での生残率は0〜5%程度と低く、生残率の向上が大きな課題でした。



写真1. カンパチ養成親魚 (3歳で体重13〜14kg) .



写真2. カンパチ早期人工種苗の取り上げ状況.

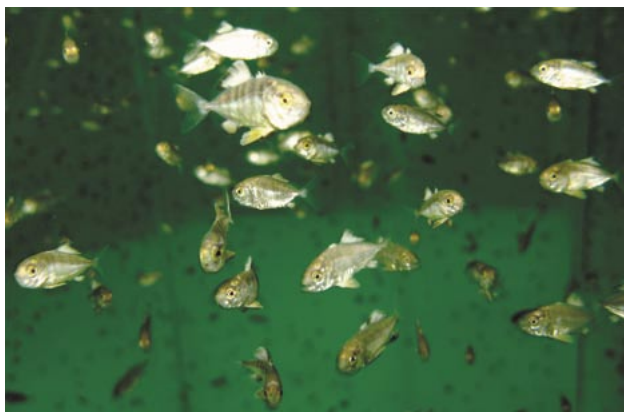


写真3. 取り上げたカンパチ早期人工種苗 (平均全長28mm) .

水産総合研究センターは、カンパチ養成親魚の飼育環境条件(特に日長と水温)を制御することによって成熟促進を図り、2007年12月下旬に従来(5〜6月)よりも早期の採卵に成功しました。この受精卵を用いて、2008年1月末には全長約28mmの種苗約1万3000尾(生残率7.6%)の生産にも成功しました。この種苗は3月末に平均全長で約186mm(平均体重で98g・最大個体は196mm、117g)に達していて、本年の12月末には約3kg程度に成長することが期待されています。

このように早期採卵技術によって、中国産天然種苗にサイズの点で勝る種苗を養殖用として供給できるようになります。また養殖期間の短縮による大幅なコスト削減も期待できます。この技術を用いた人工種苗を大量かつ安定的に生産することにより、カンパチ養殖業の大きな進展が見込まれます。

この研究は先端技術を活用した農林水産研究高度化事業「カンパチ種苗の国産化及び低コスト・低環境負荷型養殖技術の開発」(2006年度)によって行っています。

# 耳石を用いた 太平洋産クロマグロの 年齢査定と成長解析の成果

PICK UP PRESS RELEASE

水産総合研究センターは、関係道県の水産試験研究機関と連携し、水産庁の国際資源調査委託事業の一環として、太平洋産クロマグロの年齢査定等の精度向上に取り組んでいます。

これまで太平洋産クロマグロの年齢を調べるためには、体長組成の季節変化や鱗の輪紋を用いてきましたが、この方法では、大型で10歳を超える高齢のクロマグロの年齢と成長については明らかにされていませんでした。

この度、当センターでは、1998年から2007年までに日本各地などで収集したクロマグロの耳石を観察し、耳石の不透明帯が1年に1本形成される年輪であることがわかりました。この年輪を数えることによりクロマグロの年齢がわかり、その成長解析が可能なることを明らかにしました。

この結果から、クロマグロの成長は10歳程度までが速く、それ以降では遅くなること、クロマグロの寿命が20年近いことが示唆されました。これは、資源評価の精度向上と資源管理上、重要な情報となります。

なお、クロマグロの耳石を収集するにあたっては、水揚げされる産地から消費地に至る漁業者、研究機関、流通

関係者など多くの方々の協力を頂いています。



写真1. 個体標識用の番号札を付けたクロマグロ。

産地市場で水揚げされた個体の体長や体重などを記録し、頭部に番号札を付けて個体識別した魚を流通段階で追跡できるようにし、築地市場など消費地市場で解体された頭部から耳石を回収します。頭部に番号札が付いていれば解体されても元の個体のデータと照合できます。（左は番号札の拡大画像）

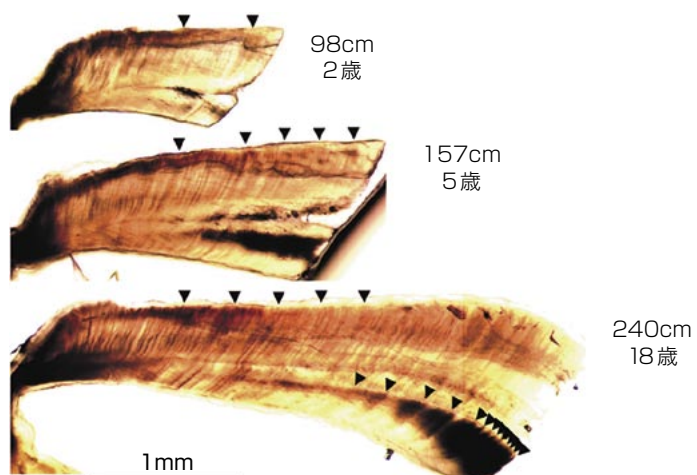


写真2. クロマグロの耳石薄片。

▼は不透明帯を示します。尾叉長240cm (259kg)の個体では、耳石に18本の不透明帯が確認され、18歳であると推定されました。

# 海藻類等からの バイオエタノールの生産収量を 初めて確認

PICK UP PRESS RELEASE

水産総合研究センターは、東京海洋大学などとの連携で、海藻類等から生産されたバイオエタノールの単位重量あたりの収量を初めて明らかにしました。

地球温暖化対策の一つとして、バイオマス資源（生物由来の有機性資源のうち化石資源を除いたもの）からエタノールを生産する技術が注目を集めています。現在、陸上植物からエタノールをつくる研究がさかんに行われていますが、海藻類など水生植物を原料としたエタノール生産の研究は、ほとんど行われてきませんでした。日本は、国土面積は小さいのですが、200カイリ排他的経済水域の面積では世界6位で、海洋を生産の場にしたバイオエタノール生産技術の開発に大きな期待が寄せられています。

このような背景のもと、当センターは、2007年度から海藻等を原料としたバイオエタノール生産技術の研究を始めています。この成果として、東京海洋大学と当センターのグループは、海藻（アオサ）や水生植物（ホテイアオイ）を原料として発酵法によりエタノールを生産する際の、単位重量あたりのエタノールの収量をアオサで

乾燥重量の10%、ホテイアオイで乾燥重量の16%と初めて確認しました。

これによって、1トンのエタノールを生産するために必要な海藻の量などの試算ができるようになります。収量の基準ができたことにより、今後、水生植物を利用したエタノール生産を実用化するには、収量を今回の

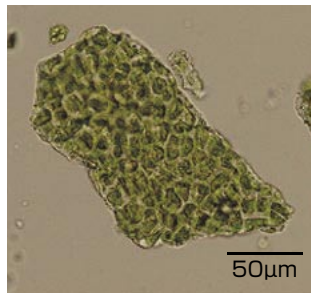


写真1. 広島県廿日市のアオサ群落とアオサ藻体。



写真2. ホテイアオイ群落とホテイアオイ（東京海洋大学浦野教授提供）。

基準よりも向上させる技術の開発が鍵と考えられます。

この研究は水産庁水産業振興型技術開発事業「水産バイオマスの資源化技術開発事業」によって行っています



## 地域誌 ・ 専門誌

### 遠洋リサーチ&トピックス 第3号



発行時期：平成19年10月  
 問い合わせ先：遠洋水産研究所業務推進部業務推進課  
 掲載内容：遠洋水産研究所における研究の紹介など

下記ホームページで全文が参照できます。  
<http://fsf.fra.affrc.go.jp/enyor&t/r&t3.pdf>

### 瀬戸内通信 No.7



発行時期：平成19年12月  
 問い合わせ先：瀬戸内海区水産研究所業務推進部業務推進課  
 掲載内容：瀬戸内海区水産研究所における研究開発情報の紹介

下記ホームページで全文が参照できます。  
<http://feis.fra.affrc.go.jp/publi/setotsuu/setotsuu07.pdf>

### SALMON 情報 第2号



発行時期：平成20年1月  
 問い合わせ先：さけますセンター業務推進部業務推進課  
 掲載内容：さけます分野における研究開発等の取り組み状況及び結果など

下記ホームページで全文が参照できます。  
<http://salmon.fra.affrc.go.jp/kankobutu/srr/srr002.pdf>

### 東北水産研究レター No.7



発行時期：平成20年3月  
 問い合わせ先：東北水産研究所業務推進部業務推進課  
 掲載内容：元気なサケ稚魚を育てる工夫 ほか1編

下記ホームページで全文が参照できます。  
<http://tnfri.fra.affrc.go.jp/pub/letter/7/letter7.pdf>

### 北の海から 創刊号



発行時期：平成20年3月  
 問い合わせ先：北海道水産研究所業務推進部業務推進課  
 掲載内容：北海道水産研究所における研究開発情報などの紹介

下記ホームページで全文が参照できます。  
<http://hnf.fra.affrc.go.jp/H-jouhou/news/kitanoumikara01.pdf>

### 養殖研究レター 第1号



発行時期：平成20年3月  
 問い合わせ先：養殖研究所業務推進部業務推進課  
 掲載内容：養殖研究所における研究開発情報などの紹介

下記ホームページで全文が参照できます。  
<http://nria.fra.affrc.go.jp/letter/1.pdf>

### 西海 No.3



発行時期：平成20年3月  
 問い合わせ先：西海区水産研究所業務推進部業務推進課  
 掲載内容：西海区水産研究所における研究開発情報などの紹介

下記ホームページで全文が参照できます。  
[http://snf.fra.affrc.go.jp/print/seikai/seikai\\_3.pdf](http://snf.fra.affrc.go.jp/print/seikai/seikai_3.pdf)

## 水産総合研究センター研究報告 第22号



発行時期：平成20年2月  
問い合わせ先：業務推進部研究管理課  
掲載内容：統計モデルとデータマイニング手法の水産資源解析への応用 ほか1編

下記ホームページで全文が参照できます。  
<http://www.fra.affrc.go.jp/bulletin/bull/bull22/no22contents.html>

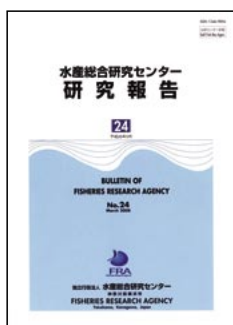
## 水産総合研究センター研究報告 第23号



発行時期：平成20年2月  
問い合わせ先：業務推進部研究管理課  
掲載内容：ボトムトラッキングを用いた簡素なLADCPデータ処理方法 ほか2編

下記ホームページで全文が参照できます。  
<http://www.fra.affrc.go.jp/bulletin/bull/bull23/no23contents.html>

## 水産総合研究センター研究報告 第24号



発行時期：平成20年3月  
問い合わせ先：業務推進部研究管理課  
掲載内容：地方公庁船によるマグロ延縄資源調査の推移と混獲モニタリングとしての特徴 ほか3編

下記ホームページで全文が参照できます。  
<http://www.fra.affrc.go.jp/bulletin/bull/bull24/no24contents.html>

## 栽培漁業センター技報 第7号



発行時期：平成20年2月  
問い合わせ先：業務推進部栽培管理課  
掲載内容：カンパチ早期採卵のための照明の試作と試験飼育 ほか14編

下記ホームページで全文が参照できます。  
<http://ncse.fra.affrc.go.jp/03kankou/032gihou/gihou-no7.pdf>

## おさかな瓦版 No.22



発行時期：平成20年3月  
問い合わせ先：経営企画部広報室  
掲載内容：当センターの取り組みなど水産に関することを分かりやすく紹介

下記ホームページで全文が参照できます。  
<http://www.fra.affrc.go.jp/bulletin/letter/no22.pdf>

## 水産工学研究所技報 第30号



発行時期：平成20年3月  
問い合わせ先：水産工学研究所業務推進部業務推進課  
掲載内容：有限及び無限噴水極小造波抵抗理論の与える高速域の船型について ほか1編

下記ホームページで全文が参照できます。  
<http://nrife.fra.affrc.go.jp/reprint/technical/report-top.html>

## 日本海区水産研究所主要研究成果集 第3号



発行時期：平成20年3月  
問い合わせ先：日本海区水産研究所業務推進部業務推進課  
掲載内容：ふ化管理の改善によりサケの種苗生産率が向上・ふ化・放流技術の普及活動 ほか3編

下記ホームページで全文が参照できます。  
<http://jsnfri.fra.affrc.go.jp/publication/seikashuu/seikashuu-3.pdf>

## 日本を旅するスルメイカ

日本人のイカ・タコ好きは有名で、世界中で漁獲されるイカの半分近くを国内で消費しているとの試算もあります。日本周辺のイカ類の水揚げは年間およそ40万トンで、その7割をスルメイカが占めています。スルメイカと言っても、干して「するめ」になったイカではなく、スルメイカという種類のイカのことです。

太平洋側で漁獲されるスルメイカの多くは、12月頃に九州・東シナ海で生まれ、成長しながら北海道まで北上します。北の海でたくさん餌を食べたイカ達は30cmほどになり、秋に南へと移動し始めます。冬には再び南の海へ戻って産卵を終えた後、短い生涯に幕を下ろします。これからは、沖の漁り火を眺めながらそんなイカの一生に思いをはせてみてください。

北上する途中で漁獲される若いスルメイカは、関東では「麦イカ」、宮古では「夏イカ」という季節を表す名前と呼ばれます。この20cmに満たないイカは刺身や塩辛には向きませんが、その柔らかさと繊細な風味は、大きなイカでは味わえません。柔らかさを味わうなら、さっと湯通ししてポン酢やからし酢味噌で食べる「釜揚げ」が最高です。スーパーなどで見かけたら、ぜひお試しを。



## 編集後記

象潟や 雨に西施が ねぶの花と日本海を望み 芭蕉が詠んだのも今頃でしょうか。

特集で取り上げた中のひとつ、トラフグはこの日本海から東シナ海、黄海の日中韓共有の海域でも繁殖・回遊しています。三国いずれでも好まれ、中国ではトラフグの白子やその白い身を「西施乳」と呼ぶとか。得がたく人心をとろかすような美味を傾国の美女になぞらえたものでしょう。

そしてトラフグをつくり、育てる技術を発達させてきたのは、先人たちが情熱を傾けたたまたもの。日本沿岸で放流された種苗は東シナ海や黄海まで回遊し、西施の故郷までたどり着くのもかもしれません。

今回の特集で当センターの栽培漁業へのひたむきな取り組みを感じていただければ幸いです。

(中里 智子)

### 執筆者一覧

#### ■特集 栽培漁業

- 水産資源を増やす研究開発 ..... 業務企画部 岡 雅一
- 親を育て、卵をとる 希少なカレイ、ホシガレイの卵を大量に確保 ..... 宮古栽培漁業センター 清水 大輔
- 餌をつくる さかなの離乳食「ワムシ」を培養する ..... 能登島栽培漁業センター 小磯 雅彦
- 労力と費用を減らす 人とお財布に優しい種苗づくり ..... 瀬戸内海区水産研究所 栽培資源部 栽培技術研究室 島 康洋
- 効果を確かめる トラフグの安定漁獲に向けて ..... 南伊豆栽培漁業センター 鈴木 重則
- 技術を広げる 成果を現場に生かす取り組み ..... 業務推進部 栽培管理課 鶴志田正晃

#### ■あじい魚菜に乾杯

- 第4回 サワラのアラを使ったスペシャルリゾットと旨味たっぷりふりかけ ..... 屋島栽培漁業センター 山本 義久

#### ■研究成果情報

- サンマの三代目が誕生 ..... 北海道水産研究所 海区水産業研究部 栽培技術研究室 森岡 泰三
- “世界最大の食用イカ”アメリカオアカイカを追って ..... 遠洋水産研究所 外洋資源部 外洋いか研究室 酒井 光夫

#### ■海外交流

- カナダ・ラバール大学の博士論文外部審査員を担当 ..... 中央水産研究所 資源評価部 生態特性研究室 高須賢明典

#### ■知的財産情報

- トロール漁法およびこれに用いるオッターボード ..... 業務企画部 渡部 俊広
- 珪藻類培養のための新しいケイ酸供給剤 ..... 養殖研究所 生産技術部 育種研究グループ 岡内 正典

#### ■おさかな チョット耳寄り情報

- 日本を旅するスルメイカ ..... 宮古栽培漁業センター 有瀬 真人

## FRANews

Fisheries Research Agency News

□ 08年7月1日発行  
 □ 編集：水産総合研究センター 広報誌編集委員会  
 □ 発行：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. 045-227-2600 FAX. 045-227-2700  
 URL. <http://www.fra.affrc.go.jp/>

□ 水産総合研究センター 広報誌編集委員  
 中里 智子 関根信太郎 本間 広巳 小田憲太郎  
 今村 政志 生田 和正 齋藤 晃 中瀬 志穂  
 濱地 信秀  
 アドバイザー：水野 茂樹 デザイン：神長 郁子



# FRA NEWS VOL.15

Fisheries Research Agency News 2008. 7

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. 045-227-2600 FAX. 045-227-2700  
URL. <http://www.fra.affrc.go.jp/>