

瀬戸内通信

No.15 March. 2012

CONTENTS

しらふじ丸乗船調査特集

- 02 資源の状態を知るためのネット調査
- 04 持続可能な生産体系を構築するための浮遊幼生調査
- 06 播磨灘における海水流動調査
- 08 シャットネラ赤潮のタネの生態
- 10 陸から海へ広がる化学汚染
- 12 瀬戸内海系群のサワラの産卵調査
- 14 漁業調査船「しらふじ丸」レポート
—若手船舶職員に聞いてみました—

イベント報告

- 15 第4回 瀬戸内海水産フォーラム 開催報告

研究紹介

- 16 地域連携によるアサリ資源復活の試み
- 18 2007～2009年度
水産庁 水産基盤整備調査委託事業報告
「ガザミとカレイ類の資源増殖のための
干潟の整備条件の検討」

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

資源の状態を知るためのネット調査

おばた やすひろ
小畑 泰弘

資源動態グループでは、主に漁業資源の管理技術の開発を行っています。漁獲物の安定供給のため、対象となる資源を効果的に管理するためには、資源の状態と漁業の実態を的確に知るための調査が必要です。重要な調査の一つに、魚の卵や仔稚魚並びにそれらの餌となる動物プランクトンの量を調べる調査があります。この調査には専用のプランクtonネットなどを使用する必要があるため、それらを使用できる機械を積んだ調査船が必要です。本稿では、プランクtonネットを用いた調査の内容について紹介します。

はじめに

陸上の動植物は、通常直接目で見て数や状態を確認することができますが、海の中の魚や海藻を肉眼で見ることは困難です。このため、魚がどのくらい海の中にいるのかを調べるためには、網ですくったり釣り上げたりして獲れた数を数えたり、大きさを測ったりする必要があります。このような調査を比較的容易に行うには、漁獲情報を利用するのが効果的です。しかし、一般的に魚などは均一に分布しないため、必ずしも漁獲情報が資源の状態を正しく表しているわけではありません。

一方、資源を効果的に管理するためには、あらかじめ資源の量を予測して、資源が減少しない程度に漁獲を行うことが重要です。資源量を予測する方法には、前述の漁獲情報を利用する方法や卵や仔稚魚をプランクtonネットにより採集してその数を把握し、生残率などから推定する方法などがあります。特に、本稿で対象としている卵や稚仔魚の調査は、各府県でカタクチイワシやイカナゴなどについて行われ、実際に漁況予報に利用されています。

調査に用いるプランクtonネットにはいくつかの種類がありますが、ここからは私たちが漁業調査船「しらふじ丸」で使用しているノルパックネット、ボンゴネット、ORI ネットや調査の方法についてご紹介します。

ノルパックネット

口径 45cm、目合い約 0.1mm のネットで、主に小型の動物プランクtonを採集します。ウインチ（巻き上げ機）を使って海底より 2m の水深から一定の速度で真上に引き上げます（写真 1）。

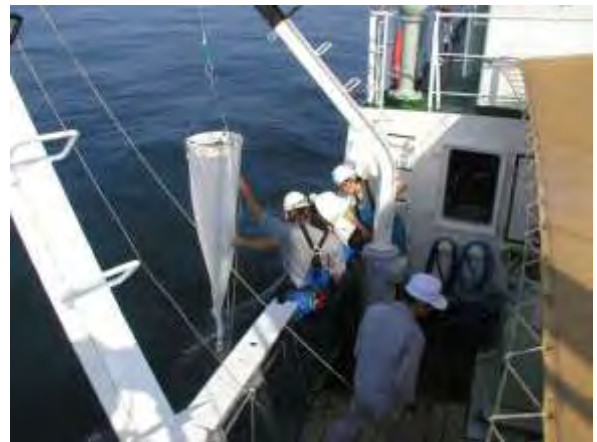


写真 1. ノルパックネットの引き上げ作業

ボンゴネット

口径 70cm、目合い約 0.3mm のネットが二つ付いており、主に動物プランクtonや卵を採集します。船を前進させて、ウインチを使って海底より 2m の水深から一定の速度で 45 度を保ちながら斜めに引き上げます。船を操縦する航海士とウインチを操縦する甲板員との連携が不可欠です。ネット調査のハイライトといえます。引き上げたネットには海水をかけて採集したプランクtonや卵、仔魚などをネットの下に取り付けた収集器に



写真2. 引き上げたボンゴネットに海水をかけて採集したプランクトンを集める作業



写真3. 集めたプランクトンを濃縮してサンプル瓶に入れる作業

集めます(写真2)。集めたプランクトンは、収集ネットに移してサンプル瓶に入るように濃縮します(写真3)。瓶に移した後、水量の5~10%のホルマリン液を入れて得られたサンプルを固定保存し、実験室に持ち帰ります。

ORI ネット

口径 1.6m、目合い約 1mm のネットで、主に稚魚やクラゲなどを採集します(写真4)。曳網の方法はボンゴネットと同じです。



写真4. ORI ネットを引き上げる作業

数値の定量化

プランクトンネット調査では、ネット口の中央に濾水計を取り付けてネットで漉しとった海水の量を計算できるように数値を記録します。これを持ちいて単位水量あたりのプランクトンや卵、仔稚魚の数を計算します。

調査により採集した動物プランクトンは、仔稚魚の餌となるため、その種類と量の把握は重要です。カイアシ類に代表される餌料生物は管理する資源の卵や仔稚魚から成魚までの生残を左右するキーとなるからです。

その他の観測

プランクトンネット以外にも重要な観測項目があります。水温、塩分、濁度、クロロフィル量などは、表層から5または10mごとに採水やCTDと呼ばれる自動計測器などを用いて計測します。調査により得られたデータを分析する際に必要となります。

おわりに

紹介したネット調査は継続して行うことが重要です。漁獲情報は統計資料等で過去に遡って数値を調べることは可能ですが、海の状態を直接知ることができる動物プランクトンや卵、仔稚魚の量は、実際に調査しない限り調べることは不可能だからです。このため、資源の効果的な管理のためには定期的な調査船調査によるデータの蓄積が不可欠です。

(生産環境部 資源動態グループ長)



持続可能な生産体系を構築するための浮遊幼生調査

はまぐち まさみ
浜口 昌巳

環境動態グループの藻場・干潟担当では、藻場等の調査に加えて、干潟の漁業資源の持続的生産体系の構築や管理のための調査・研究を行っています。その一つに、漁業調査船「しらふじ丸」によって 2004 年から継続して実施している広島湾・周防灘の海洋環境並びに各種浮遊幼生調査があります。この調査により、広島湾や周防灘におけるアサリ等重要な水産資源の再生産構造が明らかとなり、保護すべき個体群が特定されたり、浮遊幼生の動態が分かってきました。そして、資源を再生して持続的生産体系を構築するために必要な知見が集積されつつあります。この調査には、浮遊幼生調査用のプランクトンネットや船上での浮遊幼生簡易同定方法などを使用する必要があるため、それらを使用することのできる機器類と、試料を分析するための船上実験室がある調査船が必要です。本稿では、この各種浮遊幼生の調査の内容について紹介します。

はじめに

アサリ・ナマコ等の水産上重要な海産ベントス類のほとんどが、卵から孵化してしばらくはプランクトンとして海水中を漂って生活しています。これを浮遊幼生と呼びます。浮遊幼生は自らの遊泳能力が乏しいので、海の流れによって移動しながら成長し、干潟等のそれぞれの生息場所に着底してさらに成長し、やがて漁獲されます。この浮遊幼生の移動・分散の範囲内にある干潟や漁場間では、浮遊幼生の交流を通じて各個体群が交流していますが、この交流が密であればあるほど資源の状態は良好であると考えられています。また、浮遊幼生が沢山いることは資源の状態が良いことを示し、トリガイ等の場合、浮遊幼生の多い少ないが翌年の漁獲量に関係するということが知られています。このため、アサリやナマコ等の水産上重要なベントス類において、自律的な資源の再生や持続可能生産構造を構築・保全するためには、浮遊幼生の調査が不可欠となります。

しかし、浮遊幼生は大きさが 1mm 以下と小さく、直接目で見て数を数えることが困難です。また、海域では浮遊幼生分布にムラがあるので、正確に調べるためには、多数の定点を設定して調査する必要があります。さらに、前述のように浮遊幼生の動態は流れの影響を強く受けるために、その調査時には潮流をきめ細かく観測する必要があ

ります。

そのため、浮遊幼生の調査には、多層の ADCP^{※1} や CTD^{※2}、水中ポンプを吊り下げることができるウインチ（巻き上げ機）を装備するとともに、採集した浮遊幼生を同定・計数するための実験室を装備した調査船が必要となります。ここからは、これらのうち実際にしらふじ丸で使用している浮遊幼生の調査に必要な機材や技術をご紹介します。

機器類による海洋観測

浮遊幼生の分布水深はある程度種によって決まっていますが、塩分や光環境によって変化することがあります。また、浮遊幼生は、ベントス類が産卵しないと出現しませんが、産卵の有無や状況を調べるためには水温を測る必要があります。そのため、浮遊幼生の調査時には CTD 等で水温、塩分等の海洋観測を同時に行います。また、浮遊幼生の動態を調べるためには流向・流速を調べる必要があります。図に、しらふじ丸の ADCP 観測と、陸上に設置した VHF（超短波）レーダーにより大分県中津干潟周辺海域の流向・流速分布を調べた結果を示します。中津干潟沖には渦流が形成されており、アサリ等の浮遊幼生が集積し易いと考えられます。

※1 Acoustic Doppler Current Profiler の略称。超音波流速計。

※2 Conductivity Temperature Depth profiler の略称。塩分、水温、水圧を観測する装置。

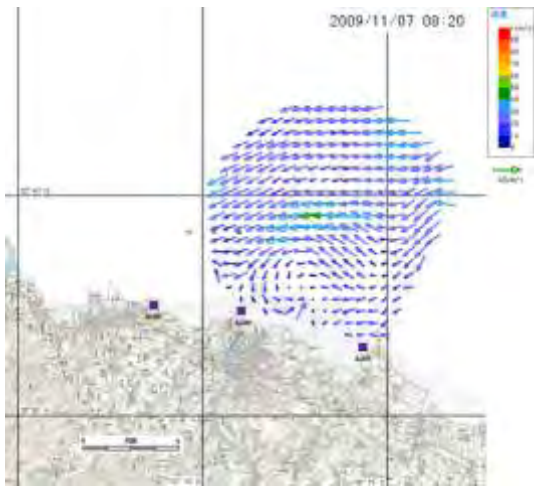


図. 中津干潟沖の流向・流速調査の一例

浮遊幼生の調査のための機材類

ベントス類の浮遊幼生は分布する水深が決まっており、その分布層を中心に水中ポンプで採水します。潮流によって流されないように錘ウェイトを付けた水中ポンプをウインチを使って目的の水深まで下ろし、一定量の海水を船上にくみ上げます（写真1左）。現在、しらふじ丸で使用している水中ポンプは水深50mまで下ろすことができ、広島湾・周防灘全域で表層から底層まで採水することが可能です。

このくみ上げた海水はハンドネットを用いてろ過して浮遊幼生を採取します（写真2右）。採取した試料は直ちに船上の実験室内で濃縮し、二枚貝幼生だけを分離したのち、幼生数に応じて分割して凍結します。



写真1. 左：水中ポンプの垂下作業 右：プランクトンネットによる浮遊幼生試料の採取

船上での浮遊幼生簡易同定方法

これまででは、採集した浮遊幼生試料の同定・計数は、航海調査終了後に行っていましたが、アサ

リ等では抗体による簡易同定方法（特許第2913026号）を改良し、船上で同定計数できるようにしました（写真2）。前述の特許技術では蛍光抗体法を使用していましたので、結果の判定には特殊な蛍光顕微鏡が必要でした。しかし、最後の発色に不溶性基質を使用することで、安価で持ち運びしやすい実体顕微鏡等で観察できるようになったため、航海中に同定計数することが可能となりました。

現在、アサリの他、マガキ、イワガキ、シカメガキ、トリガイ、ウチムラサキ、マナマコ、サザエ、クロアワビ等については船上で計数可能となっています。



写真2. 浮遊幼生の簡易同定作業のための機材類

おわりに

本稿でご紹介した調査内容は、学会・論文等で学術的に発表されるとともに、様々なプロジェクト研究に役立っています。さらに、浮遊幼生の出現状況等が航海調査中に分かるため、調査によって得られた情報を、関係する漁業協同組合などの機関に即時に知らせることができるようになりました。このことは、効率の良い採苗や漁場の維持管理等に貢献しています。最近の瀬戸内海沿岸では、漁業協同組合やNPOのみなさんが、他地域の種貝に頼らず、それぞれの地先で発生する天然アサリを有効に利用して漁業生産や自然の再生に取り組む試みが増えています。それには、浮遊幼生を効率良く捕捉することが必要なため、幼生の出現状況等を速やかに現場に知らせる体制へのニーズが高まっています。

（生産環境部 環境動態グループ 主幹研究員）

しらふじ丸乗船調査特集

はりまなだ 播磨灘における海水流動調査

あぼ かつゆき
阿保 勝之

海水の流れは海域の生態系や物質循環を理解する上で調査すべき重要な要素のひとつです。漁業調査船「しらふじ丸」が装備する超音波流速計を用いて播磨灘において流動調査を実施した結果、海域における潮汐周期成分（半日および一日周期の流れ）および残差流（平均的な流れ）を明らかにすることができました。

なぜ、海の流れを測るのか

海の生態系は植物プランクトンの生産により支えられています。植物プランクトンの生産には海水中の栄養塩（窒素、リン、ケイ素などの栄養素）が必須ですので、海水中での栄養塩の動きを把握することは生態系を理解する上で重要な要素のひとつです。瀬戸内海における栄養塩は主に河川水を通じて陸域から供給されるとともに、海底からも泥の分解により供給されます。また、紀伊水道や豊後水道を通じた外海とのやり取りも重要です。海水の流れを知り、供給された栄養塩がどのように運ばれるかを理解することが各海域の生態系や生産構造を研究する上で必要です。また、近年はコンピュータを用いたシミュレーションにより海域の水質環境を予測する試みがなされていますが、計算の精度を向上させるためにも海域の流れを把握することが重要です。

瀬戸内海においては海水の流れは潮の干満と同じく半日周期と一日周期で変動する成分が卓越しています。また、これ以外にも残差流という非周期的な流れ（平均的な流れ）が存在します。周期的な流れは往復流なので海水は一定の範囲を行ったり来たりすることになります。一方、残差流は弱い流れですが一方向に流れて海水中の物質輸送に果たす役割が大きいことから、海域における物質輸送を理解するためには残差流を把握することが重要です。

しらふじ丸で流れを測る

しらふじ丸の船底には超音波流速計が装備されており、潮流（海水の流れ）を高精度で測定することができます（図1）。超音波流速計は海水中の懸濁物（微細な粒子）に超音波を当て、反射する超音波のドップラー効果（反射する物体の速度によって反射波の周波数が変化する現象）を利用して海水の流れる速さを測定します。しらふじ丸の場合はこの装置により船底から海底まで 2m 間隔で海水の流れを測定することができます。

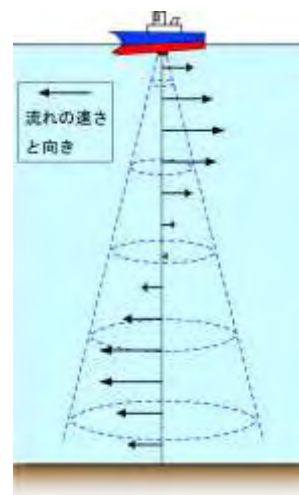


図1. 超音波流速計による流れの測定

海域における物質輸送を理解するためには周期的な流れと残差流の両方を把握する必要があります。そのためには 25 時間（潮汐周期）以上にわたって同じ海域を何度か反復して調査す

る必要があります(図2)。測定結果から半日周期と一日周期の流れを推定し、測定値との差から残差流を求めます。

播磨灘の流れを測った

播磨灘における流れの空間分布を測定するため、2011年4月に一昼夜かけて反復観測を実施しました。図2に示したように対象とする海域をカバーするような測定ラインを設け、一昼夜(25時間程度)かけて測定ラインを4回運航して観測しました。調査により明らかになった半日周期の流れを図3に示しました。半日周期の潮流は北東-南西方向に卓越していて、その最大流速は毎秒20cm程度であることが分かりました。

残差流の鉛直断面分布を海水の密度分布とともに図4に示しました。西側の表層に存在する低密度水(低塩分水)に対応して北から南への流れが存在しており、備讃瀬戸(小豆島北側)

から低密度水が流入していることが分かります。また、残差流の分布は底層の高密度水(冷水塊)とも良く一致しています。

今後なにを研究するか

近年、瀬戸内海では養殖ノリの不作や漁獲量の減少など水産業を取り巻く様々な問題が顕在化しています。魚介類を育む藻場や干潟の減少の他、植物プランクトンや海藻の生産を支える栄養素(海水中の窒素・リン等の栄養塩)の不足などが原因と考えられています。海水の流れは海域における栄養塩の供給や、植物プランクトンや二枚貝の浮遊幼生などの輸送に重要な役割を果たしています。海域における水質分析や生物調査と並行して海水の流れを測定することにより、海域の物質循環や生態系などの理解が進むことが期待されます。

(生産環境部 環境動態グループ 主任研究員)

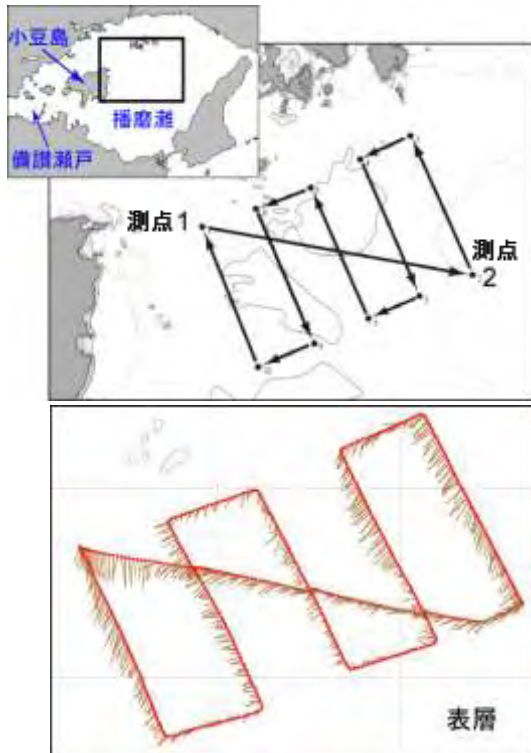


図2. 播磨灘北部における流動調査
(上: 調査ライン、下: 流れの測定例)

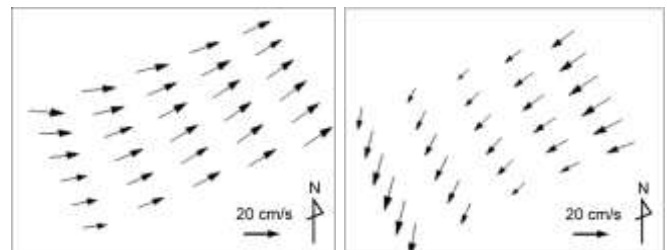


図3. 調査海域における潮汐周期の流れ
(左: 上げ潮、右: 下げ潮)

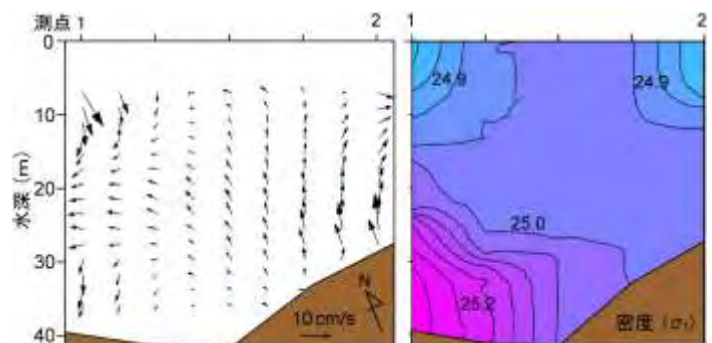


図4. 測定ライン(図2の測点1~2)における残差流の鉛直断面分布(左)と海水密度分布(右)。矢印は流れの水平成分で、下向きの矢印は紙面の奥から手前方向への流れを表している。

シャットネラ赤潮のタネの生態

やまぐち みねお
山口 峰生

シャットネラは、大規模な赤潮を形成しハマチ養殖などに大きな被害を与える有害な赤潮プランクトンです。最近では、2009年と2010年に有明海と八代海に発生した赤潮により、85億円を超える大きな漁業被害が発生しました。シャットネラ赤潮の発生原因の解明や対策には、シストと呼ばれる休眠細胞の役割を明らかにすることも重要な研究テーマです。そこで、私たちの研究グループでは、漁業調査船「しらふじ丸」によって海底泥を採集し、シストの分布や発芽の条件などを明らかにしました。

シストとは？

赤潮を引き起こす植物プランクトンの仲間には、草花のようにタネ（種子）を作って海底泥中で休眠し、増殖に不適切な環境を乗り切るものがあります。この休眠細胞をシストと呼びます。シストは泳ぎできないので、海底泥の中で過ごします。これに対して、泳ぎして分裂・増殖できる細胞は栄養細胞と呼ばれます。プランクトンは、増殖に適した環境になるとシストから発芽して栄養細胞となり、それが増殖して赤潮を形成します。その後、栄養細胞から再びシストが形成されます。シャットネラのシストは直径約25ミクロンの球形ですが、珪藻の殻などに付着する場合には半球型となります（写真1）。

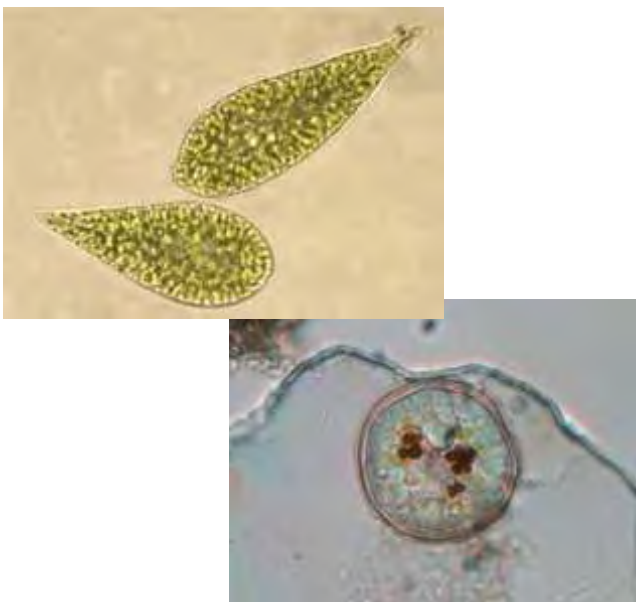


写真1. シャットネラの栄養細胞（上）とシスト（下）

八代海におけるシストの分布

私たちは、しらふじ丸（写真2）を用いて2002年からシスト調査を継続していますが、ここでは2010年以降の結果について紹介します。2010年春におけるシスト密度は平均135個/cm³であり、高いシスト分布域は八代海の西部、北部および南部沿岸にみられました。一方、赤潮後の秋には平均178個/cm³であり、高い分布域は、南部海域、とくに長島東部および宮野河内湾から牛深の沿岸にみられました（図1）。春と秋のシスト密度の違いから見ると、2010年には赤潮の発生による新たなシストの補給はそれほど多くなかったと考えられます。これは、赤潮によってシスト密度が約25倍に増加した2009年とは異なる結果です。ただし、高い分布域が八代海南部に拡大したことが2010年の特徴でした。一般に大規模な赤潮が発生すると、それだけ多くのシストが形成されやすくなるため、赤潮後のシスト分布密度が高くなる傾向があります。しかし、赤潮が発生せず、海水中からの補給が無ければ、海底泥中のシスト密度は次第に低下していくと考えられます。事実、2011年夏には八代海で赤潮が発生しなかったため、その秋のシスト密度は平均26個/cm³に減少しました（図2）。

シストの休眠と発芽

毎春、私たちの目を楽しませてくれる桜。桜の花芽は夏に形成され、その後、休眠します。休眠した花芽は、一定期間、低温にさらされることで

眠りからさめ、開花の準備を始めます。これを「休眠打破」といいます。面白いことに、シャットネラのシストにも同じような仕組みがあります。夏に形成されたシストは冬の低水温にさらされると発芽できないのです。これを八代海のシストで詳しく調べたところ、シストの休眠打破には 15℃以下の低温が有効であり、約 3 ヶ月後に休眠が打破されることが明らかになりました。瀬戸内海では、休眠打破にはより低い 11℃が必要とされていますが、今回の結果は、シャットネラがより暖かい九州沿岸の水温環境にうまく適応していることを示すものです。

シストは依然として八代海の広範囲に分布していること、さらに私たちの調査によりシストの寿命がかなり長い可能性も示されていますので、今後も赤潮に対する警戒が必要です。

おわりに

しらふじ丸による調査で、八代海におけるシャットネラのシストの生態が徐々に明らかとなってきました。瀬戸内海、有明・八代海のように浅く入り組んだ内海の調査には小型の調査船が不可欠です。シャットネラ赤潮の発生機構の解明や予察手法開発のため、しらふじ丸の今後の活躍に期待したいものです。

(環境保全研究センター 主幹研究員)



写真 2. 八代海調査中のしらふじ丸（上）とアシュラ採泥器（下）

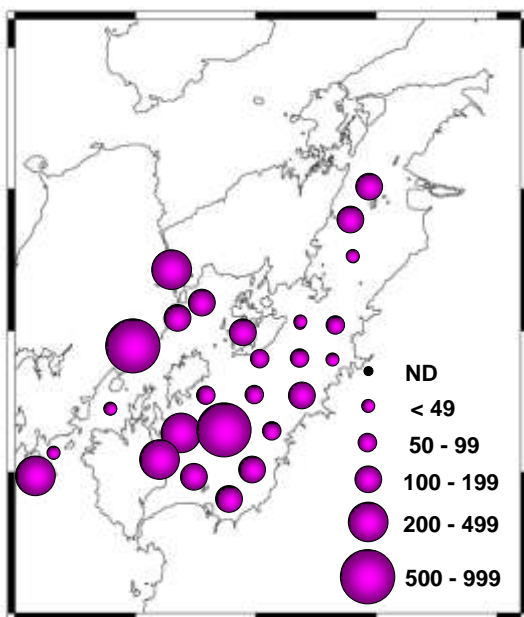


図 1. 八代海におけるシスト分布 (2010 年 10 月) ※

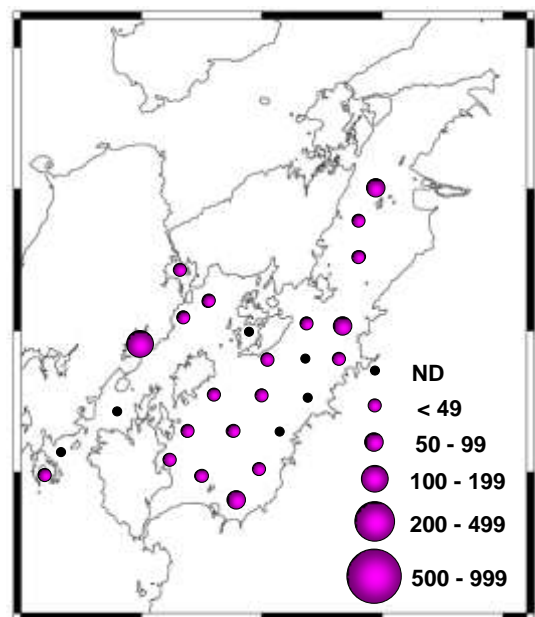


図 2. 八代海におけるシスト分布 (2011 年 10 月)

※ 他の調査については瀬戸内海区水産研究所ホームページ内 (<http://feis.fra.affrc.go.jp/topics/230610-chattonella/230610-chattonella.html>) にて公開中

陸から海へ広がる化学汚染

たなか ひろゆき
田中 博之

化石燃料の燃焼に伴い生成し大気へと放出される有害な化学物質、ニトロアレーンの大阪湾における広がりを調査しました。海水中のニトロアレーン濃度の季節による変化は大気中の濃度変化と類似しており、また、淀川河口から湾の中央に向け濃度は減少する傾向にありました。ニトロアレーンが陸から海へ広がっている実態が明らかとなりました。

私たちと化学物質

私たちはたくさんの化学物質に囲まれ生活しています。その多くは、私たちの生活を快適に、そして、豊かにするために作られています。しかし、中には作ろうとした訳ではないのに（非意図的）できてしまう化学物質もあります。そしてダイオキシンのように私たちの生活を脅かすものもあります。本稿で紹介するニトロアレーンもダイオキシン同様に非意図的に生成する有害な化学物質です。

ニトロアレーンとは

ニトロアレーンは複数のベンゼン環からなる多環芳香族炭化水素に窒素と酸素からなるニトロ基が結合した化合物です。ベンゼン環の数やニトロ基の数とベンゼン環に結合する位置の違いでたくさんの種類があり、人に対して発がん性が疑われているものもあります。石油や石炭などの化石燃料の燃焼に伴い非意図的に生成し大気中へ放出され、大都市の大気や土壌に存在します。降雨や河川などを通じ海に流れ込んでいると考えられ、海洋生態系に影響を与えていることが懸念されますが、海における広がりはほとんど研究されていません。そこで、私たちの研究グループでは、沿岸部に大阪や神戸などの大都市がある大阪湾をフィールドに調査を行いました。

しらふじ丸による調査

調査は私たち水産総合研究センターの漁業調査船「しらふじ丸」で行いました。大阪湾に流れ込む河川の中で最も流量の多い淀川の河口から湾の中央にかけて採集地点を定め、春夏秋冬に調査し

ました（図1）。しらふじ丸では海水を採集すると同時に、水温や塩分などの測定も行います。また、実験室があるため船上での処理が可能です。濃度の低い化学物質を測定するには大量の海水が必要ですが、それを全て陸上の実験室に持ち帰るのは大変です。船上で海水から目的とする化学物質を集める操作を行えば、持ち帰る試料の容量を小さくできます（写真）。

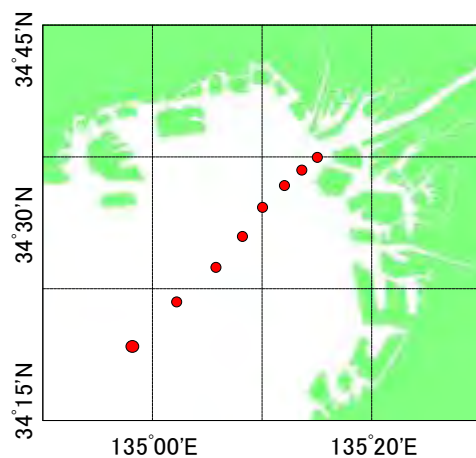


図1. 海水試料を採集した大阪湾内の調査点



写真. しらふじ丸にある実験室での作業

ニトロアレーン濃度の変化とその予測

大阪湾の海水にはいくつかの種類のニトロアレーンが存在していました。本稿ではそれらを合計した濃度について議論したいと思います。ニトロアレーンの濃度を変化させる要因と考えられる海水中の浮遊粒子濃度、塩分、水温、及び、淀川河口からの距離との関係を調べてみました（図2）。

浮遊粒子濃度とニトロアレーン濃度には、全体として関係が認められませんでした。季節ごとに見ると、夏季では統計的に有意な相関関係が認められました。一方、塩分が高くなるに従いニトロアレーン濃度は低くなる傾向にありました。このことから、ニトロアレーン濃度の高い河川水が海水で希釈されていると考えられました。また、高水温の夏季にニトロアレーンは低濃度、低水温

の冬季に高濃度であったことは、大気中の濃度の季節変化の傾向に一致しました。さらに、淀川河口から離れるに従って濃度は下がる傾向にあったことから、ニトロアレーンが主に陸で生成され海へと広がっていることが示されました。

ニトロアレーンの濃度が複数の要因によって変化していることが分かりましたので、重回帰分析という手法を用いて、浮遊粒子濃度、塩分、水温、及び、淀川河口からの距離からニトロアレーンの濃度を予測してみました（図3）。その結果、夏季が他の季節より低濃度であることが説明でき、また、淀川河口から湾中央へ向けての濃度の低下もよく再現できました。

（環境保全研究センター 有害物質グループ 主幹研究員）

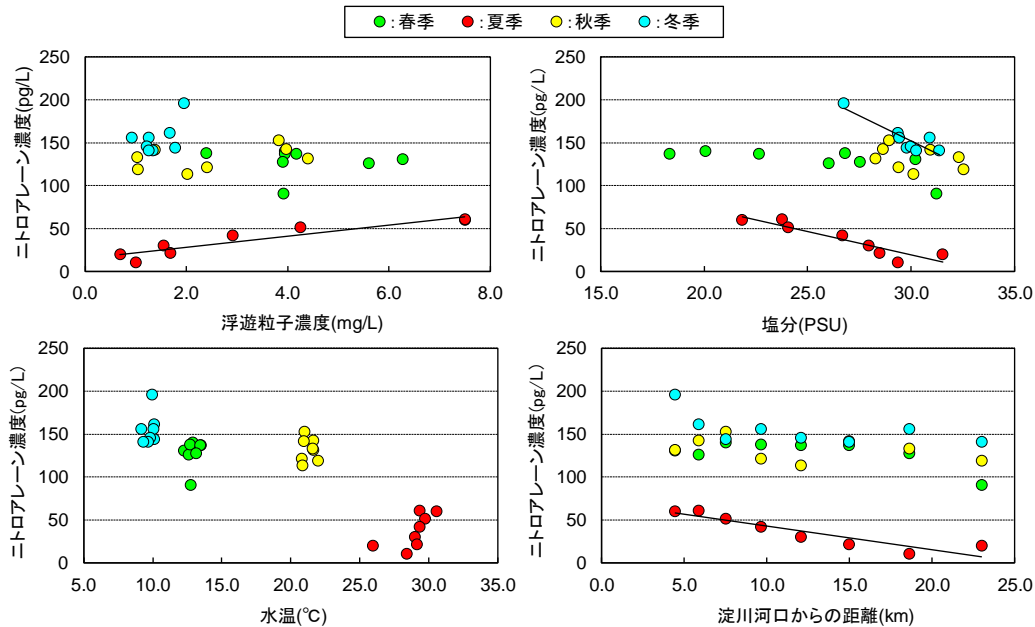


図2. ニトロアレーン濃度とその濃度変動を引き起こす要因との関係
（統計的に有意な関係があった季節について回帰直線を示した）

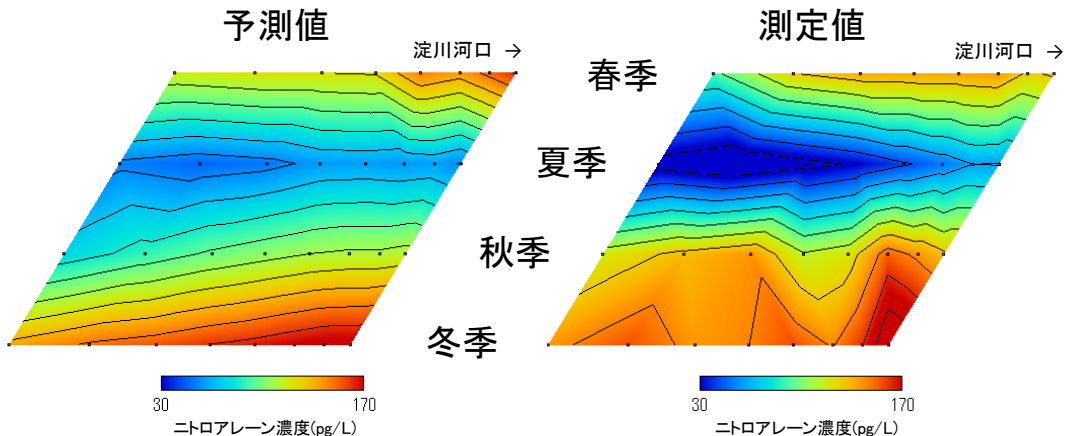


図3. ニトロアレーン濃度の重回帰分析による予測値と実測値

瀬戸内海系群のサワラの産卵調査

いしだ みのる
石田 実

漁業調査船「しらふじ丸」により瀬戸内海系群のサワラの産卵調査を実施しています。資源量予測を目的とした産卵調査では、一般的に対象魚種の産卵数から親魚量を推定しています。資源変動の著しい魚種では前述の調査を毎年実施する必要があるため、このような調査には小回りのきくしらふじ丸（138トン）程度の調査船が最適です。

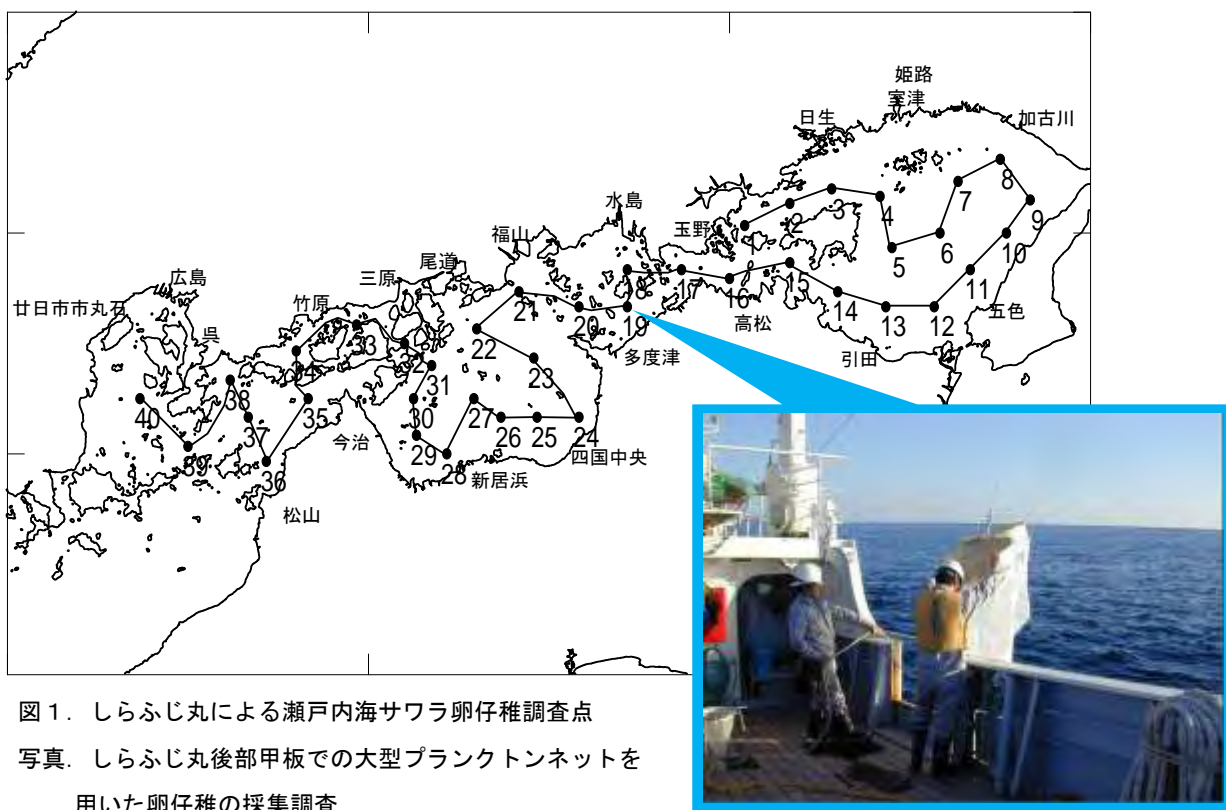


図1. しらふじ丸による瀬戸内海サワラ卵仔稚調査点
写真. しらふじ丸後部甲板での大型プランクトンネットを用いた卵仔稚の採集調査

サワラの産卵調査

本調査では、瀬戸内海に分布するサワラの資源量を予測することを目的として、2010年から2011年にかけて数日間ずつしらふじ丸に乗船し、大型のプランクトンネットでサワラの卵を採集し、その数を調べました（図1、写真）。サワラの産卵期は春です。瀬戸内海よりも水温の高い外海で越冬したサワラが、水温の上昇とともに産卵のために5月から6月に内海へ回遊してきます（図2）。産卵は播磨灘（はりまなだ）、備讃瀬

戸（びさんせと）、燧灘（ひうちなだ）、備後芸予瀬戸（びんごげいよせと）、安芸灘（あきなだ）などの海域で盛んに行われます。サワラの卵は一粒ずつばらばらに分かれて海中を浮遊する「分離浮遊卵」です。イワシ類、タイ類、アジ類、タチウオなども同様です。このような卵はプランクトンネットで定量的に採集することが可能で、海中での分布密度が計算できます。また、魚の種類により卵の大きさや卵黄の状態、発生途中の胚体の形や色素の出現パターンに特徴があり、それを手

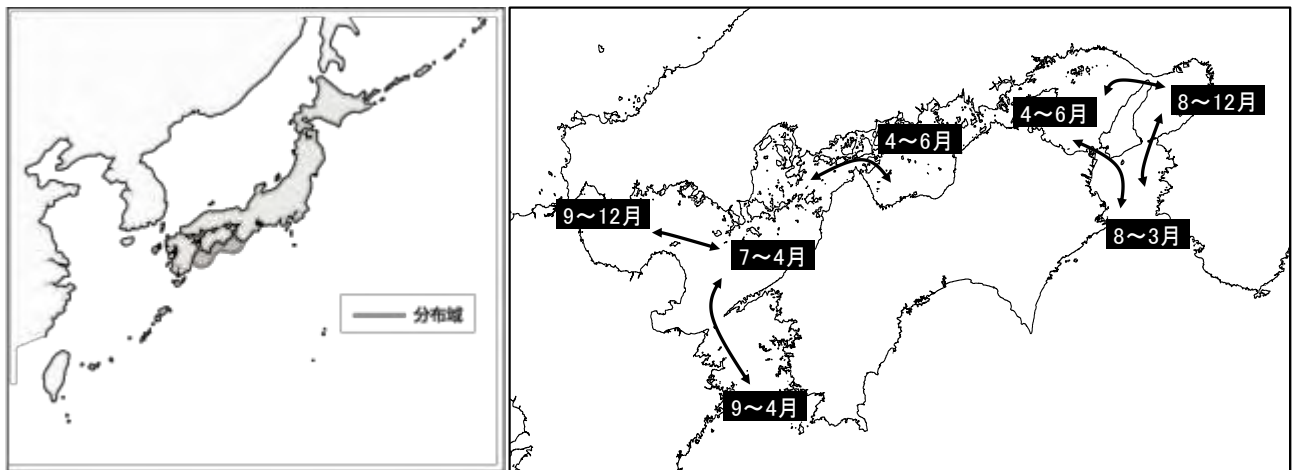


図2. 瀬戸内海系群のサワラの分布域（左）と回遊期（右）

がかりとして種類を判別します。

なお、大型のプランクトンネットを使うのは、サワラの卵の分布密度が低く、小型のプランクトンネットでは濾し取った採集数が少なすぎて分布密度が正しく推定できないからです。

魚卵の数から親の数をどのように算出するか？

産卵調査によって推定した産卵数からそれらが育った世代の資源量が計算できるでしょうか？答えは否です。なぜならば、親まで育つまでの環境条件の予測がつかないからです。と言うのは、水温一つ取っても、瀬戸内海では天候の影響に大きく左右され、一年先までの天候予測は正確にできないからです。また、他の魚や餌となる生物の発生状況など不確定な要素があまりにも多いのです。そのため、確定的な生き残り率を計算して、親まで育つ尾数を予測することは到底不可能です。

それでは卵の数から何が分かるのかというと、卵を産んだ親魚の数量です。どのくらいの大きさのサワラがどれだけ数の卵を産むかは、成熟したサワラの卵巣を調べれば分かるからです。

サワラ資源を毎年調査する目的は？

海洋生物は一般に年変動が著しいので、魚類資源やプランクトンなどを定量的に調べる調査では、常に調査を継続しなければなりません。また、海洋生物の多くは活発に移動するだけでなく、他の生物による被食や漁獲による減少も速やかですし、逆に条件が良ければ大発生することも

珍しくありません。さらに、直接見る事が出来ないため、その数量を正確に調査しづらいという特性があります。このため、海洋生物資源の調査では、第一に漁獲状況の資料を解析して資源量を推定するのですが、推定精度を上げるためには、漁獲以外の情報に基づく推定を併用することも大変重要なのです。漁獲状況とは関係のない卵の分布状況の情報から親魚の数量を求めることにより、精度の高い資源状況の推定が出来るわけです。この点から見ても、産卵状況調査を毎年行うことは私たちの研究に欠かせないことが分かります。

瀬戸内海の船上調査は中型船が最適

しらふじ丸の他にも水産総合研究センターには何隻もの調査船があります。また、漁船を借り上げて調査をすることもあります。これまで、大小様々な調査船で産卵調査を経験してきましたが、現在のしらふじ丸くらいの中型船の大きさで、10 数名の乗組員の調査船が瀬戸内海のサワラの産卵調査には最適です。

(増養殖部 資源増殖グループ 主幹研究員)

しらふじ丸乗船調査特集

漁業調査船「しらふじ丸」ルポ

—若手船舶職員に聞いてみました—

本号は「しらふじ丸乗船調査特集」です。主役であるしらふじ丸へ乗船5年目の船舶職員であり、本誌編集委員にも就いている 寺田 直世（てらだ ちよくせい）さんに、主な調査海域から乗船中の苦労話など色々とお話を伺ってみました。

瀬戸内通信編集委員（以下「編集」）：しらふじ丸は主にどの海域を調査しているんですか？

寺田：瀬戸内海（図）や九州海域では八代海や有明海を調査航海しています。



図. しらふじ丸の主な調査海域。周防灘、豊後水道、伊予灘、広島湾、安芸灘、燧灘、備後灘、播磨灘、大阪湾、紀伊水道など。

編集：島が点在し、複雑な海域が多いですね。

寺田：漁業者も多いため、調査海域では主要航路を通航し、安全に努めています。このことは、経済的な運航にも繋がっています（写真1）。



写真1. 主要航路は来島海峡航路、備讃瀬戸南航路、備讃瀬戸北航路、備讃瀬戸東航路、明石海峡航路、関門航路など。

編集：調査期間はどれくらいなんですか？

寺田：短い航海では5日間ですが、長い航海では12日前後です。

編集：長い調査となると、海上での錨泊（いかりを下ろして1箇所に止まる）することもあるんですか？

寺田：港には入港して停泊しますが、調査に出ると沖での錨泊が多いです（写真2）。



写真2. 姫路港に寄港停泊中のしらふじ丸

編集：これ（写真3）は何をしているところですか？

寺田：広島湾や周防灘でのアサリとナマコの浮遊・幼生調査です。海水をポンプで汲み上げネットで濾す作業をしています。



写真3. アサリとナマコの浮遊・幼生調査作業

編集：運航業務のほか、調査作業も行ったりと大変ですね。事故・怪我には気をつけてください。しかし、調査航海中は船舶内での私生活となることから、ちょっとした苦労

もあると思いますが、どんなことが大変ですか？また、楽しかったこととか？

寺田：一番は船酔いですね。今は克服しましたが、九州海域への調査海域へ向かうときは大変でした。楽しいこととなると、真面目に仕事に勤める中で、厳しさあり、優しさあり、笑いありの職場環境でしょうか。また、航行中に色々な種類の船（貨物船、自動車専用船、フェリー、練習船、練習帆船、調査船、取締船等）が見られるのも楽しいです。

編集：大変でも働き甲斐のある職場環境でなによりですね。今後の調査航海も事故・怪我などされないよう、しらふじ丸と一緒に活躍を応援しています。また、まだドックのための航海が残っていますが（1月下旬時点取材）、今年度の調査航海お疲れ様でした。今日はどうもありがとうございました。



写真. しらふじ丸の船舶職員の皆さん。平成 23 年度の調査終了日 (2012. 1. 19) に撮影。

あいにくの雨天で、船体をバックに撮ることができず、前方デッキに集合していただきました。

左から 寺田 甲板員、久保田 一航士、金子 二航士、亀澤 甲板員、松田 機関員、松元 甲板長、須田 船長、中村 司厨長、岸尾 機関長、田中 操機長、金谷 操機次長、洲上 甲板次長。

イベント報告

第4回 瀬戸内海水産フォーラム 開催報告

かわさき きよし
川崎 清

今回のフォーラムは、「瀬戸内海における漁業が直面している栄養塩不足問題」について焦点をあて、一般の方に漁業がこのような状況に面していることを知っていただくために、「きれいな海は豊かな海か？」という題で10月15日に広島市において開催いたしました。

当日は、瀬戸内海に面する府県から102名が参加され、漁業関係者だけではなく、環境問題に関心を持って参加された方も半数いらっしゃいました。フォーラムは、瀬戸内海の過去から現在の豊かさときれいさの変遷、環境管理施策の変遷、播磨灘のノリ・江田島湾のカキ・周防灘のアサリの状況とそれぞれの地域での取り組みを紹介した後、パネルディスカッションを行いました。会場からの発言も活発で、範囲を限定した形での栄養塩の順応的な管理、合意形成の重要性、分野横断的

なフォーラムの重要性などこの問題への解決に向けた私たちの責任の大きさを再確認するフォーラムになりました。

(業務推進部長)



パネルディスカッションの様子

研究紹介

地域連携によるアサリ資源復活の試み

さきやま かずたか
崎山 一孝

かつて、「アサリは湧いてくる」と言われたくらい、アサリは日本各地でたくさんとれていました。瀬戸内海もアサリが湧く海だった頃（1980年代）は、最も多い年で約45,000トンの漁獲量がありました。ところが、近年、アサリの資源量が急減し、現在は最盛期の1/100まで減少しました（図）。このような中で、アサリが自然に「湧く」海を再生するために、各地で干潟環境の改善、稚貝の放流、漁獲管理等の様々な取り組みが行われています。海産無脊椎動物研究センターでは、水産総合研究センターの重点的研究開発事項「沿岸漁場振興」の一環として、「干潟の機能評価とその維持・回復技術の開発」に向けて、当所の他の部署や地域と連携してアサリ資源を回復させる試みを進めています。

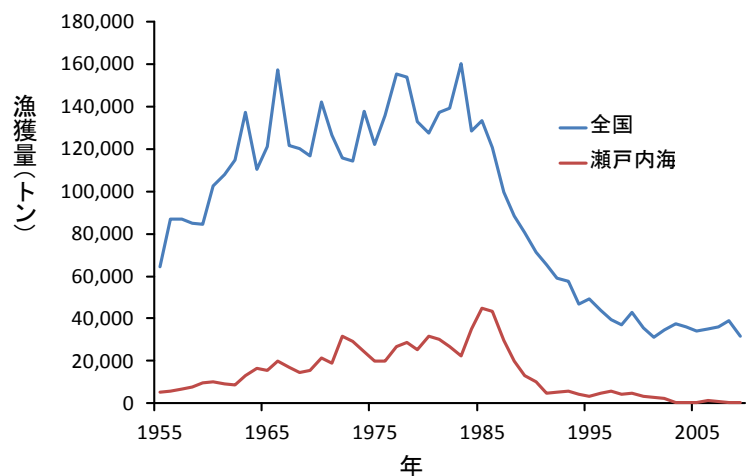


図. 全国と瀬戸内海のアサリ漁獲量の推移

アサリを「湧かせる」ためのアサリネットワーク

アサリは卵から孵化して2~3週間ほど水中を漂って生活しています。そのため、ある干潟で生まれたアサリの子供（幼生）は、海の流れによって他の干潟まで流れ着き、そこで大きく育ちアサリの漁場を形成します。このような干潟間のアサリ幼生の移動、供給は“アサリネットワーク”と呼ばれています。ここで最も重要なことは、卵を産む親アサリが常にたくさん生息している干潟、幼生を安定的に供給できる干潟の存在です。つまり、親アサリがたくさん生息している干潟で幼生が生まれると、その干潟だけではなく、周辺の干潟にも幼生が運ばれ、海域全体のアサリ資源が増加することが期待されるのです。

アサリを増やすための取り組み（広島県東部の松永湾の事例）

瀬戸内海の中では、アサリの漁獲量は広島県が最も多く、その中では県東部の松永湾と周辺干潟（尾道市、福山市西部）が県全体の漁獲量の1/3を占めています（写真1）。松永湾の中では、湾中央部の砂洲（山波の洲）が主な漁場であり、親アサリの生息場所、幼生の供給場所の一つであると考えられています。そこで、松永湾内の漁業協同組合で構成する松永湾水産振興協議会、水産庁の環境・生態系保全活動支援事業による尾道地区干潟保全活動組織、広島県、尾道市と連携して、松永湾と周辺海域においてアサリ資源の回復と維持、漁獲量を増やすための取り組みを始めました。

この取り組みでは、それぞれの機関が作業を分担して、松永湾の主漁場（親貝場）である山波の洲の親アサリの保護と漁獲管理（広島県、尾道市、漁協）、親アサリから生まれた幼生の発生時期と滞留場所の把握（当所生産環境部）、稚貝から親貝になるまでの死亡を軽減する方法の開発（海産無脊椎動物研究センター）を行っています。また、万が一、何らかの原因で山波の洲のアサリが少なくなった場合には、幼生の発生量が少なくなり、広島県東部海域のアサリ資源が減少することが想定されるため、松永湾内の他の干潟において、複数の親貝場を作ることを計画しています。



写真1. 広島県尾道市と福山市に囲まれた松永湾

アサリ稚貝を守り育てるための調査研究

松永湾内の山波の洲以外の場所にアサリの親貝場を作るためには、その場所がアサリ稚貝の生き残りや成長に適した場所かどうかを調べる必要があります。また、アサリ稚貝の生残率を高めるためには、稚貝が他の生物に食べられたり、波や潮流で流されたりしないように、稚貝の生息する場所に網をかぶせる方法（被せ網）に効果があるとされています。そこで、関係機関の協力のもとで、平成22年11月から湾内4カ所の干潟において、被せ網を利用したアサリ稚貝の育成試験を行いました（写真2）。この試験の結果、放流翌年の4月以降、どの場所でも天然稚貝の混入によりアサリ稚貝の生息密度が高まり、場所によっては最大2,620個/m²になりました（試験開始時の密度は620個/m²）。しかし、夏から秋にか

けて生息密度が急減する場所があり、同一湾内であっても場所により稚貝の生息状況が異なることが分かりました。また、被せ網による稚貝の保護効果は、網の設置場所、設置方法で異なることが分かりました（写真3）。

今後は、これらの調査結果をもとにして、アサリ稚貝を親貝に育て、保護するための実用的な技術の研究開発を行うとともに、他の機関と連携して、松永湾と周辺海域のアサリネットワークの構築によるアサリ資源の回復と安定化、アサリの湧く干潟の再生を目指した研究開発を進めていきます。

（海産無脊椎動物研究センター 貝類グループ長）



写真2. アサリ稚貝保護のための被せ網の設置



写真3. 放流したアサリ稚貝の調査（尾道市立百島小学校）

研究紹介

ガザミとカレイ類の資源増殖のための干潟の整備条件の検討

おばた やすひろ しげた としひろ うすき ひろり さきやま かずたか
 小畑 泰弘・重田 利拓・薄 浩則・崎山 一孝

河口・干潟は、そこに生息する魚介類だけではなく、沖合から繁殖のために来遊するものにとっても重要な場です。近年、生活史で干潟を利用する沿岸重要種の多くは資源状態が悪化しています。そのため、消失した干潟の再生・造成に取り組む例が増えています。しかし多くの場合、アサリ等二枚貝を中心にした機能評価、造成技術等に止まり、その他の魚介類については知見が乏しいのが現状です。私たちは、2007～2009 年度（3年間）に水産庁の水産基盤整備調査委託事業を実施し、瀬戸内海を対象海域として、ガザミとカレイ類（イシガレイ、マコガレイ）を選び、これらの資源増殖に有効な干潟整備条件を検討しました。

1. ガザミ

ガザミは小畑と崎山が担当しました。ガザミでは稚ガニの砂に潜る（潜砂）能力に着目して、稚ガニが潜るために適した砂質及び適した砂質が稚ガニの成長などに及ぼす影響についていくつかの実験を行い、ガザミ人工種苗の放流に適した干潟の条件について検討しました。

まず、干潟に定着する稚ガニの大きさを調べるために、大潮の干潮時に広島県福山市田尻地先人工干潟で調査しました。1×1m の方形枠を使って、干潟内の 28 カ所を 2 週間毎に 6 回調べたところ、全甲幅 15～30mm の天然稚ガニの出現が多く、主に 0.38～0.75mm の粒径（中央粒径）の砂に定着していました。

次に、砂に潜ることができる稚ガニの大きさと潜砂しやすい砂質について実験をしました。実験には玉野栽培漁業センターで生産された人工種苗を用いました。天然稚ガニが定着した粒径に近い砂質（中砂、粒径 0.25～0.85mm）における大きさ毎の稚ガニの潜砂個体率は、平均全甲幅 15.5mm の第 4 齢稚ガニ（C4）より大きいサイズで特に高いことが分かりました（図 1）。潜砂できる稚ガニの大きさは干潟に出現した稚ガニの大きさとほぼ同じであることから、潜砂できる C4 サイズが放流に適していると考えられました。さらに、稚ガニの砂質への選択性について実験をしたところ、中砂より粒径の小さい砂質は大きい砂質に比べて有意に選択性が高いことが分かりました。

この実験結果を基に、天然海域の環境に近く一

定の環境条件を設定できる百島実験施設の実験池を利用し、稚ガニの模擬放流実験を行いました。実験は、実験池内に設置した 4×4m の囲い網へガザミの人工種苗（C3）を 200 尾放流し、無給餌で 2 週間後の各試験区の成長、生残を比較しました（写真）。3 種類の異なる粒径の砂を敷いて比較した結果、砂泥区の生残率が有意に低く、稚ガニの成長には顕著な差は認められませんでした。この 3 種類の砂を 1 つの囲い網内にランダムにそれぞれ 3 カ所ずつ設置し、砂質への選択性を検討した結果、試験終了時の生息密度に差はありませんでした。これらの結果から、放流した稚ガニは甲幅 20mm に達すると底砂の粒径に対する選択性は大きくなるものの、砂泥が広範囲に堆積した干潟では、稚ガニの生残率が低くなる可能性が示唆されました。

稚ガニの放流に適した干潟の条件は、放流場所は潜砂可能な粒度の小さい砂質が、その後の成育のためには粒度の異なる砂質が混在する場所が適していると考えられました。

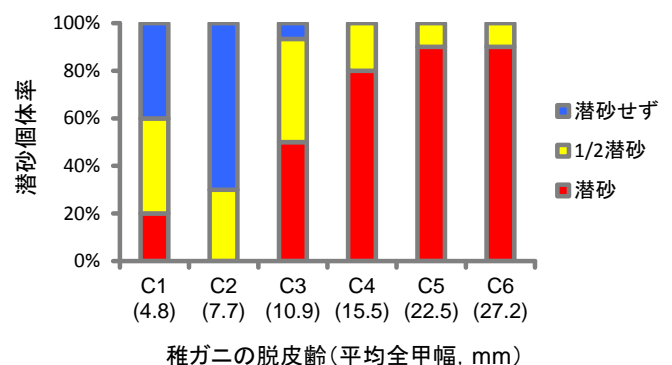


図 1. ガザミ稚ガニの中砂に対する潜砂個体率

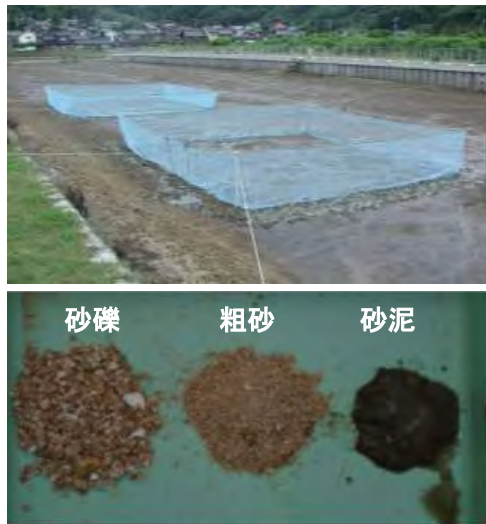


写真. 模擬放流実験に用いた実験池内の囲い網と3種類の砂

2. カレイ類

カレイ類は、重田と薄が担当しました。カレイ類と干潟環境との相互の関係を把握することにより、カレイ資源の回復に向けた、目指すべき干潟の再生・整備の方向性を探りました。ここではイシガレイ（周防灘）の結果を紹介します。

全長 20cm 位までの本種の稚魚や未成魚は、河口・干潟域を着底・成育場としています。周防灘の干潟にアサリが豊富にいた時代には、稚魚や未成魚はアサリ水管を多食し重要な餌資源としていました。ところが 1987 年以降、干潟のアサリは激減しほぼ壊滅状態です（図 2）。これを餌としていたイシガレイに甚大な悪影響を与えた可能性があります。ちなみに、同灘の干潟面積は 1970 年代末からほとんど変化はなく、2005 年現在でも 6,812ha もの干潟を有しています。

①〔局所的・短期分析〕周防灘中央部の山口県大海（おおみ）湾・佐波川河口と山口湾の 2 カ所について、イシガレイと干潟のアサリとの相互関係を分析しました。アサリが獲れていた 1989～1991 年にはイシガレイ未成魚がよく獲れていましたが、アサリがいなくなった 2004～2009 年には本種も獲れなくなりました。同所の 1988～1991 年のアサリ生産性は 2.73～3.11 トン/ha/年でした。

②〔全体的・長期分析〕周防灘全体について、イシガレイとアサリとの長期にわたる数量的な相互関係を分析しました（図 2、3）。両者の長期変動傾向はよく一致し、とても高い相互関係が認められました。干潟のアサリ漁獲量により、同灘のイシガレイ豊度の変動の 74%を説明できます。

図 3 より、1985 年頃の 1.5kg/隻・日のイシガレイ生産（漁獲）が維持できる干潟のアサリの水準は 2.6 トン/ha/年と求められます。

結果を総合すると、アサリに代表される干潟の餌生物の激減が、周防灘のイシガレイ資源へ悪影響を与えたと考えられました。本種の資源回復には、アサリ 3 トン/ha/年以上が持続的に生産できる干潟の餌環境が必要で、それが目指すべき干潟環境と考えています。今回は紹介しませんが、マコガレイについては、稚魚の着底・成育場である干潟やその先の潮下帯の餌環境が、本種の資源変動と密接な関係があるようです。

（生産環境部 資源動態グループ長、生産環境部 資源動態グループ 研究員、増養殖研究所 資源生産部 沿岸資源グループ長、海産無脊椎動物研究センター 貝類グループ長）

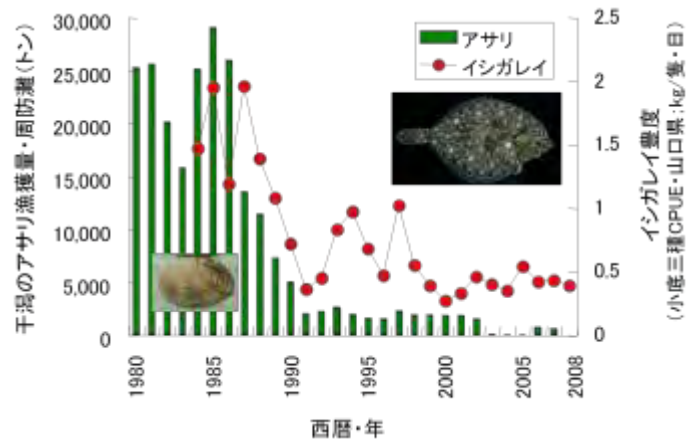


図 2. 周防灘における干潟のアサリ漁獲量とイシガレイ豊度の長期変動

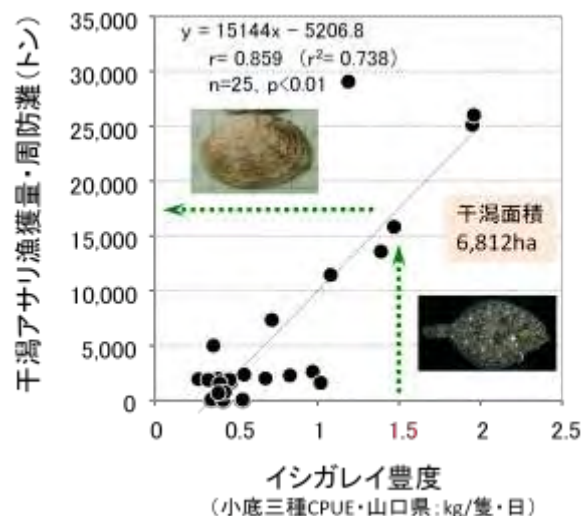


図 3. 周防灘におけるイシガレイ豊度と干潟のアサリ漁獲量との相関関係



漁業調査船「しらふじ丸」主要目

- ・全長 36.50m
- ・幅(型) 6.90m
- ・深さ(型) 2.95m
- ・総トン数 138トン
- ・燃料油タンク容積 60.6 m³
- ・清水タンク容積 37.9 m³
- ・最大搭載人員 22人
- ・最大速力 12.76ノット
- ・航海速力 11.00ノット
- ・航続距離 約3,700海里
- ・竣工年月日 昭和58年3月10日

表紙の解説

瀬戸内通信も第15号とある意味きりのいいナンバーとなったことから、第8号以来の特集を組ませていただきました。写真は本特集の主演たる当センター漁業調査船「しらふじ丸」です。建造から29年経ち、ところどころ古さが目立ってきていますが、そこは歴代船舶職員方の管理の賜物、まだまだしっかり大活躍しています。

また、本誌も第1号発行から7年。旧号でも度々行っておりますが、より一層親しんでいただきたく、ロゴデザインなどを更新しました。記事が主役であります。見た目(?)も含め、今後とも宜しくご愛読いただければと思います。

(業務推進部 業務推進課 情報係長 久部 陽亮)

編集後記

前号においては、瀬戸内海区水産研究所の研究部・センターの研究開発業務内容を中心に紹介させていただきました。今号においてはそれらの研究開発を支える漁業調査船「しらふじ丸」を用いた研究開発の紹介を中心に紹介させていただきました。しらふじ丸は昭和58年3月10日建造と建造からだいぶ経っていますが、今後とも瀬戸内海の海洋環境から水産生物に関する研究開発に重要なプラットフォームとして活躍すると期待しています。

なお、内容に関するお問い合わせなどがございましたら下記までご連絡をお願いいたします。

(業務推進部長 川崎 清)

National Research Institute of Fisheries and Environment of Inland Sea

Momoshima Laboratory

Tamano Laboratory

Hakatajima Laboratory

Yashima Laboratory

瀬戸内通信

第15号
平成24年3月発行

編 集 委 員	川崎 清	吉田 勝俊	辻野 睦	長井 敏
	片町 太輔	寺田 直世	伊藤 篤	久部 陽亮
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			