

瀬戸内通信

No.21 March. 2015

CONTENTS

お知らせ

02 漁業調査船こたか丸が瀬戸内海区水産研究所に配置されました



研究成果発表会開催報告

- 03 平成26年度瀬戸内海区水産研究所研究成果発表会を開催しました
- 04 赤潮は『泳ぐ』～有害赤潮発生との関係～
- 07 国内アサリ漁場における生産性と生物多様性の比較
- 10 日本のクルマエビ養殖と疾病防除の取り組みについて
- 13 循環システムを用いたキジハタ陸上養殖の可能性
- 16 研究成果発表会での質問と回答

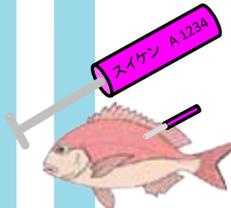
調査船紹介

21 しらふじ丸の無線機紹介



研究技術紹介

22 放流魚の身分証明書「標識」の開発と応用技術【連載第2回】



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

お知らせ

漁業調査船こたか丸が瀬戸内海区水産研究所に 配置されました

震災復興支援の一環として平成23年10月から福島県に派遣されていた漁業調査船「こたか丸」は、福島県沿岸における海洋観測や水産資源調査等に従事していましたが、無事にその役目を終えました。

その「こたか丸」が、平成26年8月1日付けで当所に配置となりました。同日付で発令となった日中船長、上野機関長らにより、横浜港から回航され、8月23日（土）、無事に当所廿日市庁舎の栈橋に着岸いたしました（写真）。定係港となる広島港の事務室等の整備を待って回航した後、11月13～14日、12月18～19日に調査航海習熟のために運航を行いました。来年度以降はしらふじ丸との二隻体制で瀬戸内海を中心に各種の調査を実施する予定となっておりますので、その活躍にご期待下さい。



写真. 当所廿日市庁舎浮栈橋に着岸するこたか丸。左に見える船尾はしらふじ丸

こたか丸主要諸元

総トン数	59トン	通常速力	12ノット
長さ（垂線間）	30.02m（25m）	乗組員数	4人
幅	5.37m	調査員数	6人
機関出力	1,000馬力	竣工	平成7年3月16日

研究成果発表会開催報告

平成26年度瀬戸内海区水産研究所研究成果発表会 を開催しました

当所ではホットな研究成果を一般の方々にも広く知っていただく機会として、隔年で「研究成果発表会」を開催しています。ちなみに非開催年には瀬戸内海ブロック水産試験場長会と共催で「瀬戸内海水産フォーラム」を開催しています。

平成26年度は「研究成果発表会」の年にあたり、平成26年10月18日（土）に広島市内のRCC文化センターで「変わりゆく海と水産の現場に向き合って」をテーマに開催しました。当日は一般来場者64名の参加をいただき、以下の通り4題の発表を行いました。

1. 赤潮は『泳ぐ』～有害赤潮発生との関係～
2. 国内アサリ漁場における生産性と生物多様性の比較
3. 日本のクルマエビ養殖と疾病防除の取り組みについて
4. 循環システムを用いたキジハタ陸上養殖の可能性

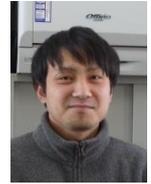
最後に発表者と参加者で総合討論を行いました。瀬戸内海は古くから漁業が盛んであるとともに沿岸域の開発の歴史も古く、開発と環境保全の調和が求められてきた海域と言えます。当所の果たす科学的な側面からの役割について意見交換ができ、私たちの研究についてご理解いただくとともに、期待の大きさも感じる事ができた有意義な発表会であったと思います。今号では、この研究成果発表会を特集して講演と質疑応答の概要を掲載いたします。



研究成果発表会開催報告

赤潮は『泳ぐ』～有害赤潮発生との関係～

しかた ともゆき
紫加田 知幸



背景

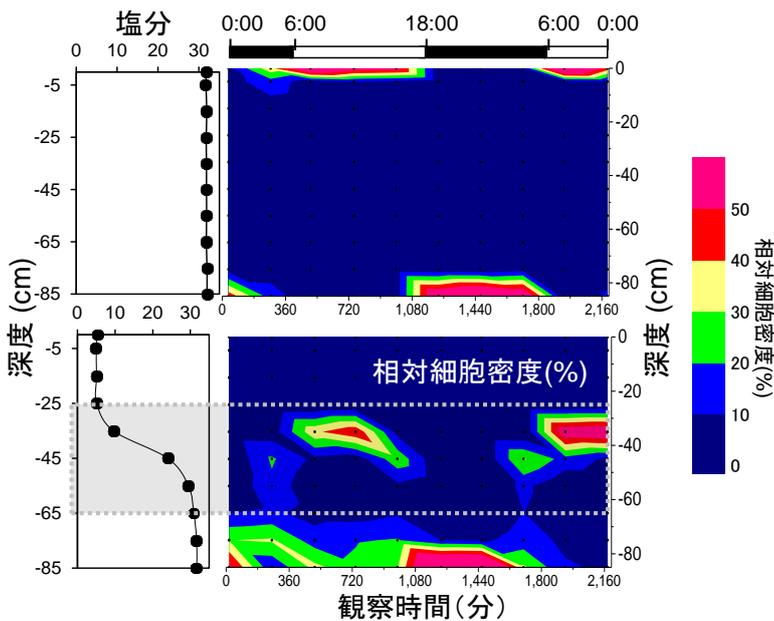
近年、西日本を中心に大規模な赤潮が発生しており、甚大な漁業被害が報告されています。赤潮とは10～100 μm程度の植物プランクトンが大増殖して海色に変化する現象です。赤潮の中でも、水産生物をへい死させて漁業に害をもたらす赤潮を有害赤潮と呼びます。有害赤潮の原因となる植物プランクトンは、多くの場合、鞭毛を使って泳ぐタイプの鞭毛藻です。鞭毛藻の遊泳行動は重要な生理現象の一つと考えられており、ほとんどの鞭毛藻は昼間は表層に、夜間は底層に集積する日周鉛直移動を行います。この行動により、鞭毛藻類は天候や透明度に左右されずに光合成に必要な光を獲得できるなど、珪藻など泳げない植物プランクトンとの増殖競争を有利に進めることができます。ところが、この日周鉛

直移動により、昼間赤潮が濃くなり、表層で養殖されている魚介類をへい死させてしまいます。そこで、私たちは養殖魚介類の赤潮による被害軽減を目指し、有害赤潮鞭毛藻の1種であるシャットネラの日周鉛直移動について研究を進めています。今回はその成果の一部をご紹介します。

研究の成果

シャットネラは夜間に深度7～10 m程度もぐり、明け方には再び表層へ戻ってくるパターンの日周鉛直移動をします。深さ85 cm円柱水槽にシャットネラを入れて、12時間明：12時間暗（6:00～18:00 明）の明暗周期で培養すると、図1（上段）のように明期開始の数時間前から上昇を開始して朝には表層に達し、その後暗期開始と同時に下降を開始します。

しかし、シャットネラが良く増殖する河口域では表層の塩分が頻りに低下し、シャットネラは塩分10以下では生きられません。そこで、円柱水槽の表層塩分を5まで下げて同じ観察を行ったところ、図1（下段）のように、昼間塩分が極めて低い表層まで到達せず、塩分10の層で留まることが分かりました。シャットネラは生残できない塩分の層へは侵入せず、少し下の層で昼間はじっとしていることで、低塩分環境を乗り切るのでしょう。



※相対細胞密度:水柱全体の細胞密度に対する各深度層の細胞密度

図1 日周鉛直移動に及ぼす塩分の影響

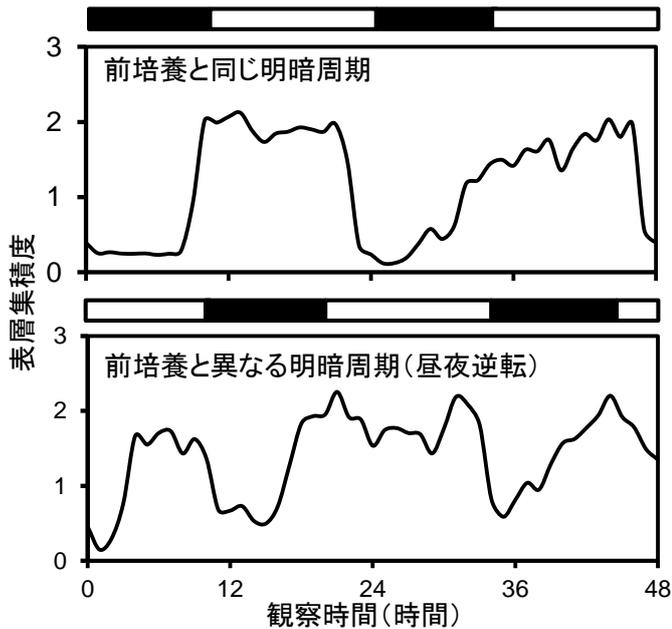


図2 明暗周期と鉛直移動リズム

光環境もシャットネラの鉛直移動に影響します。明るい時間帯が変わると鉛直移動のリズムがそれに追従することが明らかになってきました。今度は水深 5 cm の小型容器でシャットネラを培養して、鉛直移動リズムを観測しました。1 日中の明暗期の時間は 14 時間明 : 10 時間暗とし、図 2 上段では試験前の維持培養と同じく 6:00~20:00 明、図 2 下段では大きくずらして 16:00~6:00 明とした場合

の鉛直移動リズムが示されています。明期の時間帯を変えても、新しい明期の時間帯と同調的な鉛直移動リズムに 24 時間以内に变化しました。

さらに、このような光による鉛直移動リズムの変化が起こるのは暗期（夜間）であることも分かってきました。夜間に短時間の光を照射するだけで鉛直移動リズムは変化します。暗期の様々な時間帯に 2 時間光を照射し、その翌日の鉛直移動リズムを観察しました。その結果、暗期の前半に光を照射するとその翌日はシャットネラが上昇を開始する時間がいつもより遅れます。一方で、暗期の後半に照射すると上昇開始時間が早まります（図 3）。人間が夜明け前から電気をつけて活動すると夜早く眠くなる、電気を夜中までつけて夜更かしすると寝坊するのと同じようなパターンです。

さらに私たちは、夜間どのような色（波長）の光をシャットネラが感知して鉛直移動リズムを調節するかを調べました。基礎生物学研究所（愛知県）の大型スペクトログラフという様々な波長光を出力できる光源を使って実験をしました。その結果、暗期の前半に紫外線や青色光（波長 360~480 nm）を照射する

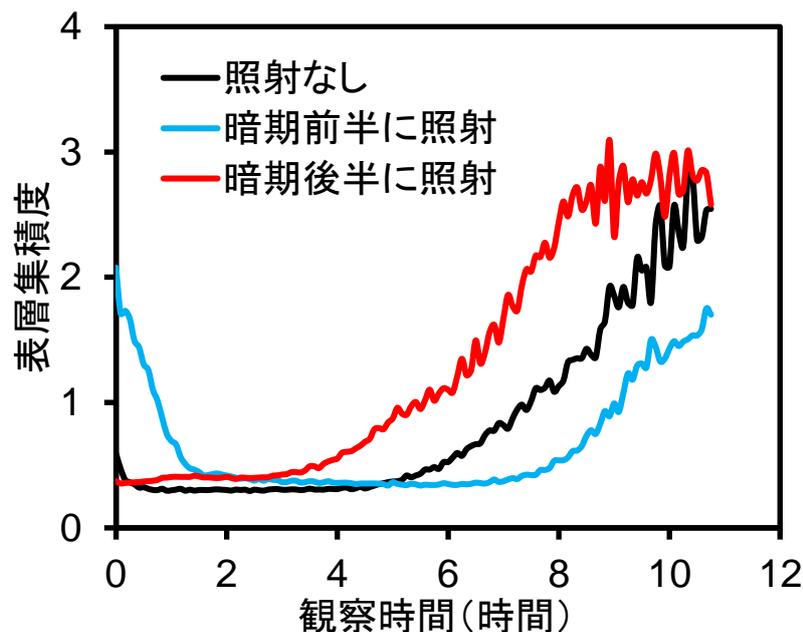


図3 光照射時期とリズム変化の関係

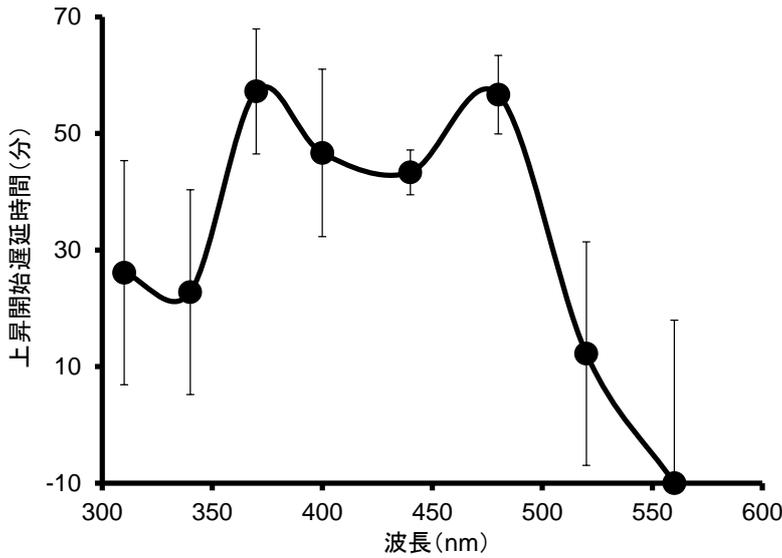


図4 リズム変化を誘導する光波長

と、リズムが大きく遅延し (図4)、青色光であれば強度 $0.03 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ の非常に弱い光で十分リズム変化が起こることが分かりました (図5)。青色光は植物プランクトンに最も吸収されやすいので、植物プランクトンの細胞密度によって鉛直移動リズムが変わり得ます。しかし、青色光が透過しにくい時でも天気が良い日に「寝坊」したら、その分光合成

をする時間が短くなってしまいます。そうならないようにシャットネラは可能な限り弱い光でも感知できるような生理機能を持っているのではないかと推察しています。

今後の展望・課題

赤潮は突然発生することがあります。それは赤潮プランクトンが急増したのではなく、赤潮が他の海域から流入するか、下層に存在する赤潮が急浮上することが原因である場合が多いと考えられています。今回得られた研究成果は赤潮の急浮上がい

つどのような時起こるかについて重要な知見を提供しました。赤潮の発生を予測できれば、餌止めや生簀の退避など被害軽減に有効な事前策を講じることができます。今後も私たちは赤潮鞭毛藻の鉛直移動と環境条件との関係について研究を進めていく予定です。

(環境保全研究センター

有害・有毒藻類グループ 研究員)

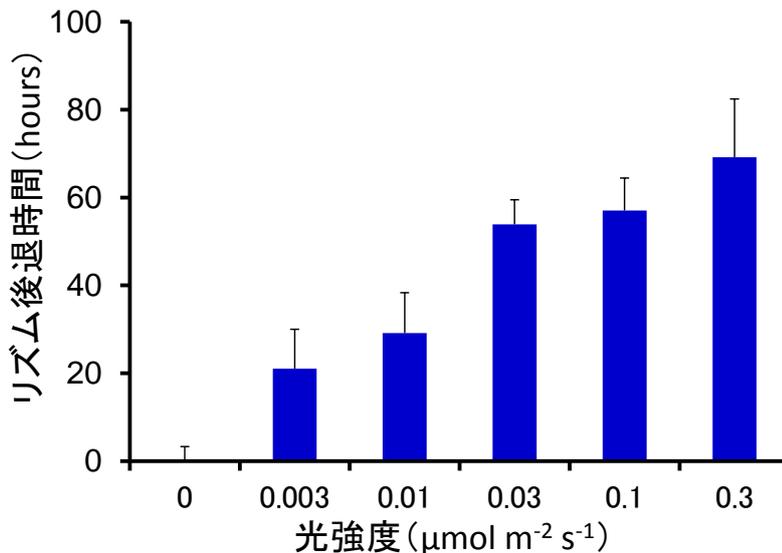


図5 各光強度下でのリズム変化時間

研究成果発表会開催報告

国内アサリ漁場における生産性と生物多様性の比較

うちだ もとほる
内田 基晴

背景

アサリの国内生産量は、1980 年半ばから顕著に減少し、現在に至っています (図 1)。アサリ資源が減少した理由としては、乱獲、干潟の減少、食害、病害等さまざまな要因が指摘されていますが、全国的なアサリの減少の理由を統一的に説明できる主因の特定には至っていません。アサリ資源の回復に向けて有効な対策をとる上でも、アサリの減少の主因を特定することは不可欠です。

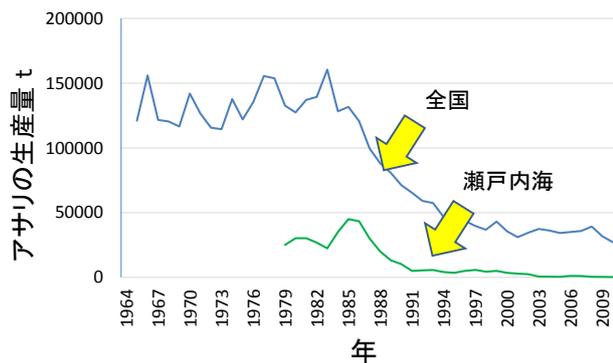


図1 全国及び瀬戸内海におけるアサリ生産量の推移

私たちは、アサリ減少の理由を探るため、全国のアサリ漁場の中で、アサリ生産性が異なる5つの漁場を選び、環境調査(栄養塩濃度、塩分、水温、粒度、強熱減量等)と生物調査(干潟の土壌中の色々な生物の量と多様性)とを実施して網羅的な比較をしました。調査データは、現地調査により取得したデータと一般公開されている統計・モニタリングデータとの両面から検討を行いました。その結果、アサリ生産性の低い漁場の特徴が見えてきました。本日はその成果をご紹介します。

研究の成果

1 アサリが採れない漁場の環境特性：栄養塩(全窒素量)と植物プランクトン(餌)濃度が低い

まず、5つの漁場でアサリがどれ位採れているかを単位面積当たりで計算しました(図2)。さらに全国の漁場に拡げて同様の計算をした結果、瀬戸内海、有明海等の西日本の漁場で、アサリ生産量が近年、顕著に低下していることが明確になりました。

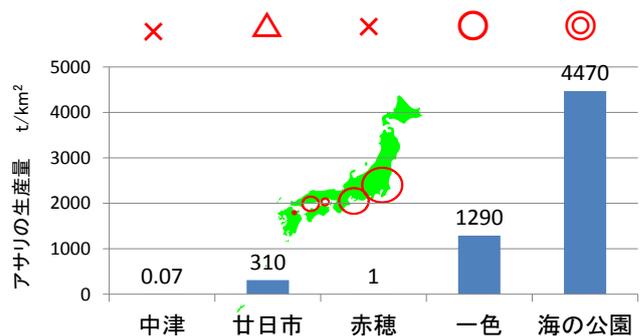


図2 5つの漁場におけるアサリの(単位面積当たり)生産量の比較

アサリの単位面積当たり生産量は、同生産量(農林水産統計2010年等)を干潟面積(環境庁ら報告書1994年)で割って計算

次に、アサリ生産量と関係が深い因子を調査した項目の中から、探しました。その結果、漁場周辺の海水中の全窒素量や植物プランクトン濃度(図3)の年平均値が、アサリ生産量と高い正の相関を示すことがわかりました。

全国的にみると、年平均値で概ね全窒素量が0.2mg/L、植物プランクトン濃度が4μg/Lを下回るとアサリ生産性が10t/km²を下回り、アサリ漁業が成立しなくなっていること

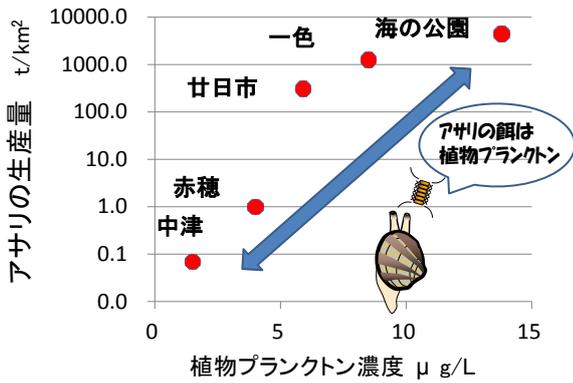


図3 植物プランクトン濃度とアサリの生産量との関係
 植物プランクトン濃度: 環境省広域総合水質調査 (2011年平均値)
 アサリ生産量: 農林水産統計 (2010年平均値)

がわかりました。

さらに各漁場で採集されたアサリの斧足の安定同位体比を調べると、窒素安定同位体比 ($\delta^{15}\text{N}$) 及び炭素安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$) が、各々海水中の全窒素量及び植物プランクトン量 (図 4) と強い正の相関を示すことがわかりました。このことから、漁場の貧栄養化の度合いを知るためには、アサリの安定同位体比が良い指標となることがわかりました。

2 アサリが採れない漁場の生物特性：土壌中の生物量が全般的に少ない

各漁場で粹取り調査を実施して、土壌中の生物量を比較した結果、アサリが少ない漁場では、1 mm以上の生物 (マクロベントス) だけでなく 1 mm以下の生物 (メイオベントス) とも少ないことがわかりました。メイオベントスは、サイズが小さくて肉眼での観察が難しいため、研究が立ち遅れています。今回の調査では、メイオベントスの中で数的にも多く、種類も豊富な線虫について焦点を絞り、その分布量、サイズの計測の他、食性からの分類や DNA 解析を行うなど詳細な研究を進めています。その結果、線虫についても、その生息密度が、アサリの生産量と相関することが認められました (図 5、辻野未発表)。本来、漁獲の対象とならない線虫などの生物が、

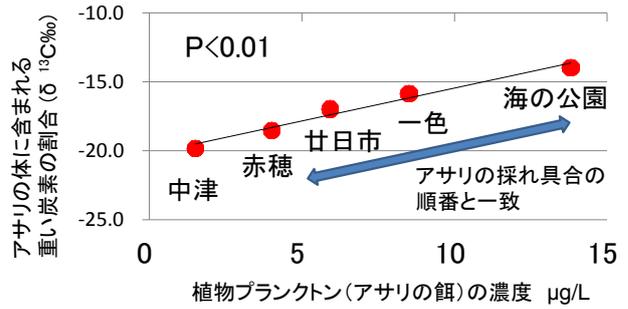


図4 植物プランクトン濃度とアサリの体の含まれる重い炭素の割合 ($\delta^{13}\text{C}\text{‰}$) との関係
 植物プランクトン濃度: 環境省広域総合水質調査 (2011年平均値)
 アサリの $\delta^{13}\text{C}$ (‰) 値: 2013年に採集した2個体の平均値

アサリの量と相関して少ないという事実は、アサリが漁獲圧が原因で採れなくなってきているのではないことを示唆しています。このように、アサリ漁業が将来にわたって存続するためには、アサリ以外の多様な干潟の生物にも目を向けて保全を考えて行く必要があると考えられました。

3 アサリが採れない漁場の生物特性：細菌類の多様性調査の結果から

前章でも触れたように、アサリ漁場にはアサリ以外にも色々な生物が存在しています。このようなアサリ以外の多様な生物に着目す

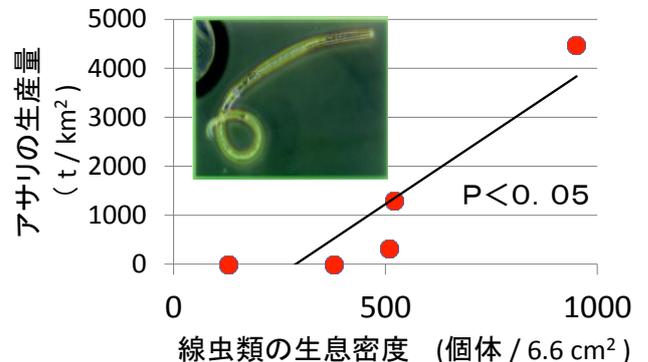


図5 線虫の分布密度とアサリ生産量との関係
 2013年の干潟調査による実測値
 アサリ生産量: 農林水産統計 (2010年平均値)

ることによって有用な情報を得ることが期待されま
す。例えば、細菌類は、サイズが $1\mu\text{m}$ (1mm
の千分の 1) 程度で、肉眼で観察し難い極小
の生物ですが、 1g の干潟の土壌中に 100 万細
胞以上も分布しています。細菌群集は、多様
な能力をもった細菌の集まりであり、干潟の
生物が作り出す様々な有機物を分解し、これ
を栄養として利用して成育しています。これ
ら干潟土壌中の細菌の多様な有機物利用能を
Biolog プレートという検査キットを利用して、
「見える化」して調べました。その結果、ア
サリが採れない漁場では、細菌群集が栄養価
の高い糖（グリコーゲン）を食べて増殖する
能力が低く、栄養価の低い糖（ラムノース）
を食べる能力が高いことが観察されました(図
6)。グリコーゲンは、アサリが余剰の栄養を
体内に貯めておくために作り出す有機物です。
アサリが少ない干潟では、グリコーゲンが作

られる量が乏しいため、その環境に成育する
細菌群集もこれを利用する能力が低下してい
るものと推測されました。このように漁場
に存在する色々な生物の多様性に関する情報
を収集することで、漁場の評価に役立つと期
待されます。

最後に

以上の結果から、アサリの減少問題を解決
するには、貧栄養化への対策を軸に考えてい
くことが必要であると考えられました。また、
繰り返しになりますが、漁業が将来にわたっ
て存続するためには、漁獲対象以外の多様な
生物の存続にも配慮して漁業を行っていくこ
とが重要であると考えています。

(生産環境部 藻場・干潟グループ

主幹研究員)

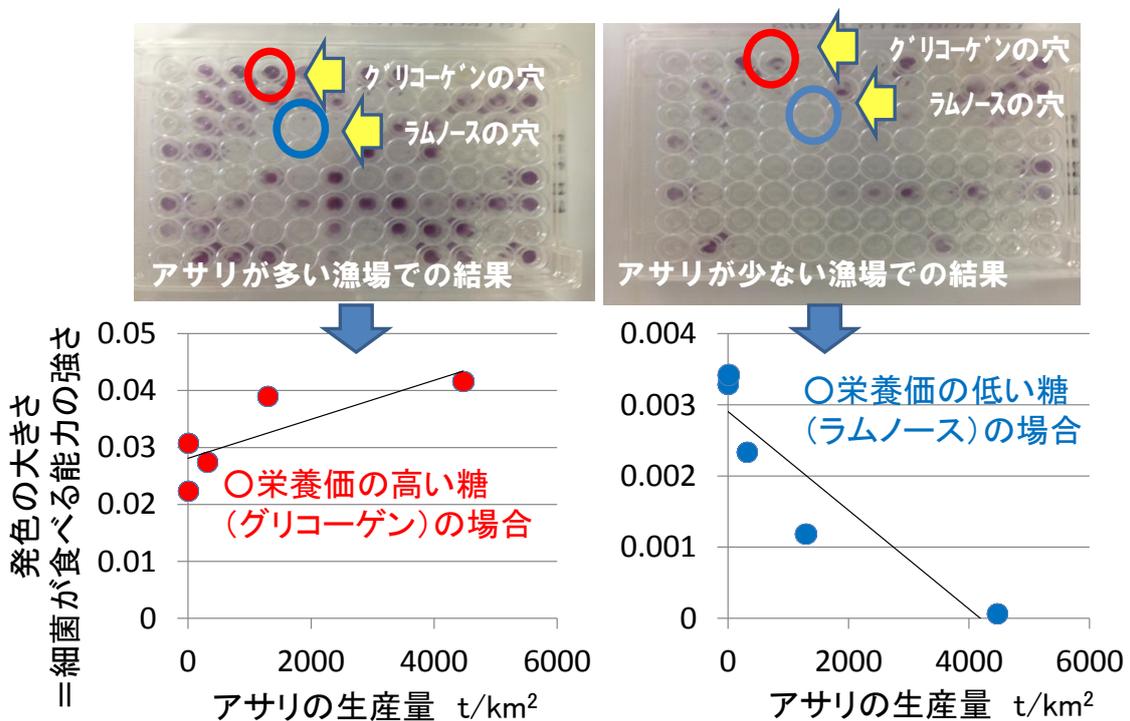


図6 アサリの生産量と土壌中の細菌が糖を食べる強さとの関係

アサリの生産量が小さい漁場では、細菌は栄養化価の高い糖(グリコーゲン)を食べる能力が低く(下左の図)、栄養化価の低い糖(ラムノース)を食べる能力が高い(下右の図)ことが観察されました

研究成果発表会開催報告

日本のクルマエビ養殖と疾病防除の 取り組みについて

はまの
浜野 かおる



はじめに

世界のクルマエビ類生産国の養殖場では、各種のウイルス病が蔓延し、ブラックタイガーやバナメイの生産に大きな被害を与えています。日本においても、中国から輸入した種苗からホワイトスポット病（White Spot Disease, WSD）が国内の養殖場に広がり、甚大な被害をもたらしました。その後は日本近海で捕獲される天然親クルマエビにまでホワイトスポットウイルス（WSV）に感染した個体が見られるようになり、WSD はそれ以降完全には克服できていません。我々はこれら疾病を防御する研究に取り組んでいます。

日本におけるクルマエビ類養殖の重要性

我が国においてクルマエビは古来より重要な漁業資源であり、他の種と比較して市場価値が非常に高い水産物です。従来、クルマエビの供給は天然資源に頼ってきました。1985年には全国で3700トンの漁獲量がありましたが、この年を境に漁獲量は減少し、現在は約500トンで推移しています。一方、養殖による生産量は1970年以降徐々に増加し、現在は1600トン余りです。そのため養殖の重要性が増しています。また、日本はアメリカに次ぐクルマエビ類の輸入大国で、年間21万トンものクルマエビ類を輸入しています。この中にはブラックタイガーやバナメイなどの養殖エビが多く含まれています。

クルマエビ類の養殖と疾病問題

世界で行われているクルマエビ類の養殖技術は、日本で研究・開発されたものです。日本でのクルマエビ養殖の歴史は古く、すでに1940年にはクルマエビの種苗生産に成功しており、1963年にはクルマエビ養殖が国内で事業化されています。その後日本のクルマエビ養殖技術が台湾経由で世界各地に伝わり、そのおかげで日本人はブラックタイガーのようなクルマエビ類を安価に消費できるようになりました。一方で台湾に養殖技術が導入された約20年後の1988年には、台湾のブラックタイガー養殖池にウイルス病が蔓延し、ブラックタイガー養殖産業に壊滅的打撃を与えました。現在は東南アジア諸国等でも多くの被害が起こっています。日本においても1993年に中国から輸入したクルマエビ種苗がWSDを発症し、現在もWSDによる被害は続いています。



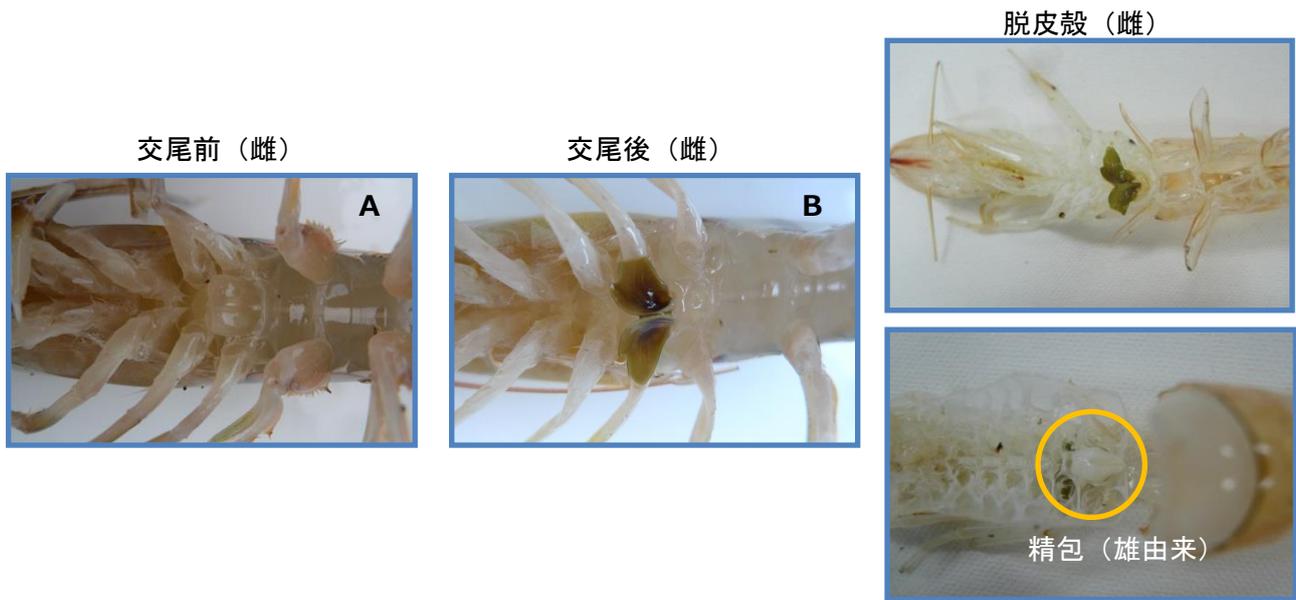


図1 クルマエビ雌の受精囊

ウイルスを保持していない天然クルマエビの選抜

我々は効果的にウイルス疾病を防御する方法を研究しています。クルマエビの種苗生産では、天然親エビから採卵する方法が一般的です。精子を含む精包を雄から受け取っている雌（図1B）を親として使います。

しかしながら天然クルマエビは病原性ウイルスを保有している場合があります（表1）。雄がウイルスを持っていると、雌が受け取った雄の精包中にもウイルスが含まれています。親となる雌雄どちらかがウイルスを持っていると、その子供にもウイルスが伝播します。このウイルス病は、組織 10mg あたりウイルス

100 万個程度より増えると発症します。通常の見出法の検出限界は組織 10mg あたりウイルス 1 万個程度ですが、高感度検出法では 100 個で検出可能です。発症のリスクを低減するには、ウイルス検出の感度を上げて親エビの検査を行うことが重要です。

ウイルスが検出限界以下の親を用いた種苗生産法の確立

高感度検出法によって検出限界以下であることが確認できた雌雄のクルマエビから種苗を生産するためには、それらを交配させなければなりません。従来、交配には野外池あるいは 100 トン程度の大きな水槽のような広い

表1 ホワイトスポットウイルス(WSV)の保有

	通常の検出法	高感度検出法
2014年8月入手		
天然クルマエビ ♀	0%	5.9%
天然クルマエビ ♂	0%	9.1%
2014年4月入手		
天然クルマエビ ♀	0%	3.5%
天然クルマエビ ♂	0%	6.9%

表2 野外池に設置した各小割網での回収率および交配

	1×1 m	2×2 m	3×3 m	4×4 m
回収率	90%	80%	87%	88%
交配率	100%	88%	85%	90%

飼育面積が必要であると言われていました。しかし、野外の池であれば 1m 四方に網で仕切った狭い状態でも高い確率で交尾することがわかり (表 2)、選抜された限られた尾数のクルマエビを交配させて種苗を作成することができるようになりました。このようにして、ウイルスが検出限界以下であることを確認した雌雄の親から、種苗が生産できるようになりました。

ウイルス病の伝播経路を探る

ウイルスを保持していないクルマエビ種苗を作成するための開発と同時に、養殖池等でウイルス疾病が発生した場合の伝播経路を探る研究も行っています。ウイルス遺伝子には変異が起こりやすい領域と起こりにくい領域があります。ウイルスの伝播経路を探るために都合の良い変異の起こりやすい領域を見つけました。日本で漁獲されたウイルスを保有していたクルマエビ、中国およびタイ、台湾の養殖場で発症したエビのウイルスの遺伝子

部分配列はすべて異なっていました (表 3)。一方、感染エビを食べて感染したエビはすべて同じ配列を持っていることがわかります (表 3)。

今後の展望と課題

このように、ウイルスを保持していないクルマエビの種苗を生産するための技術開発が進んでいます。一方で外部からウイルスが侵入する可能性も否定できません。そのため、ウイルス疾病が発症してしまった時、ウイルスがどこから入ってきたのかを明らかにできる手法も開発し、両面からクルマエビのウイルス疾病を防除する方法を確立したいと考えています。このような取り組みが、化学薬品等を使用しない安全安心なクルマエビ類を皆様にお届けできるための一助となることを願っています。

(海産無脊椎動物研究センター
甲殻類グループ長)

表3 感染エビのウイルス遺伝子部分配列の比較

中国での感染エビ	A	T	B	T	C	U			
タイでの感染エビ	A	T	U	U					
台湾での感染エビ	A	A	A	T	U	U			
感染天然クルマエビ1	A	A	X	U					
感染天然クルマエビ2	U	U	U	U					
感染天然クルマエビ3	A	T	T	U	U	U	U	U	U
感染養殖クルマエビ4	A	T	U	U	U	U			
4を共食いで感染したエビ1	A	T	U	U	U	U			
4を共食いで感染したエビ2	A	T	U	U	U	U			
4を共食いで感染したエビ3	A	T	U	U	U	U			

※アルファベットは繰り返し配列のパターンを示す

研究成果発表会開催報告

循環システムを用いたキジハタ陸上養殖の可能性

もりた てつお
森田 哲男

背景



キジハタは、青森県以南の日本各地、朝鮮半島、中国、台湾の沿岸域に分布する全長 50～60 cm のハタの仲間です。キジハタは中国では中華料理の最高級魚として高値で取引されるほか、ここ瀬戸内海では「アコウ」と呼ばれ、白身で非常に美味しく、お刺身や鍋物、煮付けなどの高級食材として珍重されます。またキジハタは、飼いやすいことから養殖向きの魚で、養殖をしたいと考える企業は多くありましたが、卵から稚魚（全長約 3 cm）までの飼育（種苗生産といえます）が難しいこと、瀬戸内海海域では冬季の水温が低く成長が遅いことから、採算が合わないため行われてきませんでした。近年、種苗生産の技術が向上し、大量に種苗が確保できるようになったため、改めて養殖対象種としてクローズアップされるようになりましたが、低コストで高成長が得られる飼育技術の開発が不可欠でした。そこで我々は、効率的に高成長が得られる飼育方法を研究し、今まで商品化に 3～4 年必要であった養殖期間を大幅に短縮できる成果が得られましたので、その成果の一部をご紹介します。

研究の成果

1 飼育に適した水温の把握

キジハタが効率的に成長する水温を把握するため、16～31℃の水温で飼育して成長（図 1）や餌料効率（給餌した餌をどれだけ成長に転換できたかを数値化したもので、高いほど効率が良い）を調べたところ、成長は 31℃が最も良いが、25℃とそれほど大きな差はなく、餌料効率は 25℃が最も高いことがわかりました。

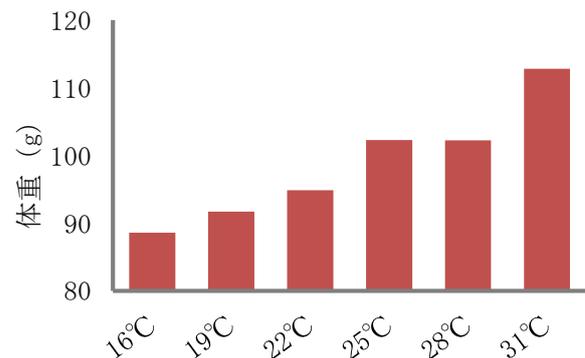


図 1 飼育水温による成長の比較

この結果を受けて大型の水槽で飼育したのが図 2 となります。自然水温区（水温調整しない試験区）と比較して、25℃区、30℃区は同等に成長しますが、餌料効率は 25℃で高いことが再現され、水温調整に要する経費（灯油代）は 25℃では 30℃の 1/3 になることがわかりました。この実験により 25℃でキジハタを飼育することで約 1 年養殖期間の短縮が可能であると試算されました。

2 飼育に適した塩分の飼育

キジハタが効率的によく成長する塩分を把握するため、6～38psu（一般の海水は 32psu

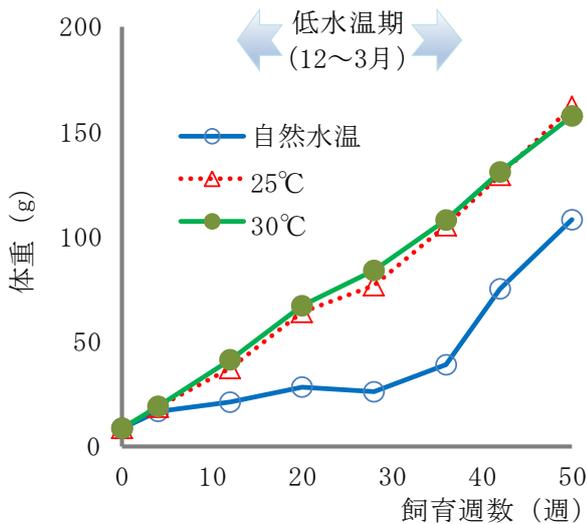


図2 飼育水温によるキジハタ成長

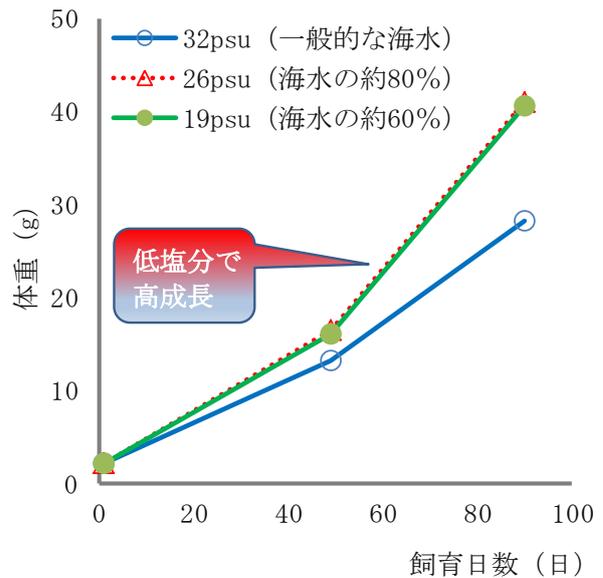


図3 飼育塩分による成長の比較

前後)で飼育したところ、海水より低塩分となる13~26psuでよく成長することがわかりました。図3は3種類の塩分で90日間飼育して成長を比較した事例です。

飼育塩分19、26psuでは成長差はありませんが、明らかに32psuより成長することがわかります。飼育水温と比較して、低塩分で飼育することによる養殖期間の短縮は僅かですが、一般的な海水より低塩分海水を用いる方が高成長であることがわかりました。陸上養殖を内陸域で行う場合、養殖に用いる海水は人工海水粉末を水道水などで溶かして使われますが、低塩分に調整するほど高価な人工海水粉末の使用量が減るため、低塩分飼育は、高成長以外にも養殖経費の削減に大きな効果があると考えています。

3 養殖実現を目指した飼育システムの開発

キジハタを効率的に成長させるためには19~26psuの低塩分を維持して水温25°C前後で飼育することが有効であることがわかりましたが、この飼育環境を維持するには掛け流し式の流水飼育では養殖経費の面から現実的ではなく、掛け流していた排水を再利用して循環飼育を行う必要があります。そこで我々は飼育により蓄積する有害なアンモニアを除去

する生物ろ過装置(微生物の働きで強毒のアンモニアを弱毒の硝酸に置換します)や飼育水中の懸濁物を除去する泡沫分離装置などを組み合わせ、比較的安価に製作できるシステムを開発しました(図4)。このシステムにより、低コストで適正環境下によるキジハタの養殖が実現可能となりました。

今後の展望・課題

循環飼育システムの導入により、低コストで成長に適した水温や塩分の維持が可能になったことから、キジハタが新たな養殖対象種となり得ることがわかりました。しかも循環システムを導入することにより、わずかな海水さえ確保できれば養殖は可能であることから、今まで海産魚とは無縁であった内陸部などでも新たに養殖を行うことが可能になってくるとおもわれます。

しかし、循環飼育では新しい海水と交換することなく同じ飼育水を再利用して繰り返し使うため、飼育水中の酸素やpH(水素イオン濃度)の低下が生じたり、硝酸が高濃度に蓄積して摂餌不良に陥るなど流水式の飼育では見られない問題もあります。さらに、システム設置には多額の初期投資が必要で、周年

水温を25℃で維持するためには加温経費が掛かってしまい、システムの効率化や効果的な運用には、まだまだ技術開発していくことはたくさん残っているのも現状です。

我々の技術は種苗生産・養殖の現場で使っていて、初めて役立ちます。今後もシステムの更なる改良に加えて、実践事例を増やしてより生産現場に即した飼育技術にして

いきたいと考えています。そして、近い将来には、瀬戸内海の各地で陸上養殖が行われ、高級魚の美味しいキジハタがもっと身近な魚として食卓を賑わす日がやってくることを期待しています。

(増養殖部

閉鎖循環システムグループ 研究員)

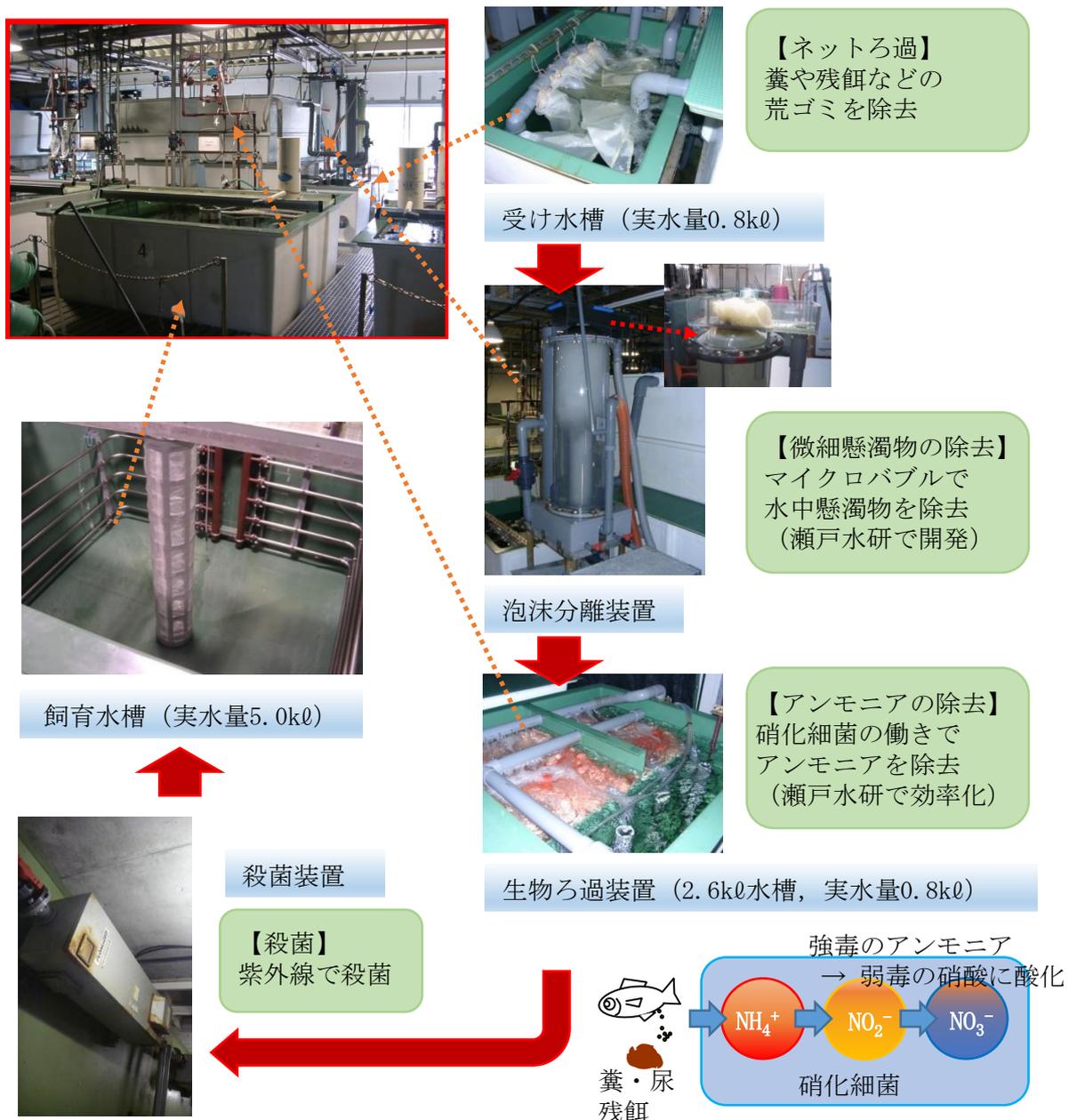


図4 循環式飼育システムの構成

研究成果発表会開催報告

研究成果発表会での質問と回答

1. 赤潮は『泳ぐ』～有害赤潮発生との関係～

発表者：環境保全研究センター 有害・有毒藻類グループ 研究員 紫加田 知幸

Q. 瀬戸内海の赤潮が減ってきたのは廃水規制のためか。

A. 排水規制によってリンが減ったことは理由としてあると思われる。



Q. 日周移動する理由は。

A. 表層で珪藻が増えると表層の栄養塩は減少する、移動して潜ることによって周囲の豊富な栄養塩をとることができることが理由として考えられる。

Q. バクテリアと赤潮プランクトンの関係は。バクテリアを増やすことで赤潮対策できるか。

A. 赤潮プランクトンが元気な時はバクテリアは少なく、弱ると増えてくる。殺藻細菌で赤潮を減らす研究もあるが、海での実用化はバクテリアの散逸等により難しいのではないかと考えている。

Q. 実験室の 70cm の深さの中で栄養分の勾配はどうしているのか。

A. 今回の実験では栄養塩勾配は無い。濃淡の二分割等単純化すれば可能と思われるので今後は行う必要もあると考えている。

Q. 国交省がマリブロック・マリINSTON（鉄廃材利用）を沈めて試験したが情報はるか。

A. 勉強不足で申し訳ないが知らない。

A（内田※）. 普及しているかどうかは不明。私が別に実施した試験では、現在までのところ鉄剤の効果は確認できていない。

Q. 田んぼに鉄を入れることで生産性を上げる事例は今朝の新聞にも載っていた。鉄は重要。

A（内田）. 科学的データを集める必要があると考える。



※ 瀬戸内海区水産研究所 生産環境部 藻場・干潟グループ 主幹研究員 内田 基晴

2. 国内アサリ漁場における生産性と生物多様性の比較

発表者：生産環境部 藻場・干潟グループ 主幹研究員 内田 基晴

Q. 富栄養から貧栄養に変化したのは何故か。化学肥料の使用量の減少が理由か。

A. 化学肥料の使用量が 1960 年から 1980 年にかけて増え、それ以降減少しているパターンは似ている。ただ、栄養塩源について、家庭排水が 1/3、工業排水が 1/3、その他 1/3 とされており、その他の中での化学肥料の増減となる。富栄養から貧栄養への変化に効いている可能性もあると考えている。



Q. 干潟に栄養塩をまけば増えるのか。

A. 山口県で栄養塩を実験的に添加した場合にアサリが増えたとの事例があると聞いているが、散逸するのでコスト的に難しい面がある。

Q. 減少は個体が育たないのか、再生産(産卵)に問題があるのか。

A. 網掛けすることで稚貝が育つ事例があるので、産卵に向けた成熟に必要なレベルの栄養源が足りない状況と考えられる(総合討論での回答)

Q. アサリの生産量を維持できる栄養塩の濃度の臨界値は。

A. 今回の解析結果からいえば、全窒素量では(年平均)で、約 0.2mg/L 程度と考えている。

Q. ^{13}C と生産量の関係の話があったが ^{13}C の単位は。

A. 説明を省略したが、単純な ^{13}C 量の変化は極めて小さい数字になるので、対数を用いた特別な計算式で算出した単位となっている。

Q. 低栄養塩と漁獲全般との関係はどうか。

A. 全体として漁獲は減っているが、マダイのように増えているものもある。底生のものは特に減っている。

Q. また海産ミミズが土壌改良するとの記事を見たがアサリの生産とも関係あるのか。また海産ミミズは線虫か。

A. 海産ミミズはミミズの仲間であり、線虫は回虫の仲間である。生物の種類は異なるが、アサリの生産量が多いところでは、種類にかかわらず土壌中の生物量が多いという結果が得られている。



3. 日本のクルマエビ養殖と疾病防除の取り組みについて

発表者：海産無脊椎動物研究センター 甲殻類グループ長 浜野 かおる

Q. ウィルス耐性エビを作出する試みは無いのか。

A. オーストラリアのグループがウィルス耐性遺伝子座を同定したという論文が最近出た。

Q. 講演中の海外の国とは具体的にどこか。

A. 東南アジアの国。



4. 循環システムを用いたキジハタ陸上養殖の可能性

発表者：増養殖部 閉鎖循環システムグループ 研究員 森田 哲男

Q. 実験で使用した低塩分海水の作り方は、水道水を使った場合、塩素が有害ではないのか。

A. 小型水槽を用いた実験では人工海水粉末を水道水で溶解して濃度調整した。大型水槽を用いた実験では地先から汲み上げた海水を水道水で希釈して使用した。循環飼育システムの場合はろ過水槽等に有機物が多いため、水道水に含まれる塩素は消費されるため余り問題にならない。

Q. 水流の状態、水槽の形状は。

A. 大型水槽を用いた実験では、深さ方向にやや長い立方体の水槽であり、水流は横方向にもあるがそれほど強くしていない。水槽は強いエアレーションを行っているので上下方向の流れは強くなっている。

Q. 横方向に水流を流せば自然の状態に近いのではないか。

A. それも考えたが、体重増加のためには水流を小さくし、仕上げの時期に水流を大きくして身を絞める方法がよいのではないかと個人的には考えている。



Q. 完全養殖は。

A. 卵は漁獲された天然親魚を養成したものを使用している。病気予防のためには、完全養殖も検討するべきと考える。

Q. 施設費用は如何程か。

A. 循環システムの機器の中では泡沫分離器が最も高価で、5t 水槽で数十万～百万円、生物濾過濾材費用（濾材、ポンプなど）が数十万円、システム全体で数百万円程度必要となる。その他、飼育水槽なども必要になる。循環システムの設計は飼育密度や水温により大きく変わるため、厳密には飼育ごとの算出が必要。

Q. 温泉トラフグは儲かっているのか。

A. 経営状況は把握していない。飼育海水に塩分含んだ温泉（希釈海水に相当）を利用することで、一般の陸上養殖と比べて高成長で、取水の経費は大幅削減となっていると思われる。

Q. 人工海水の代わりに好適環境水の利用はどうか。

A. 好適環境水は魚類の正常な代謝を維持するために最小限必要な電解質を含ませた人工海水で、効果は今回発表の低塩分海水に似ている。そのような特性から開発機関では、安い経費で高成長が得られるとしている。



Q. 自然海水、低塩分海水の違いは味にどう影響するのか。

A. 低塩分海水では一般的には水っぽくなり味が落ちるとされているが、我々は魚を大きくするための飼育と出荷のための味あげ飼育は別ものと考え、出荷直前には味あげ飼育は不可欠と考えている。低塩分で飼育したキジハタについても試食してみたが、個人的には天然魚との違いは想像していたより小さいように感じた。

Q. 循環飼育では VNN※感染のおそれは低くなるのか。

A. 循環飼育では、親魚由来の垂直感染は防げないが、水平感染はある程度低減される。また、流水飼育では、飼育に使う海水を地先より汲み上げるため、感染するおそれが大きくなる。

※VNN：ウイルス性神経壊死症 (Viral Nervous Necrosis)

総合討論

(国内アサリ漁場における生産性と生物多様性の比較)

Q. 年平均値で分析しているが季節的な変動が効くことがあるのではないか。

A. 中津漁協の解析では秋の産卵シーズンの前(夏)の餌の量、窒素と生産量に相関がみられた例の報告がある。

(循環システムを用いたキジハタ陸上養殖の可能性)

Q. 19psu (低塩分海水)での高成長は商品サイズまで続くのか。種苗を放流した場合は、2年目以降は沖に出てしまうが。

A. 実験は大小のサイズで実施している。小さいサイズの方がより高成長となる傾向はあるが、大きくても一定の効果はあるようだ。内陸域での陸上養殖では、人工海水粉末を使うことが想定され、低塩分海水による飼育は人工海水粉末の経費削減にもなり、我々は高成長はもちろん、経費削減にメリットもあると考えている。

(司会)瀬戸内海区水産研究所に要望があればこの機会に。

Q. 瀬戸内海の天然物は少なくなっている。放流はお金になる魚種に限定される。ハゼ等が減って海で遊ぶ子どもも楽しむことができない。そのような観点からも考えてはどうか。ハゼ等の放流はしているのか。

A (司会). ハゼの増殖について、現在当所では研究対象としておらず、放流はしていない。



Q. 陸上養殖の現場を見たいと思い、見学を申し込んだが、手続きの問題でできなかった。もっと気軽にできると嬉しい。

A (所長). いきいき学級、インターンシップ、講師派遣等の外部と交流の取り組みも行っていることをご理解願いたい。



Q. 温暖化が気になっておりデータが欲しいが、瀬戸内での水温データ等の提供は無い様だ。数値データのアクセスをやすくしてほしい。

A (生産環境部長). 数値データについては報告書には記載はあるが、ネットでの生データの公表は見たことが無い。

A (所長). 外部に向けたデータの取扱いについては、研究委託元の意向を踏まえて対応を行っている。公的ルートでの手続きをとっていただくようお願いしたい。

以上

調査船紹介

しらふじ丸の無線機器紹介

しばた まさや
柴田 真弥

漁業調査船しらふじ丸には無線機器が多く搭載されています。無線機器とひとくくりに言ってもその種類、機能は様々です。今回はしらふじ丸が航行中に使用する『国際 VHF 無線電話装置』を紹介いたします。

国際 VHF 無線電話装置とは

国際 VHF 無線電話装置は「海上における人命の安全のための国際条約」(SOLAS 条約)により国際航海に従事する旅客船および総トン数 300 トン以上のその他の船舶に設置が義務付けられています。また、日本の法律(船舶安全法)によっても 100 トン以上の日本船舶に設置が義務付けられている無線機の一つです。(しらふじ丸は 138 トン)

無線機の目的・通信方法

この無線電話の主な使用目的は航行中に相手船舶の進路や様々な情報の交換及び取得をすることです。その情報をもとに自船の進路の調整などを行い、船舶の安全な航行に役立っています。また、国際 VHF 無線電話装置には航海中 ch16 の常時聴取が義務となっています。理由は聴取するチャンネルを定めることで船舶に非常事態が発生した際、そのチャンネルを使用することで付近航行中の船舶は必ず気づき、聴取した情報をもとに迅速かつ正確な対応が行えるからです。

それでは簡単に無線機の通信方法を説明いたします。まず相手と通信するためには周波数を同じ値に合わせなければ通信できません。周波数には、チャンネルのように番号が付与されています(写真参照)。その番号を押すことでチャンネル(周波数)が変わります。

呼出周波数は ch16 であり、聴取が義務付けられているチャンネルと同じです。このチャン

ネルで相手船舶を呼び出します。(例「こたか丸、こたか丸、こちらしらふじ丸」と呼び出す。)その後チャンネルの変更を伝え、変更後に情報交換等の内容の通信を行い用件が終わり次第通信を終了します。通信を終える際は最後に「さようなら」ということで通信終了を相手に伝え、ch16に戻す。ここまでが通信の流れになります。



おわりに

今回、無線機について説明させていただきましたが、無線機の使用には専門の免許が必要です。この免許を取得しているしらふじ丸乗組員は正しい方法で通信を行い、より安全な航行ができるよう心がけています。

(しらふじ丸 通信士)

研究技術紹介

放流魚の身分証明書「標識」の開発と応用技術

【連載第2回】～外部標識の種類とメリット、デメリット～

おおた けんご
太田 健吾



前回は、調査では魚体に「標識」と呼ばれる目印がつけられること、標識には外部標識と内部標識があり、市場に水揚げされた魚が「いつごろ」「どこで」「誰によって」放流された魚なのかを見分ける手段として大変重要な役割を担っていることをお伝えしました。今回は、様々な魚種で利用されている外部標識をご紹介しますとともに、それらを用いて調査を行う際のメリット、デメリットについてご説明します。

標識に求められる条件とは

標識には次のような条件が求められます(図1)。

理想的な標識とは...

- よく目立つ
- 脱落や再生がない
- 小さな魚にも装着可能
- 取り扱いが簡単
- 安価



図1 標識に求められる条件

調査に用いられる様々な外部標識

調査には目的に応じて様々な外部標識が用いられます(図2)。

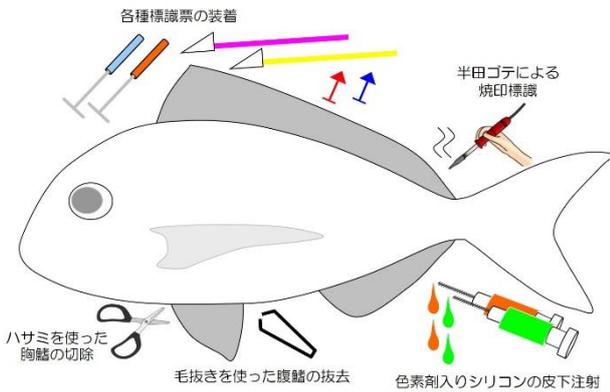


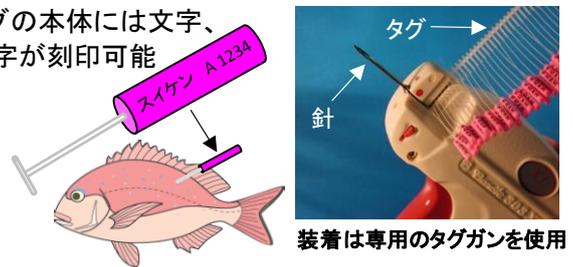
図2 各種調査に用いる外部標識の一例

標識票の装着

標識票(タグ)には、様々な色、形、大きさがあり、文字や数字も刻印できるのが特徴です。よく目立つため、漁業者や市場関係者、釣り人など

研究機関以外の方々にも発見、報告してもらいやすく、放流した魚がどこへ移動するのか、どこの市場へ最も多く水揚げされるのかを特定するのに適しています。一方、この標識は専用の道具(タグガン)を使って魚体に挿入するため、脱落する可能性があり、装着後の負荷も大きいことから小さな魚には付けられません。また、標識票は他の標識に比べて高価であり、装着にも時間を要するため、大量の魚に使用するのには不向きです(図3)。

タグの本体には文字、数字が刻印可能



装着は専用のタグガンを使用

図3 標識票の一例(スパゲティーアンカータグ)

鰭を切除、抜去する標識

鰭など魚体の一部を切除、抜去する標識は「体部分標識」と呼ばれ、特定の市場に水揚げされる魚の中から放流魚を識別する放流効果調査などに利用されます。この調査に用いる標識は、必ずしも標識票のように目立つ必要はなく、水産研究所や試験場の調査担当者が確実に識別できることが重要になります。鰭の切除や抜去は標識票のように専用の道具を必要とせず、ハサミや毛抜きで安価に大量の魚を標識できます(図4)。また、標識票に比べて装着時の魚体への負荷が小さいため、小型魚にも利用でき、脱落する恐れもありません。一方、この標識では鰭を完全に切除、抜

去しないと残った鱭の一部が再生し、天然魚と区別がつかなくなる欠点があります (図5)。



図4 毛抜きで右腹鱭を抜去したクロソイ

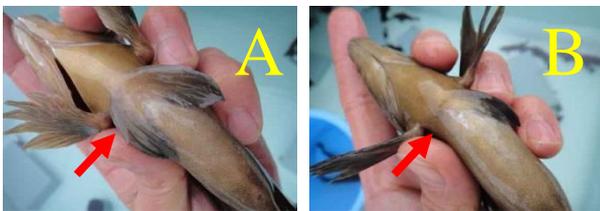


図5 右腹鱭を抜去後1年が経過したキジハタ
(A) 抜去した鱭が再生 (B) 再生なし

半田ゴテで皮膚に火傷の痕を残す標識

鱭切除、抜去標識と同様に体部分標識として利用される標識法には、半田ゴテを用いて体表の皮膚の一部に火傷の痕を残す「焼印標識」があります。この標識法は、主にヒラメ、トラフグ、サワラ、ブリなどで用いられています (図6)。



図6 半田ゴテで焼印標識を施したヒラメ

この標識法は、火傷の痕を残す位置や個数を変えることで、複数の放流群 (グループ) を多様に

区別することができます。一方、火傷の度合いは、半田ゴテの温度や皮膚へ接触させる時間によって変わり、低温での接触や短時間の接触だと火傷の痕が再生して天然魚と区別がつかなくなる可能性があります。また、小さな魚では火傷による負荷が原因で死亡するリスクがあります。

蛍光色素を含むシリコンを皮下注射する標識

放流効果調査では、体部分標識以外に蛍光色素を混合したシリコンを皮下注射する標識 (イラストマー標識) も用いられています。イラストマー標識は、主にトラフグの調査で利用され、左右いずれかの胸鱭の基部に様々な色の色素を皮下注射して放流群を区別しています (図7)。また、この標識は標識票などに比べて装着時の魚体への負荷が少なく、調査の際に紫外線ライトを照射すれば鮮やかな蛍光を発して容易に識別できるなどのメリットがあります。一方、皮下注射する際に注射針で皮膚を傷つけてしまうと、標識後にイラストマーが脱落する可能性があるほか、魚体の成長に伴って皮膚が肥厚し、イラストマーが埋没して外見では判別できなくなるなどのデメリットもあります。

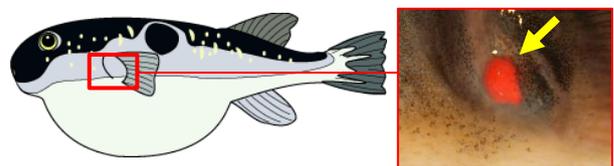


図7 イラストマー標識を装着したトラフグの左胸鱭の基部

調査における標識選択の重要性

今回は外部標識を例に、どのような標識にもメリット、デメリットがあり、調査に求められるすべての条件をクリアした標識は存在しないことをお伝えしました。このため、現状では対象とする魚種や、その目的に応じて最適な標識を選択する必要があります。また、状況に応じて、複数の種類の標識を使い分けることもあります。最終回は、外部標識、内部標識を含めた新たな標識素材の探索とそれらを用いた応用技術の開発の現状についてご紹介いたします。

(増養殖部 資源増殖グループ長)

表紙の解説

今号の文中に掲載されているものも含まれていますが、各コンテンツの写真または図を併載しました。

左上：着岸直前及び着岸時の「こたか丸」

右中：研究成果発表会開催直前の会場の様子

左下：無線機と航海中の「しらふじ丸」

右下：標識解説図と体部分標識写真

(業務推進部 業務推進課 情報係長 梅木和義)



編集後記

瀬戸内通信21号をお届けいたします。今号は、昨年10月18日に開催しました「瀬戸内海区水産研究所研究成果発表会」を中心に組ませていただきました。開催報告でも述べていますが、当所では隔年で研究成果発表会、瀬戸内海水産フォーラムを交互に開催しています。今年は、瀬戸内海水産フォーラムを開催する予定としていますので、皆様のご来場をお待ちしています。

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 梅木和義)

National Research Institute of Fisheries and Environment of Inland Sea

Momoshima Laboratory

Tamano Laboratory

Hakatajima Laboratory

Yashima Laboratory

瀬戸内通信

第21号
平成27年3月発行

編集委員

北村 章二

吉田 勝俊

辻野 睦

外丸 裕司

太田 健吾

小島 大輔

柴田 真弥

梅木 和義

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>