

# 瀬戸内通信

No.16 October. 2012



## CONTENTS

### 特集 若手研究者研究紹介

- 2 瀬戸内海西部のハモの資源管理に向けた取り組み
- 4 海の世界ふしぎ発見～赤潮は毎日浮いたり沈んだりする～
- 6 ガザミの種苗生産で発生する大量死の防除技術の開発に向けて
- 8 動物の“移動分散”のメカニズムを水産増養殖に生かす

### イベント報告

- 10 平成24年度研究所一般公開
- 11 総合学習「いきいき学級」干潟観察会

編集 瀬戸内海区水産研究所



独立行政法人  
水産総合研究センター

特集:若手研究者研究紹介

## 瀬戸内海西部のハモの資源管理に向けた取り組み

わたり しんご  
亘 真吾

海の魚を持続的に獲るには、生物と漁業それぞれの情報を的確に把握し、人間による獲りすぎに注意を払う必要があります。瀬戸内海西部で近年多く獲れているハモについて、山口県、福岡県、大分県の研究機関と共同で水産資源の持続的な利用に向けた調査研究を行いました。この取り組みで明らかになったハモの年齢に関する知見と資源の状態について紹介します。

### ハモを取り巻く現状

ハモ(写真1)はウナギやアナゴの仲間で細長い魚であり、大きなものでは1m以上に成長します。湯引きや天ぷら、お吸い物など様々な和食に用いられる夏が旬の魚です。瀬戸内海西部のハモの漁獲は1970年代には50トンほどでしたが、1990年代以降急激に増大し、2000年代には800トンを上回り、現在も高水準の漁獲が続いています(図1)。しかし、ハモに関する調査研究は、近年ほとんど実施されておらず、現状が獲りすぎかどうか、また、今後もハモを獲り続けることが出来るかなど、資源管理に必要な知見がほとんどありません。そこでハモの持続的漁獲を行うためには、現在の資源状況の把握と漁業の影響を調べる必要があります。

魚の年齢を知ることによって、卵を産み始める年齢や漁獲され始める年齢、寿命など、資源管理に必要な様々な情報を得ることが出来ます。瀬戸内海西部のハモについては、年齢の知見が50年以上前のものしかないため、今回耳石を用いた年齢査定方法で改めて検討しました。耳石は魚の頭の中にある硬組織で、成長に伴い、木の年輪のような輪紋が形成されます。この輪紋の本数を数えることで年齢を知ることが出来ます(写真2)。輪紋は耳石を薄くヤスリで研磨し、透明な樹脂の中に入れることで明瞭に観察することが出来ます。500個体ほどの耳石を調べた結果、輪紋は生まれた翌年の11月までに1本目が形成され、2本目からは1年に1本ずつ7月頃に形成されることがわかりました。(ハモの産卵時期は夏で、7~8月頃がその盛期です)

### 年齢を調べる



写真1. 水揚げされたハモ

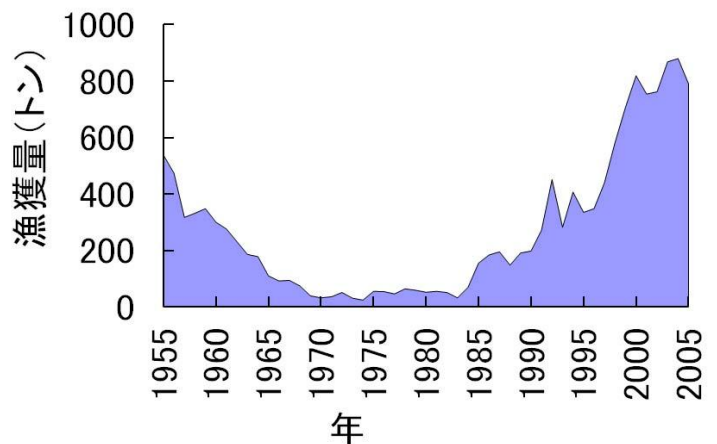


図1. 瀬戸内海西部のハモの漁獲量の推移



写真2. ハモ（6歳）の耳石表面の輪紋の様子（矢印は輪紋）

雌が雄より大きく成長し、もっとも高齢の個体は雌雄とも15歳でした。また、一般によく漁獲される70~80cmのハモは4~5歳であることがわかりました。

### 漁業の影響を知る

ハモの年齢組成の情報をもとに、現在のハモの漁獲が資源に与える影響について検討しました。2006~2011年にかけて得られた年齢組成の毎年の変化を、コホート解析<sup>注1</sup>という方法で、各年の年齢ごとの尾数の変化から計算したところ、1年間に瀬戸内海西部に生息するハモの20%ほどが漁獲されていることがわかりました。魚の個体数は生まれたときが最も多く、その後徐々に減っていきます。一方、1匹ずつの体重は年齢を重ねると増加していきます。このため、漁に出る回数を増やし、ハモが小さいうちに沢山の数を獲るより、ある程度成長してから獲ることで、全体として多い重量のハモを漁獲することができます。このような個体数の減少と体重の増加を考慮した「ハモ1尾から期待される漁獲量」を計算したところ、ハモ1尾から期待される漁獲量は現状の漁に出る回数で最大レベルであり、漁に出る回数をさらに増やして

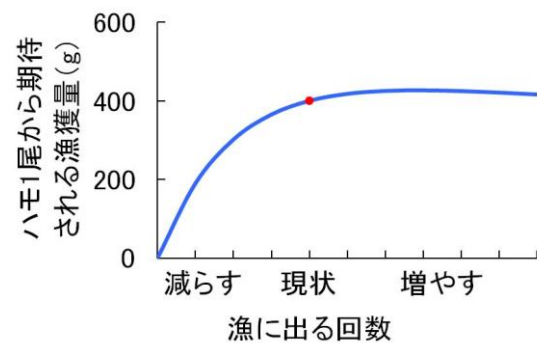


図2. ハモ1尾あたりの期待される漁獲量と漁に出る回数の関係（赤丸は現状を示す）

も漁獲量の増大にはつながらないことが示されました（図2）。このように各県の研究機関との共同の取り組みによって、ハモ資源に関する様々な知見を明らかにすることができました。これらの成果は現在沢山獲れているハモについて、将来にわたる持続的な漁業の推進につながるものと期待されます。

（生産環境部 資源動態グループ 研究員）

注1) 年齢別の漁獲尾数、自然死亡係数（病気や捕食で死亡する割合）を利用して、漁獲係数（漁業で獲られる割合）と資源尾数を推定する方法です。現在、資源量を算出する代表的な解析方法の1つです。

特集:若手研究者研究紹介

# 海の世界ふしぎ発見

## ～赤潮は毎日浮いたり沈んだりする～

しかたともゆき  
紫加田 知幸

有害赤潮の原因となる鞭毛藻類は、鞭毛を使って泳ぐことができ、昼間は海面付近に集まり、夜間は水中深くに潜る、「日周鉛直移動」をします。鞭毛藻類による赤潮の発生時、昼間海面が濃く着色するのは日周鉛直移動によって鞭毛藻が集積することが一つの理由です。また、赤潮鞭毛藻は日周鉛直移動を行うことで、昼間はたくさん光を浴びて光合成をしてエネルギーを蓄え、夜間は水深の深い層にたまっている栄養塩を取り込むことができます。私たちは、赤潮が発生するメカニズムを解明するために、日周鉛直移動のしくみについて研究しています。

### 赤潮の原因となる微細藻類

赤潮とは、数ミクロン～数百ミクロンの単細胞性の微細な藻類が大増殖して、普段は青い海の色が桃色、黄色や褐色などに変化する現象です。日本の沿岸では、毎年夏季を中心に赤潮が発生し、養殖している魚や貝が斃死（へいし）する被害が出ています。有害赤潮の原因となる微細藻類は主に鞭毛を使い泳ぐことのできる鞭毛藻類です（写真1）。

### 赤潮鞭毛藻類の日周鉛直移動

有害な赤潮の原因となるほとんどの鞭毛藻類は、昼間は海の表面に集まり、夜間には水深 10～20 m くらいまで潜ることが知られています。この現象を「日周鉛直移動」といいます（図1）。鞭毛藻類は、日周鉛直移動によって、昼間は光をたくさん浴びて光合成を行いエネルギーを得、夜間は水中深くにたまっている栄養塩をたくさん取り込むことができます。このことが、鞭毛藻類が大増殖して赤潮を形成する原因の一つではないかと考えられています。

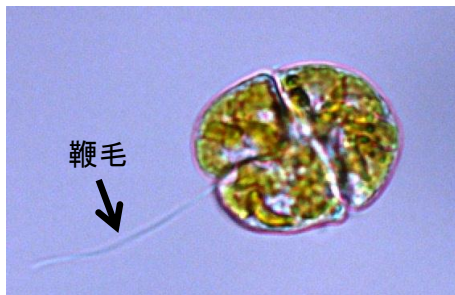


写真1. 赤潮鞭毛藻カレニア・ミキモトイ  
※山口峰生博士撮影

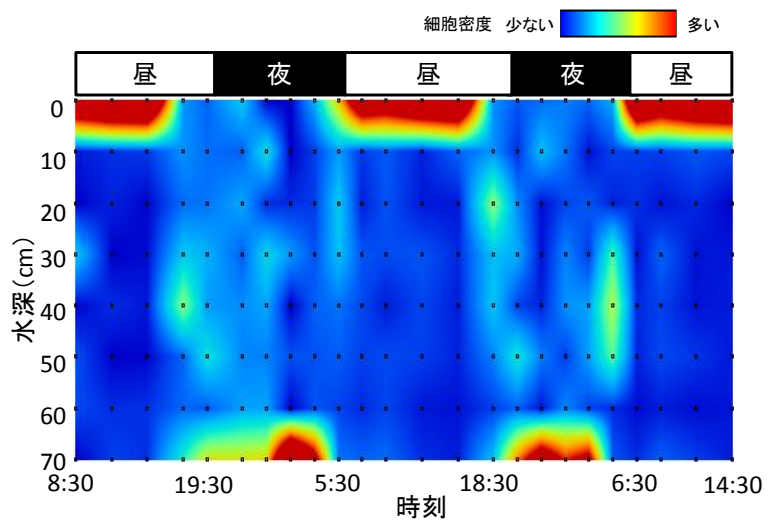


図1. 円柱水槽中の赤潮鞭毛藻シャットネラの日周鉛直移動



写真2. 日周鉛直移動を観測するための円柱水槽

### 日周鉛直移動を観測する

日周鉛直移動を観測するためには、細胞がどの水深層に集まっているかを少なくとも数時間おきに1日以上連続で調べなければなりません。野外観測では、赤潮が発生している時に、数時間おきに採水器を使って各水深層から海水を汲んだあと、海水中に含まれる鞭毛藻を顕微鏡下で数えます。室内観測では、各水深層から直接水が抜き取れる特殊な円柱水槽（写真2）へ培養している鞭毛藻を入れ、数時間おきに採水して鞭毛藻の鉛直分布を調べます。

いずれも不眠不休の大変な作業であるため、このことが大きな障壁となり日周鉛直移動の研究はほとんど進んでいません。そこで私たちは、光学技術を駆使し、無人で鞭毛藻の鉛直移動を観測する装置を数年がかりで開発しました。その結果、実験室内での条件ではありますが、赤外線照射をしながら鞭毛藻の居場所を撮影することで、昼も夜も日周鉛直移動の様子を詳細に観察できるようになりました。

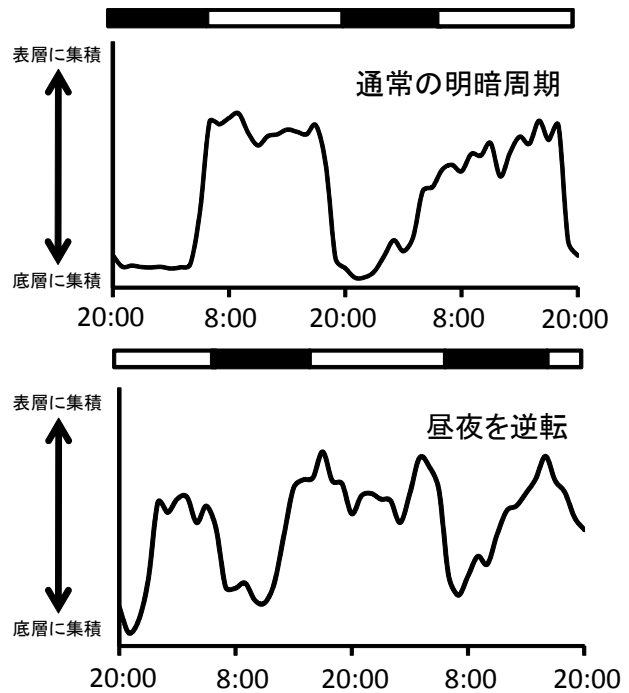


図2. 日周鉛直移動と明暗周期との関係

### 日周鉛直移動は環境によって変わる

苦労の末に開発した技術を用いた研究によって、日周鉛直移動のリズムやスタイルは環境条件によって変わることが少しずつ明らかになってきました。事例として、鞭毛藻類が海面に集まる、あるいは下層に沈降する時間帯は光環境によって変化します。シャットネラという有害赤潮鞭毛藻は、通常、光のある昼間は表層に集まり、暗い夜間は底層に沈みます。しかし実験室内で昼と夜の光条件を逆転させると、明け方に底層に、夕方に表層に集まるようになります（図2）。また、シャットネラの日周鉛直移動は塩分にも影響されることが、野外調査と室内実験の検証作業から明らかになってきました。雨が降って川から淡水が流入すると、表層と底層の塩分差が大きくなり、うまく日周鉛直移動ができなくなります。

私たちは今後も、赤潮が発達していく過程における「鞭毛藻の日周鉛直移動」とそれに大きな影響を与える海洋環境との関係を、室内外の調査実験を通して解明していく予定です。

（環境保全研究センター

有害・有毒藻類グループ任期付研究員）

特集: 若手研究者研究紹介

## ガザミの種苗生産で発生する大量死の防除技術の開発に向けて

だん しげき  
團 重樹

ガザミはワタリガニとも呼ばれる美味な大型のカニで、資源を回復あるいは維持することを目的に、全国で毎年約 4,000 万尾もの稚ガニを生産し、その放流が実施されています。しかし、ガザミの種苗生産では幼生が大量に死亡してしまう現象が頻発し、安定生産の妨げとなっています。増養殖部では幼生の大量死の原因究明と、これを防ぐための技術の開発に取り組んでいます。

### ガザミの成長過程

ほとんどのカニ類は親ガニとは形が異なるゾエアと呼ばれる幼生で卵からふ化します。そして、魚類や哺乳類とは異なり、脱皮を繰り返すことで成長します。ガザミの場合は第 1 齢ゾエアから第 4 齢ゾエアまで 3 回の脱皮を経たのち、メガロパというゾエアとカニの中間的な形へと脱皮し、さらに次の脱皮で稚ガニへと成長します (写真 1)。つまり、稚ガニになるまでには 2 回の変態 (大きく形が変わること、ゾエア→メガロパ、メガロパ→稚ガニ) を含む 5 回の脱皮を成功させなければなりません。ガザミの種苗生産では、メガロパへ変態脱皮する際に幼生が大量死してしまう事例が頻発に発生し、安定した稚ガニの生産の大きな妨げになっています。

### 大量死の原因

大量死の原因を探るために、全国の種苗生産機関に協力を依頼して、幼生の形態と稚ガニまでの生き残りの関係を調査しました。その結果、本来消失するはずのゾエア幼生の背中の特徴がメガロパに残っている場合に生残率が低くなる傾向があることが分かりました (図 1)。

### 形態異常の発生原因

どのような飼育要因によって形態異常が引き起こされているのでしょうか? 様々な飼育条件で幼生を飼育して調査した結果、幼生の餌で



写真 1. ガザミの成体 (上) とそのゾエア幼生 (左下)、メガロパ幼生 (中下)、および稚ガニ (右下) の写真

あるシオミズツボウムシという動物プランクトンが餌としている淡水クロレラやナンノクロロプシスなどの植物プランクトンをガザミの飼育水に高密度に添加した場合にメガロパの背棘が大きく残留し、重度の形態異常が発生することが分かりました (図 2)。

### 形態異常の発生メカニズム

形態異常の発生原因のひとつと考えられる植物プランクトンは、飼育水中のシオミズツボウムシの栄養価を維持するために欠かせない存在です。形態異常による大量死を防ぐためには、

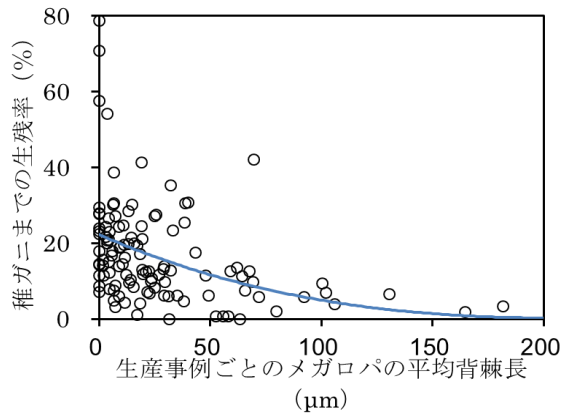


図1. 種苗生産におけるメガロパの形態異常（背棘長）と稚ガニまでの生残率の関係

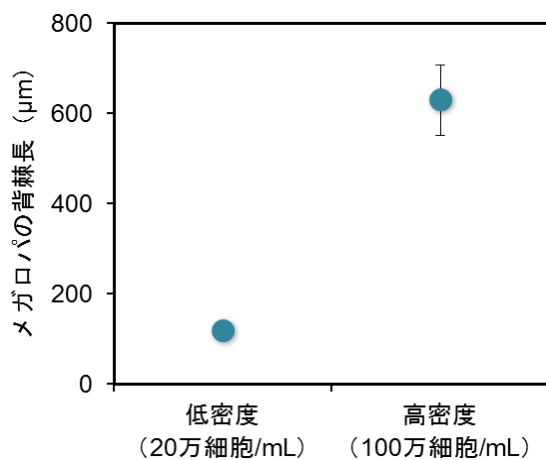


図2. 飼育水に添加した植物プランクトンの密度とメガロパの形態異常（背棘長）の関係（背棘が長いほど形態異常が重症）

植物プランクトンがどのようなメカニズムで形態異常を引き起こしているかを明らかにし、適正な使用方法を模索する必要があります。一方、甲殻類は眼柄（突き出した眼の部分）に重要なホルモンの分泌器官があることが知られています。そこで、ホルモンの分泌の異常と形態異常の関係を調べるため、ゾエア幼生の眼柄を切除する実験を行いました。その結果、ある成長段階に眼柄を切除すると植物プランクトンによって引き起こされる形態異常と同じ現象が発生することを突き止めました（写真2）。

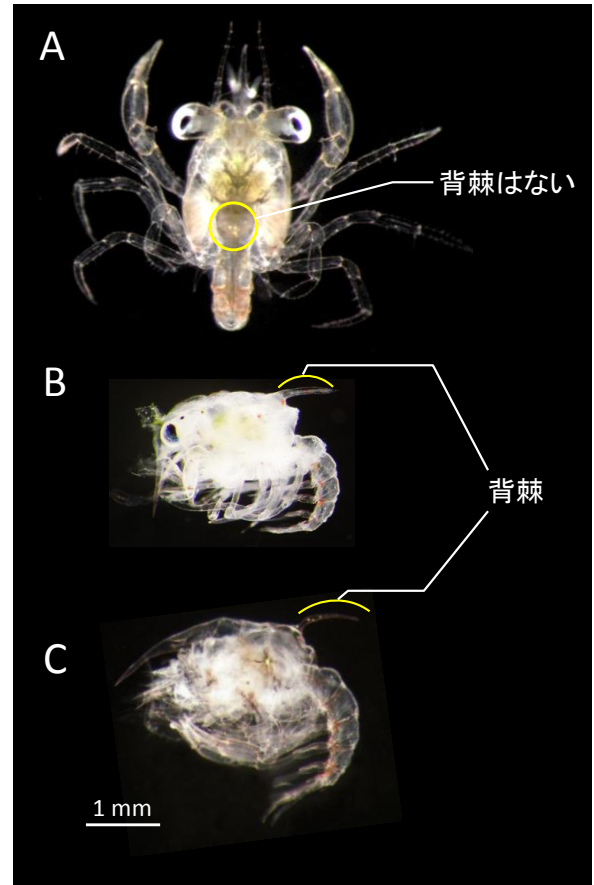


写真2. 正常なメガロパ (A) と、植物プランクトンの添加 (B) ならびに眼柄切除 (C) により形態異常が発生したメガロパ

### 形態異常の発生防除に向けて

これまでの研究で大量死の一因がメガロパへの変態時に発生する形態異常であること、形態異常は植物プランクトンの高密度添加や特定の成長段階でのホルモンの分泌に起因することが分かってきました。現在、これらの情報を基にした新しい飼育方法の開発を進めています。

(増養殖部 資源増殖グループ 研究員)

特集:若手研究者研究紹介

## 動物の“移動分散”のメカニズムを水産増養殖に生かす

おしま だいすけ  
小島 大輔

動物はその一生の中で何回か生息域を変えます。この現象を“移動分散”と呼びます。移動分散期は生息環境と体内環境が変化するため、他の時期と比較して飼育が難しくなります。ウナギのように安定した増養殖技術が確立されていない魚介類の多くは、この時期の飼育に問題を抱えています。移動分散により変化する生息環境、その環境に適応するための体内環境のメカニズムを理解することが、問題解決の鍵になると考えています。

### はじめに

ここ数年、夏になると『シラス不漁、ウナギ高騰』という言葉をよく見かけます。一般に出回っている養殖ウナギは、天然のシラスウナギを育てたものなので、シラスウナギが不漁になればウナギの価格は高くなります。ウナギの親に卵を産ませ、ふ化させて、親まで育てる技術は、試験レベルでは確立されているものの実用化には至っていません。魚介類を自然環境下や人工管理下で増やすことを増養殖と言いますが、安定した増養殖技術が確立されていない種の問題点を見渡すと、ある共通点が見えてきます。それが本稿の主題であり、筆者のライフワークである“移動分散”という現象です。

### 動物はみんな移動分散する

動物は、生まれ故郷で一生を終えることは稀で、その生涯のうちに何度か生息域を変えます。この現象を“移動分散”と呼びます。移動分散とは、自ら動く意味の“移動”と風や海流等に運ばれる意味の“分散”とを合わせた言葉です。例えば、サケやウナギは川と海を行き来

します。一生を海で過ごすマダイやヒラメも沿岸の浅場と深場を移動します。そして、エビやカニなどの甲殻類、アサリやカキなどの貝類は、ふ化後しばらくの間は浮遊幼生という形で海中を漂います。移動分散には、捕食者から逃れ、餌を確保し、安全に繁殖し、生息域を拡大するという利点があります。

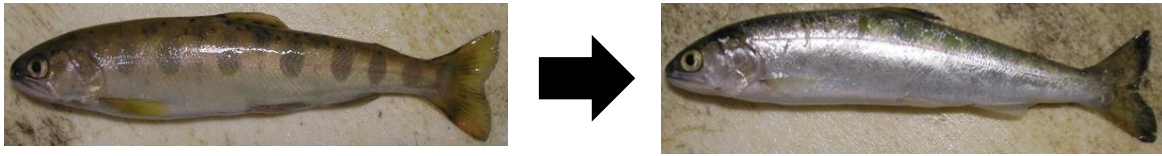
### 移動分散の時期は飼育が難しい

移動分散するということは生息環境が変わるということです。移動分散期の動物は、環境の変化に応じて自らの体の仕組みを変える必要があります。新しい環境へ移る前に体の準備を整えます。例えば、サケの一種であるサクラマスでは、川から海へ移動する前に銀化変態によって海洋環境に適応します(図 1)。見た目や行動だけでなく体内の仕組みも劇的に変化するため、飼育が難しい時期でもあります。サクラマスに限らず移動分散の時期の動物を順調に飼育するためには、変化する生息環境とそれに対する適応のメカニズムを理解することが重要になります。



変態前

変態後



**形態的变化:** 表皮の銀白色化, 肥満度の低下  
**生理的变化:** 代謝活性の上昇, 海水中で体内の浸透圧調節が可能  
**行動的变化:** なわばり行動から群れ行動へ変化

図1. サクラマスの変態と主な変化

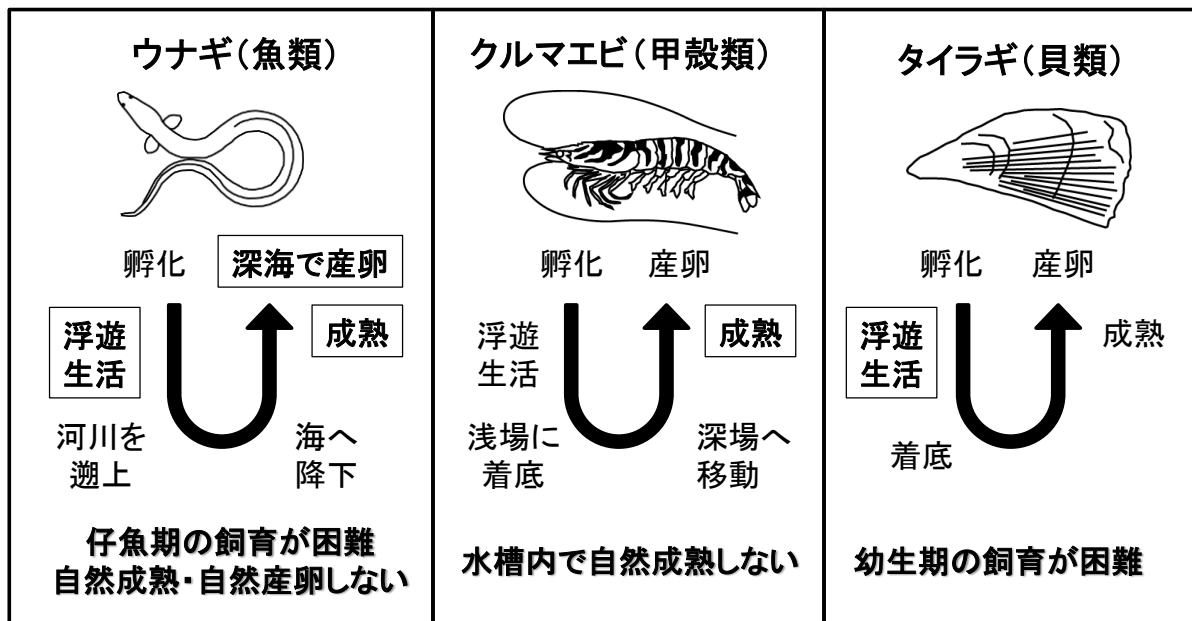


図2. ウナギ・クルマエビ・タイラギの生活史と増養殖の主な問題点

**自然界の現象を手本にする**

増養殖技術の確立・改善が望まれる種の多くは、仔魚や幼生が育たない、自然に産卵させることができないなど、根本的な問題を抱えています(図2)。それを解決するためには、自然界で実際に起こっていることを手本として技術を作るという基本に立ち返る必要があります。一見、増養殖が順調な種でも、意外と自然界での生態は分かっていないことも多く、改善の余地があります。

筆者はこれまでサケ科魚類を中心に、淡水カジカ、ウナギ、トラフグ等の移動分散のメカニ

ズムに関する研究、そして移動分散期の仔魚や甲殻類の幼生を用いた有害物質の影響評価に関わってきました。動物にとって重要な“移動分散”という現象を理解することは、増養殖技術や環境保全技術の鍵になると考えています。現在は、貝類や甲殻類の増養殖技術の問題解決に向けて日々研究しています。

(海産無脊椎動物研究センター

貝類グループ 任期付研究員)

イベント報告

# 平成24年度 研究所一般公開

おくむら たいすけ  
奥村 泰介



瀬戸内海区水産研究所では、研究活動や成果を一般の方々に楽しみながら知っていただくことを目的に、毎年 1 回一般公開を実施しております。今年度は平成 24 年 8 月 4 日 (土) に、『もっと知りたい!瀬戸内海 2012』をキャッチフレーズに掲げて開催いたしました。

今年度は、例年より半月遅れとなり、真夏の炎天下、抜けるような青空の下での開催となりました。例年と時期が異なったためか、参加者が若干減ったものの、465 名もの方に参加していただきました。

一般公開開催の直前に周辺海域で赤潮が発生したうえ、台風が接近するというハプニングがあり、目玉企画のタッチプールの魚介類が確保できないことが危惧されたため、もしもの場合に備えて、急遽カニ釣りを企画しました。結果的には、何とかタッチプールの魚介類は用意できたのですが、カニ釣りが予想以上の反響を呼び、うれしい

誤算となりました。

例年のアンケート結果から来場者の半数以上がリピーターであることが分かっていたので、マンネリ化を避けるために、一部の催し物を新しいものに切り替えたところ、今年なかった海藻押し葉はがきに「毎年楽しみにしていたのに残念」などの惜しむ意見も複数いただきました。これらのアンケートの結果は、来年度の一般公開をよりよくするため活用させていただきますので、次回の一般公開を楽しみにしていただきたいと思えます。

最後にこの場をお借りしまして、ご来場いただきました皆様、一般公開の告知にご協力くださいました各情報誌等の皆様、その他ご協力くださいました皆様に、厚く御礼申し上げます。

それでは、来年度の一般公開でまたお会いできることを職員一同楽しみにしております。

(業務推進部 業務推進課 情報係長)

## イベント報告

## 総合学習「いきいき学級」干潟観察会

おくむら たいすけ  
奥村 泰介

瀬戸内海区水産研究所では、廿日市市立大野東小学校が実施している総合学習『いきいき学級』のお手伝いをしており、今年度で11年目を迎えました。本学習では、まず瀬戸内海の特徴や干潟の生物の役割について室内学習、その後、自然に触れあう機会づくりとしての干潟での体験学習というカリキュラムを組んでいます。

例年同様4年生の4学級を対象に、5月25日に大野東小学校での室内での事前学習会を行い、6月4日と5日の2日間に分けて大野瀬戸の干潟で観察会を行いました。

室内学習では「瀬戸内海ってどんな海」と題して、瀬戸内海の特徴と、干潟の役割についての説明を行いました。児童たちは後日行う干潟観察会を楽しみにしているのか、熱心に説明に聞き入り、日頃感じている海に関する疑問についての質問をしていました。瀬戸内海に接する

広島という土地柄もあってか、貝毒についての質問が多く聞かれました。

干潟観察会では、初めのうちは恐る恐る海の生物に触れていた児童たちが、慣れてくると競うようにヒトデやナマコ、ゴカイの卵などを手に取り、目を輝かせて「これなんですかあ〜!？」と元気に質問していました。

限られた時間の中での観察会でしたので、あっという間に観察会の時間は終了し、児童たちは今回の干潟観察会に協力してくれた生き物たちを海に帰し、名残惜しそうに干潟を後にしました。

瀬戸内海区水産研究所ではこの『いきいき学級』の活動を通じ、地域の教育活動への協力を今後も推進していきます。

(業務推進部 業務推進課 情報係長)



## 表紙の解説

カレニア ミキモトイ *Karenia mikimotoi*  
 渦鞭毛藻（うずべんもうそう）類に分類される有害赤潮プランクトンの一種で、異常増殖により赤潮を発生させ、大きな被害をもたらしています。表紙の写真は、2012年7月に広島県内で発生した赤潮（上記カレニア ミキモトイを主構成としたもの）が、当研究所の砂ろ過設備を通過して水槽に入り込み増殖し、着色した姿です（通常の砂ろ過設備ではこのプランクトンの進入を防ぐことは出来ません）。

なお、本誌今号では「海の世界ふしぎ発見～赤潮は毎日浮いたり沈んだりする～」と題した赤潮についての研究紹介をしておりますので、是非ご覧ください。

（業務推進部 業務推進課 情報係長 奥村泰介）

## 編集後記

今号においては、瀬戸内海区水産研究所の若手研究者の研究紹介を中心に組ませさせていただきました。日本の水産研究の将来を担っていく若手研究者達の情熱を感じていただけると幸いです。

なお、本誌は年に2回、当研究所の研究成果などを発信する目的で発行しております。記事の内容に関するご質問や編集方針についてのご要望などございましたら、下記までご連絡をお願いいたします。

（業務推進部 業務推進課 情報係長 奥村泰介）

National Research Institute of Fisheries and Environment of Inland Sea

Momoshima Laboratory

Tamano Laboratory

Hakatajima Laboratory

Yashima Laboratory

瀬戸内通信

第16号  
 平成24年10月発行

編 集 委 員	川崎 清	吉田 勝俊	辻野 睦	外丸 裕司
	太田 健吾	小島 大輔	仙坂 睦	奥村 泰介
発 行	独立行政法人 水産総合研究センター			
編 集	独立行政法人 水産総合研究センター 瀬戸内海区水産研究所			
	〒739-0452 広島県廿日市市丸石2-17-5			
	TEL.0829-55-0666（代） FAX.0829-54-1216			
	E-mail:www-feis@fra.affrc.go.jp			
	URL http://feis.fra.affrc.go.jp			