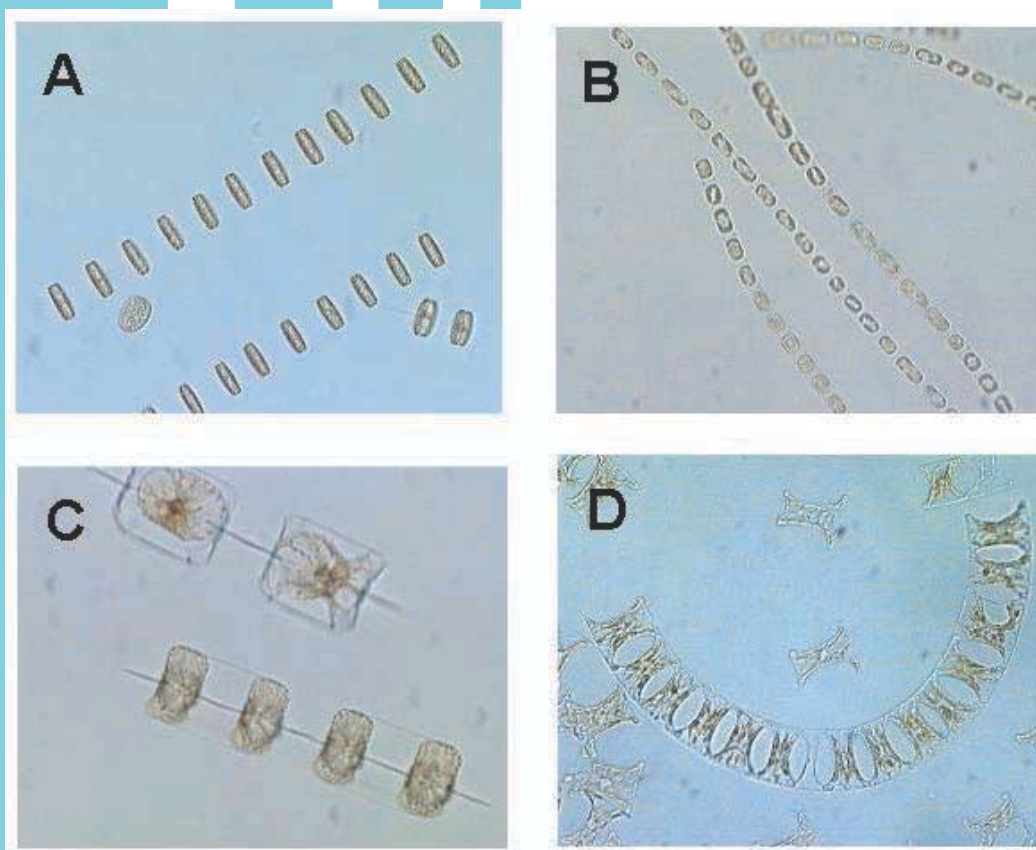


瀬戸内通信

No. 8 Aug. 2008



CONTENTS

特集 栄養塩と生物

- 02 漁業生産を支える栄養塩の役割—栄養塩のバランスに注目して—
- 04 瀬戸内海におけるノリ養殖の現状
- 06 干潟の魚類生産を回復するための適正な餌環境

研究紹介

- 08 二枚貝で海の健康診断

イベント報告

- 10 研究所一般公開を開催

トピックス

- 11 瀬戸内海で採集された深海魚フリソデウオ

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：栄養塩と生物

漁業生産を支える栄養塩の役割

— 栄養塩のバランスに注目して —

樽谷 賢治

植物プランクトンは、窒素やリン、ケイ素といった栄養塩の量はもちろんのこと、それらのバランス（比率）が変化することによっても様々な応答を示します。これらの応答は、植物プランクトンをエサとする生物の量や食物連鎖の構造にも影響を及ぼすことが想像されます。このような観点から、私たちは栄養塩のバランスに注目し、その変化が生態系の異変をもたらす、漁業生産にも影響を及ぼす可能性について研究を進めています。

エサがあっても栄養不足？

一般的に、植物プランクトンをエサとする動物プランクトンや私たちが食卓で目にする魚介類などの体内には、炭素や窒素、リンなどの元素がほぼ一定の割合で含まれています。一方、植物プランクトンは海水中の栄養塩のバランスが変わると、細胞内に含まれる元素の比率も大きく変化することが知られています。例えば、海水中のリンに対する窒素の比率が下がると、植物プランクトンの細胞中に含まれる窒素の割合も低下します。その結果、動物プランクトンや魚介類は窒素不足のエサを口にすることになり、エサの量から期待されるほど、成長できなくなる可能性があります。

また、植物プランクトンの細胞中に過剰に存在する元素（上の場合ではリンや炭素）は、動物プランクトンや魚介類に直接利用されず、有機物の形で海水中に排泄されます。これらの有機物は、バクテリアの増殖を促進し、その結果、植物プランクトン→動物プランクトン→魚介類とつながる食物連鎖を中心とした生態系から、バクテリアを出発点とする食物連鎖（微生物食物網、図中の赤色で示した矢印）を中心とした生態系へと変化することが懸念されます。

ケイ素が減少すると…

海域では、窒素やリン以外にケイ素も栄養塩として重要な役割を担っています。これは、植物プランクトンの中でも「海の牧草」と呼ばれ、動物プランクトンや魚介類にとって好適なエサ生物とされているケイ藻類が細胞の殻を作るのにケイ素を必要とするからです。ケイ素は、主に自然の風化作用によって補給されますが、窒素やリンの人為的な供給が増すと、ダム湖などの停滞水域で陸水性のケイ藻類が増殖し、それらが沈降・堆積することでケイ素がトラップされてしまいます。その結果、海域へのケイ素の流下量が減少し、ケイ藻類よりも、他の植物プランクトンの方が有利になります（これを「シリカ欠損仮説」と言います。図）。

また、ケイ藻類は、沈降することによって、窒素やリン、炭素などの物質を表層から底層へ効率よく引き降ろす機能（生物ポンプ）を持っています。一方、遊泳力を持つ他の植物プランクトンはその機能が弱く、表層に有機物が残る傾向が強くなると考えられます。したがって、ケイ藻類の減少もバクテリアを出発点とする食物連鎖を中心とした生態系へと導く可能性があります。このような生態系では、本来魚介類へと流れていた物質やエネルギー

ギーのかなりの部分がクラゲ類などの非有用生物に流れる可能性も指摘されています。

今後の研究で期待できること

栄養塩のバランスが生態系に及ぼす影響を実際の海域で明らかにすることは困難を伴います。その要因のひとつとして、沿岸・内湾域で起こっている生態系の異変は、栄養塩の問題に加えて、漁獲の増加や幼魚の生息場となる浅場域の減少、地球温暖化に伴う水温の上昇などが複合的に作用した結果であるということが挙げられます。そこで、私たちは、実際の海域で観察される情報に加えて、室内

実験やモデル解析なども行いつつ研究を進めています。

瀬戸内海では、瀬戸内海環境保全特別措置法などの取り組みにより、水質の改善には一定の効果が見られます。しかしながら、これまでの取り組みは栄養塩の絶対量を対象としたもので、バランスについては考慮されてきませんでした。このような視点から研究を進めていくことによって、生物生産（漁業生産）と良好な環境の両立を可能にし、「豊かな瀬戸内海」を取り戻すための新たな対策づくりにも貢献できるだろうと考えています。

(生産環境部環境動態研究室長)

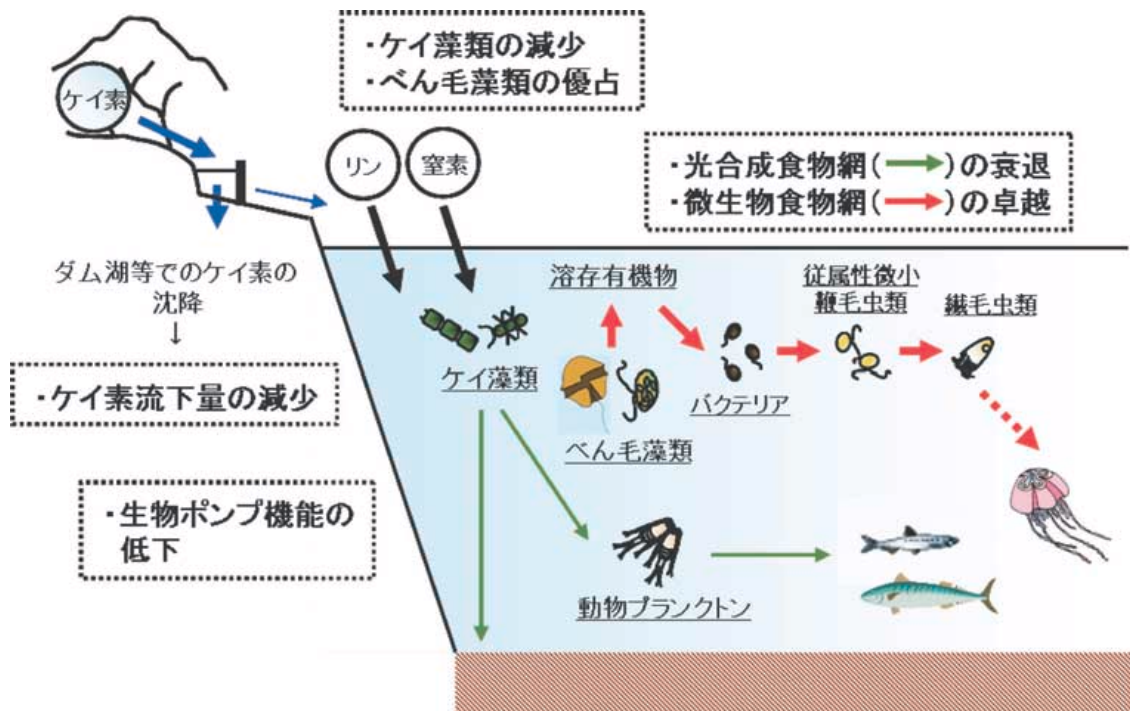


図. 「シリカ欠損仮説」を示す模式図

ダム湖等でのケイ藻類の増殖、沈降によってケイ素がトラップされ、海域へのケイ素流下量が減少する。その結果、海域では、ケイ素を必要とするケイ藻類の割合が減少し、ケイ藻類→動物プランクトン→魚介類とつながる食物連鎖(→)を中心とした生態系から、バクテリアを出発点とする食物連鎖(→)を中心とした生態系へと変化する。

特集：栄養塩と生物

瀬戸内海におけるノリ養殖の現状

わたなべ やすのり
渡邊 康憲

瀬戸内海は有明海とともにわが国ノリ養殖の主漁場として、大変、重要な海域です。しかし、近年、生産量の低迷が続いています。本稿では、現状を紹介するとともに、その原因について考えてみたいと思います。

全国と瀬戸内海域のノリ生産量の推移

図1¹⁾に1985年から2005年まで20年間の全国のノリ生産量の変化を示しました(青棒)。85億枚(2003年)から112億枚(1988、1993年)で変動していますが、平均生産枚数は100億枚です。同期間の瀬戸内海域(瀬戸内海区：赤棒)の生産枚数の平均は36億枚です。全国に占める瀬戸内海域の割合(折れ線グラフ)は2000年の44%を除くと、38%(1990年)から27%(2005年)で、平均値は36%です。2000年は有明海が記録的な不作となり、瀬戸内海域の占める割合が相対的に高くなりました(有明海域が全国に占める割合は例年約40%だが2000年

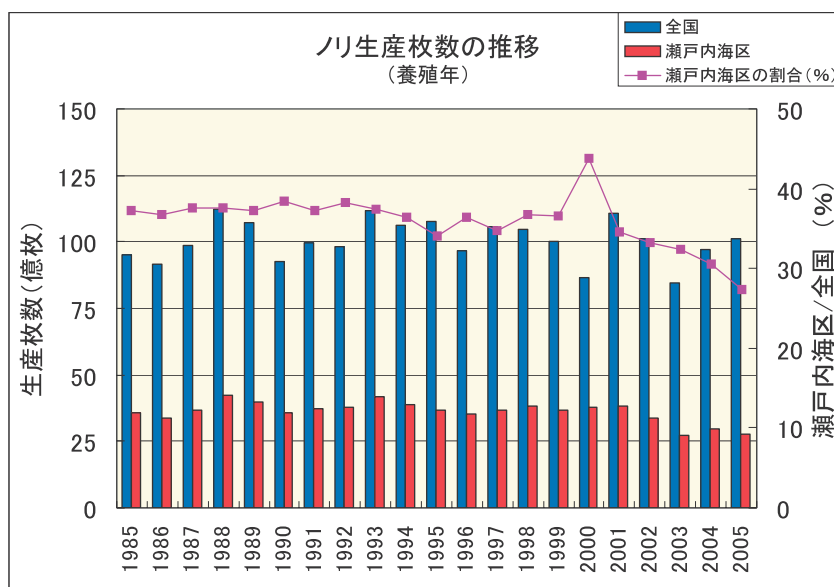


図1 全国と瀬戸内海域のノリ生産量の推移

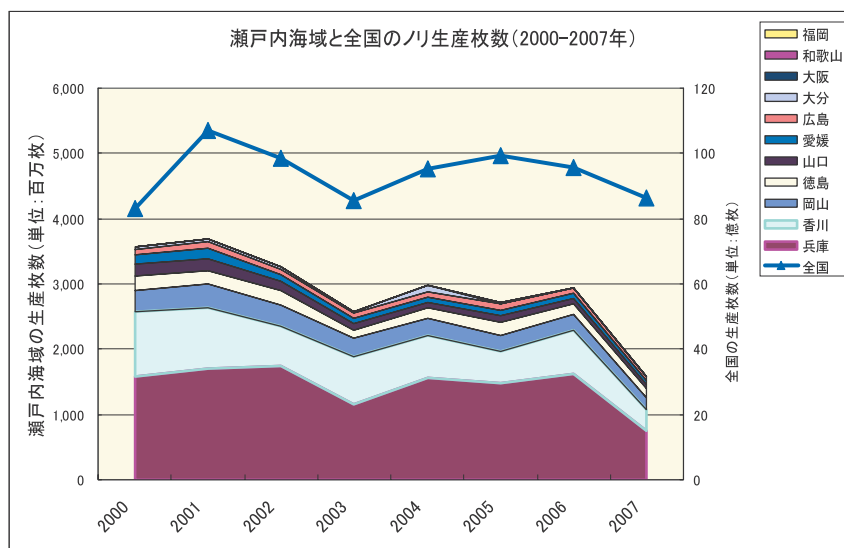


図2 2000 - 2007年度ノリ漁期の生産量

は25%)。2001年度以降、瀬戸内海域のノリ生産量は減少し、全国に占める割合も2005年には27%にまで低下しています。

2007年度は過去に例のない不作

図2²⁾に2000年から最新の2007年度までの全国(折れ線グラフ)と瀬戸内海域の県別ノリ生産枚数の推移(面グラフ)を示しました。兵庫、香川、岡山、徳島県の順で生産が多く、瀬戸内海東部海域が主漁場です。瀬戸内海全域の生産枚数は、2006年度は29億枚で2005年度(27億枚)よりやや増加しましたが、2007年度は16億枚で、過去に例のない不作でした。これは、全国生産枚数(86億枚)の18%、前記20年間平均値の半分です。2001年度以降、瀬戸内海域のノリ生産は減少傾向でしたが、2007年度漁期は特に厳しい不作に見舞われました。この原因は、一体何なのでしょう?

ノリ不作の原因—大型ケイ藻赤潮と栄養塩濃度の低下

畑の作物が土に含まれる栄養分を吸収して育つと同様、ノリは海水中に含まれる窒素などの栄養塩類を吸収して生育します。海では植物プランクトンが主な栄養塩の消費者ですが、水温が下がる冬季は、通常、植物プランクトンの生育に適さないため、栄養塩をノリが独占的に利用することで、ノリ養殖が行われています。しかし、珪藻類の一部には低水温条件下でも大增殖を起こす種がいて、ノリの色落ちを引き起こす大きな要因となって

います。これが、瀬戸内海東部海域ではコシノディスカス ワイレシー(写真1)やユーカンピア ゴディアカス(写真2)という大型種で、特に2001年以降の不作原因はユーカンピアです。しかし、2007年度漁期にはユーカンピア赤潮は発生しなかったのに、漁期当初から海域の栄養塩レベルが低く、その後、タラシオシラ ディプロシラス(写真3)が1994年以来の大発生を起こし、ノリ作に大きな被害を及ぼしました。珪藻類の中でも大型種は小型種より低栄養塩環境に適応していることが指摘されていますが、これらが勢力を増すようになったのは、温暖化傾向と相俟って、瀬戸内海の栄養塩濃度の低下という環境変化を反映しているのではないかと心配しています。

瀬戸内海区水産研究所と関係機関の取り組み

京都大学や香川大学、兵庫、岡山、広島、香川県の関係機関と協力し、2004年から2007年度までユーカンピア赤潮対策を目的とした研究を推進しました。2007年度からは3ヶ年の予定で、岡山、香川両県や京都大学と、陸域から河川を通して供給される栄養塩を最大限有効に利用するための研究に取り組んでいます。(赤潮環境部長)

文献

- 1) 農林水産省統計情報部「漁業・養殖業生産統計年報」より作成
- 2) 全国漁業協同組合連合会資料より作成

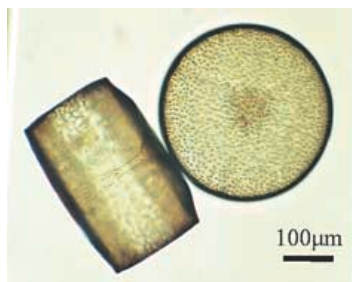


写真1 大型珪藻 コシノディスカス ワイレシー(長井 敏 主任研究員撮影)

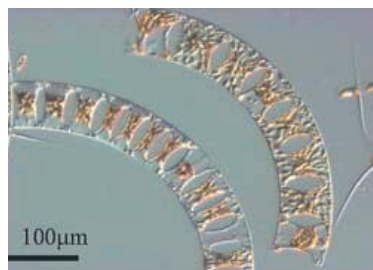


写真2 大型珪藻 ユーカンピア ゴディアカス(松山幸彦 主任研究員撮影)

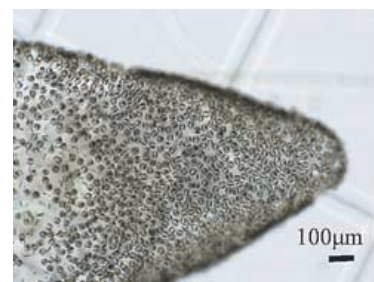


写真3 タラシオシラ ディプロシラスの群体の一部(兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センター提供)生物特性は未解明の点が多い。

特集：栄養塩と生物

干潟の魚類生産を回復するための 適正な餌環境

しげた としひろ
重田 利拓

生活史のほぼ全部、あるいは稚魚・未成魚期に干潟で生活し、アサリなど底生生物を食べる魚類にとって、その魚類生産を回復させるには、アサリが2トン/ha以上、持続的に生産（漁獲）できる干潟環境が必要と考えられました。

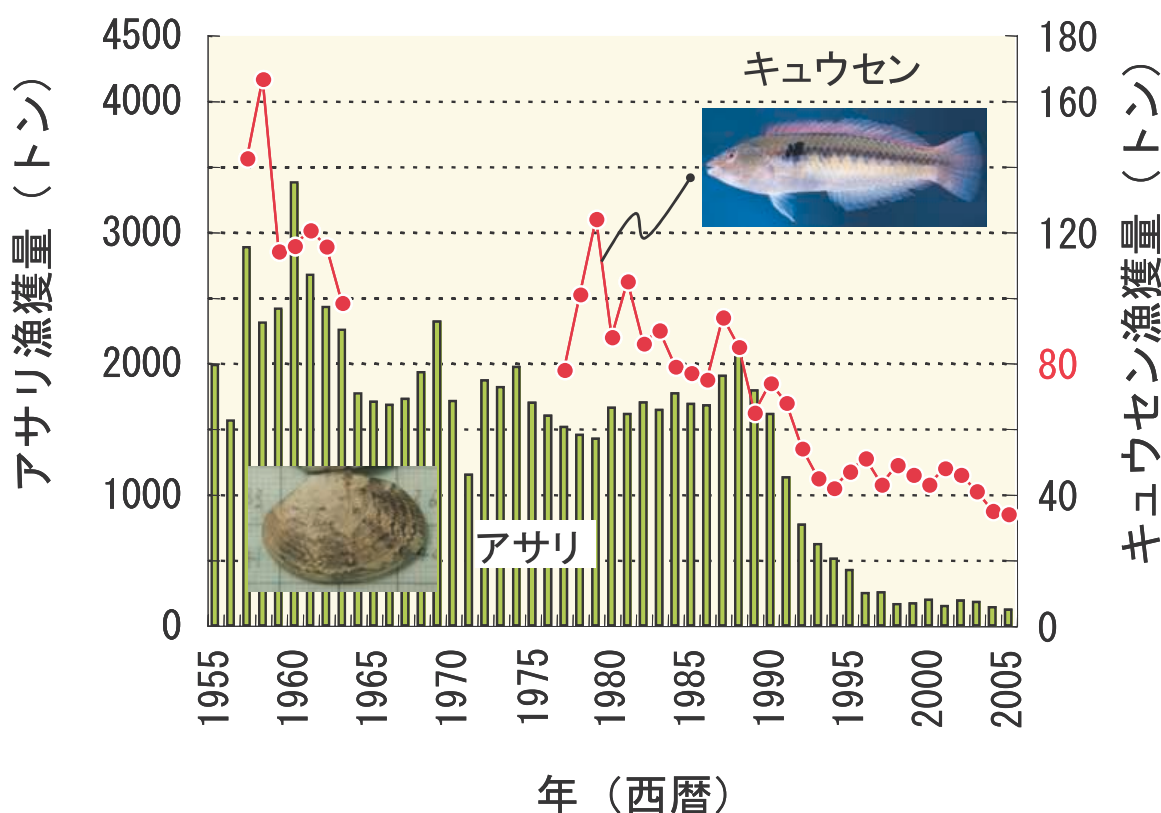


図1. 魚類および干潟のアサリ漁獲量の長期変動（例；キュウセン）。

福山市を除く広島県のキュウセンとアサリの長期変動。キュウセンの漁獲量は少ないので、各個体群を一まとめにして広島県を分析対象としました。

また、キュウセンの生息しない河口干潟域（福山市）を除去しました。

はじめに

1980年代後半から現在までに、「海がきれいになった。」「干潟でアサリやノリが獲れなくなった。」「魚が獲れなくなった。」など、瀬戸内海は大きく変わりました。これらは一連の現象として考えることができ、最近、瀬戸内海の漁業生産の低下は、陸域からの栄養塩供給の削減による、人為的な貧栄養化の進

行が原因である可能性が言われています¹⁾。瀬戸内海のアサリも例外ではなく、その漁獲量は、1985年のピーク時の45,023トンから、2005年には1/115の393トンまで激減し、特に、最大の産地であった周防灘^{すおうなだ}では壊滅状況に陥っています。アサリの激減の原因はよく分かっていませんが、栄養不足、乱獲、食害、温暖化、疾病などが複合的に関わっていると

考えられます。

干潟の優占種であったアサリ資源の崩壊が、これを餌とする魚類へ甚大な影響を及ぼしたと考えられます。そこで、干潟が多く残る瀬戸内海中・西部を対象に、両者の量的関係を分析しました。

干潟のアサリや環境が魚類生産を支配する

魚類と干潟のアサリとの相互関係を調べた結果、日本では21魚種、瀬戸内海ではナルトビエイやクロダイなど18魚種がアサリを食害、つまり餌としていることがわかりました²⁾。一方、干潟のアサリ資源の激減やそれに関連した干潟環境の変化が、少なくとも、イシガレイ、マコガレイ、アイナメ、キュウセン(図1、2)、トラフグ、およびアオギスの資源を著しく低下させたと考えられました²⁾。これらの魚種は、いずれも生活史のほぼ全て、あるいは幼魚・未成魚期までを干潟域で生活し、アサリを餌としています。さらに、干潟のアサリ資源の変動やそれに関連した干潟環境が、魚類生産(資源)を支配していることがわかりました。これら魚種の生産(資源)の回復には、干潟の餌環境の再生が最も重要な課題です。魚種別、個体群別の分析結果を総合すると、アサリ2トン/ha以上が持続的に生産できる干潟環境が必要で、これが、目標レベルとなるでしょう。

おわりに

瀬戸内海のアサリ資源の減少の一因として、「栄養の不足」が指摘されています。瀬戸内海の栄養塩は約60%が外海から供給されており³⁾、外海(黒潮)の海況変動は、瀬戸内海の水温・栄養塩の長期変動に影響を与えています。しかし、半閉鎖性海域である瀬戸内

海では、陸域から栄養塩を量・質ともに適切に供給することにより、人為的に生物生産を回復(制御)できる可能性も残されています。今後、深刻化が予想される食糧問題や、食の安全・安心の確保に向けて、ますます国内自給率の向上が求められるでしょう。沿岸の漁業生産の回復を目指した、水産業との調和の取れた環境保全施策への転換が緊急の課題と考えます。

(栽培資源部資源増殖研究室研究員)

文献

- 1) 山本民次(2005):瀬戸内海が経験した富栄養化と貧栄養化、特集:瀬戸内海の漁業資源はどうなるのか?—食物連鎖に起きた異変、海洋と生物、27(3)、203-213.
- 2) 重田利拓(2008):瀬戸内海の魚類に見られる異変と諸問題、日水誌、74(5)、868-872.
- 3) 速水祐一・碓井澄子・武岡英隆(2004):瀬戸内海における窒素・リンの存在量とその長期変動、海と空、80(2)、75-78.

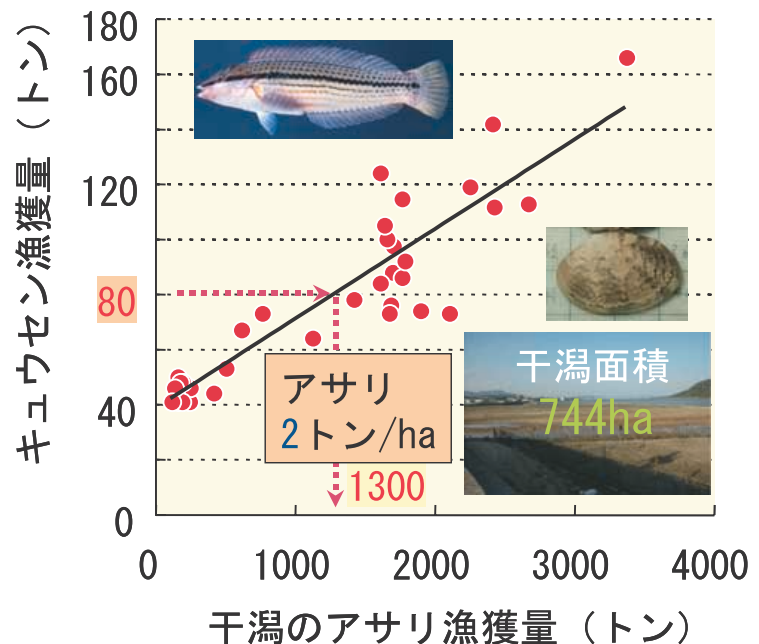


図2. 魚類と干潟のアサリとの相互関係(例;キュウセン)

福山市を除く広島県を分析。ある年のキュウセン漁獲量の変化の82%は、その2年後のアサリ漁獲量によって説明できます。

キュウセンの漁獲量を80トンのレベルに保つには、干潟のアサリが2トン/haほど持続的に生産できる環境が必要です。

研究紹介

二枚貝で海の健康診断

たなか ひろゆき
田中 博之

わが国周辺では、毎年300件前後の油による海洋汚染が確認されています。海洋生態系への影響が懸念されますが、汚染の影響を正しく評価するには、汚染される前の現状、人間に例えれば病気になる前の健康な状態を知っておくことが重要です。そのために、私たちの研究グループは、二枚貝に残留する石油成分のひとつである多環芳香族化合物の広域調査、つまり、健康診断で言う平常値を求めることにしました。

油汚染の危機

今年3月に明石海峡で発生した3隻の貨物船による衝突事故で、沈没した貨物船からの油流出が多額の漁業被害を出しました。この様に大きな事故ではなくとも、海上保安庁の統計によると平成9年から18年において、年間229-405件、平均で331件の油による海洋汚染が確認されています。わが国の沿岸域は常に油汚染の危機に直面しています。

指標を用いた調査

油汚染の原因となる石油類に含まれる物質の中で、ベンゼン環が複数結合した多環芳香族化合物（PAH）は毒性成分として注目されています。多くの海産生物からも微量ですが検出されており、油汚染の生態系への影響や汚染の程度を知るための指標物質として有望です。一方、有害化学物質による海洋汚染を監視するために、生物濃縮現象に着目した生物モニタリング手法が考案されています。中でもムラサキイガイを指

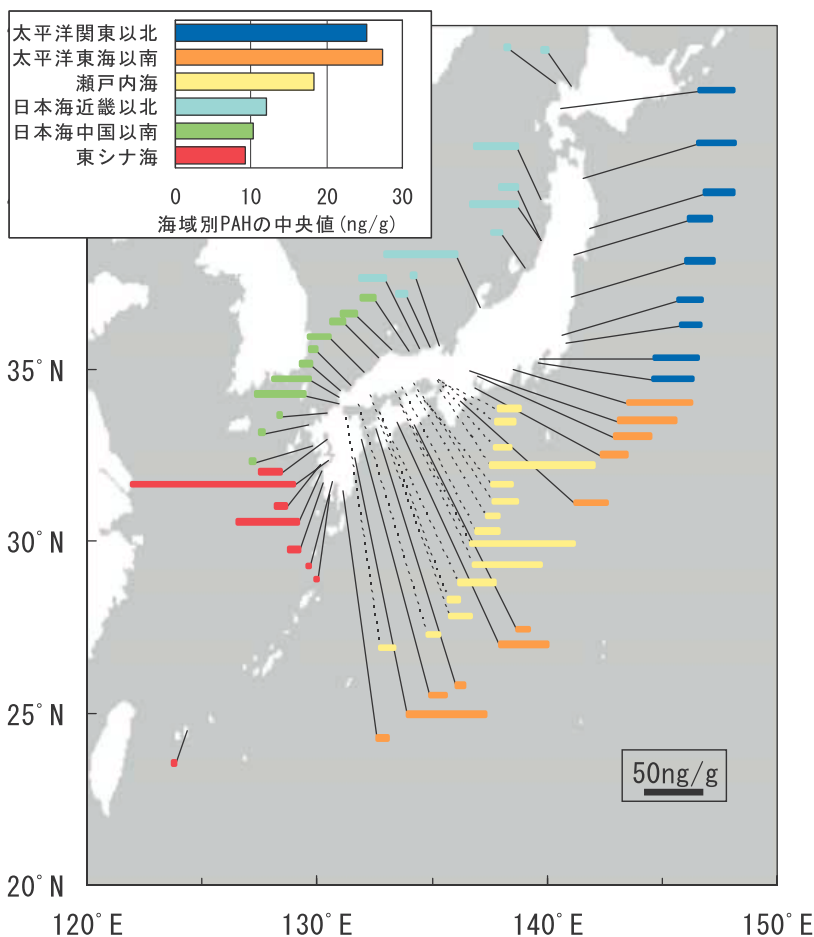


図1. 二枚貝から検出されたPAHの濃度
(バーの長さが濃度を示す)

標生物としたマッセルウォッチは有名です。そこで、日本各地でムラサキイガイ等の二枚貝を採集し、その体内に残留するPAHの濃度を明らかにすることから、油汚染の現状把握を試みました。

日本各地で行った貝の採集と分析

平成13～17年の5年間、研究グループの全員で手分けをして採集を行いました。また、各都道府県の水産試験研究機関や大学などにも協力いただきました。北海道から沖縄までの64地点で、ムラサキイガイ、ムラサキインコ、ミドリイガイ、マガキ等7種類の二枚貝を合計1,725個体採集し、PAHを分析しました。

汚染は東高西低で燃焼起源

図1に、二枚貝から検出されたPAHの濃度を示しました。わが国全体としては、PAH濃度の中央値は18ng/g（1ngは10億分の1g）、範囲は1.6-140ng/gでした。採集海域ごとに見ると、太平洋関東以北、太平洋東海以南沿岸で採集した二枚貝の中央値は、それぞれ、25、27ng/gで、全体の中央値より高く、一方、日本海近畿以北、日本海中国以南、東シナ海沿岸で採集した二枚貝の中央値は、それぞれ、12、10、9.3ng/gと、全体の中央値より低くなっていました。わが国の東岸は西岸と比較し、濃度がやや高いと言えますが、これらの値が、わが国の平常値と考えられます。

PAHの起源は、主に石油の流出と化石燃料の燃焼によるもののふたつです。図2に、PAHの汚染の起源を示すIndex（2つのPAH成分の比）と、PAH濃度の関係を示しました。PAH濃度が高く、流出油の影響が大きいと考えられる二枚貝は、瀬戸内海、太平洋東海以南、東シナ海沿岸の数地点から採集されたものだけでした。わが国の沿岸で採集した二枚貝は、汚染の起源が主に燃焼であることを示していました。

油の流出事故（病気）が発生すると、その付近で採集した二枚貝の分析値は、図2において事故前の左下側の位置（平常値）から斜め右上方へずれ流出油の影響を示し、その後、影響が薄れるに従い、平常値へと戻っていくと考えられます。この様に、私たちの行った調査は事故の影響の推移、すなわち、病気が治ったかどうかを判断する材料として有用です。しかし、一番重要なのは、日頃の健康管理と同じく、油の流出事故を起こさないように常に気を付けることでしょう。

（化学環境部生態化学研究室長）

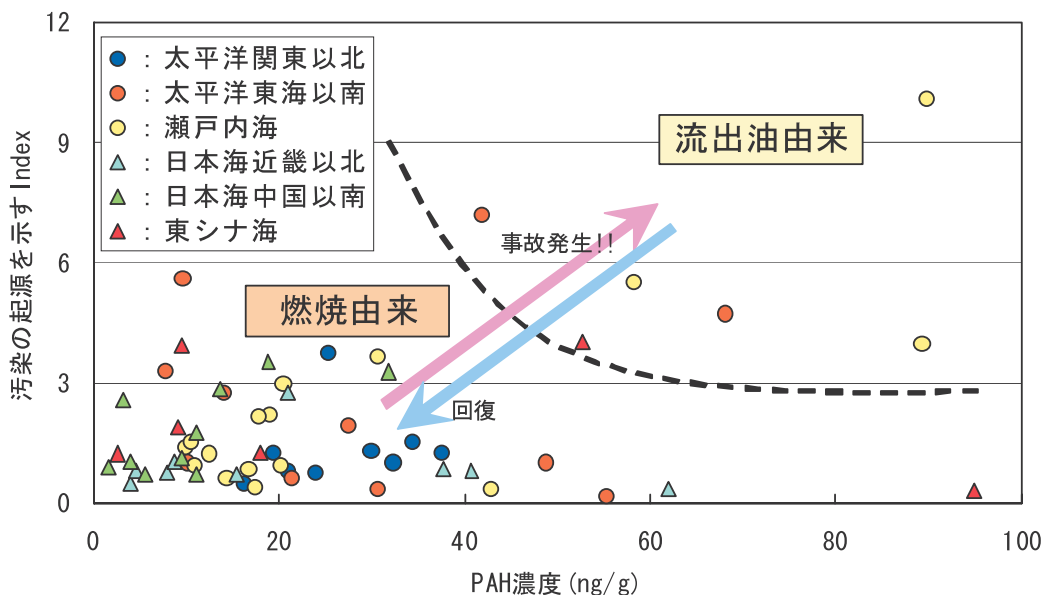


図2. 二枚貝から検出されたPAHの汚染起源を示すIndexとPAH濃度の関係

イベント報告

研究所一般公開を開催

わたなべ じゅんじ
渡邊 淳治

瀬戸内海区水産研究所は平成20年7月19日(土)に、「その手でつかめ 海の秘密!」をキャッチフレーズとして、研究所一般公開を開催しました。この一般公開は広く一般の方を対象に、当所が行っている業務をご理解いただくこと、また、瀬戸内海の生きものや環境に興味を持っていただくことを目的として毎年実施しているものです。

当日は快晴の空の下での開催となりましたが、昼過ぎより突然の雨にみまわれ来場者の減少が心配されましたが、例年並みの583名の方々にお越し頂きました。

今年の研究紹介では、パネルの展示、顕微鏡によるプランクトンの観察、水性インクが付いたろ紙を水に浸し、にじみ方で粒子の違いを調べる実験、トラフグ、ガザミなどの種苗展示、などを行いました。また、例年好評をいただいている瀬戸内海の生きもの名前をあてる「おさかなクイズ」、直接生きものに触れる「タッチプール」、「海藻押し葉」の作製体験、漁業調査船「しらふじ丸」の船内公開、船員による「ロープワーク教室」の実演などの各種コーナーも実施いたしました。さらに、高知県海洋深層水研究所のご厚意により、提供いただいた海洋深層水のかき氷を参加の皆様へ提供いたしました。

当日実施したアンケートには多くのご意見をいただき、そのとりまとめを行いました。各コーナーの人気結果は図に示すように、生きものに関連したコーナーに強い関心が示されていることが伺えます。また、一般公開に対しては「毎年楽しみにしています」「来



年も期待しています」などのご意見も多く、夏の恒例行事として認知されつつあると感じました。加えて、「今後も続けて欲しい」「回数を増やして欲しい」などのご要望も多く、一般公開への期待の高さが伺えました。いただいた多くのご意見は今後の一般公開の運営に役立てていきたいと考えています。

最後に、ご来訪いただきました皆様にはこの場をお借りしましてお礼申し上げます。なお、平成21年度の一般公開は7月18日(土)に開催を予定しておりますので、楽しみにお待ちしております。

また、この一般公開同様、当所の研究で得られた成果を多くの方々に広くご理解いただくことを目的として「研究成果発表会」を隔年で開催しています。今年度は11月1日(土)、RCC文化センターにて開催いたしますので、ご興味のある方は是非お越し下さい。

(業務推進部業務推進課情報係長)

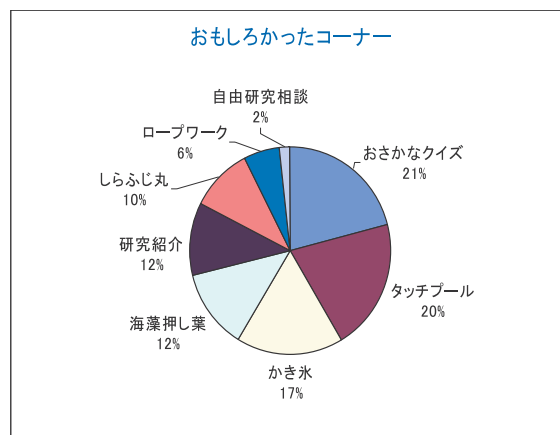


図. 各コーナーの人気投票結果

トピックス

瀬戸内海で採集された深海魚フリソデウオ

しげ た としひろ
重田 利拓

2008年6月4日、山口県上関町沖の伊予灘^{かみのせきちよう いよなだ}で、フリソデウオ *Desmodema polystictum* (フリソデウオ科) 1個体が採集されました(図)。本種は、太平洋や大西洋の熱帯域沖合に生息する外洋の深海魚です。日本でも、とても珍しい魚で、成魚の体長は1mくらいになります。今回採集された魚は体長22.8cmで、体側に幼魚の特徴である円形のまだら模様がありますが、尾の長さが幼魚と成魚の間くらいであることから、未成魚と考えられます。本種は1968年に愛媛県安芸灘^{あきのなだ}でも採集

されており、今回は標本採集としては2例目となります。本種を含め瀬戸内海で見つかった魚の種数は736種となりました。

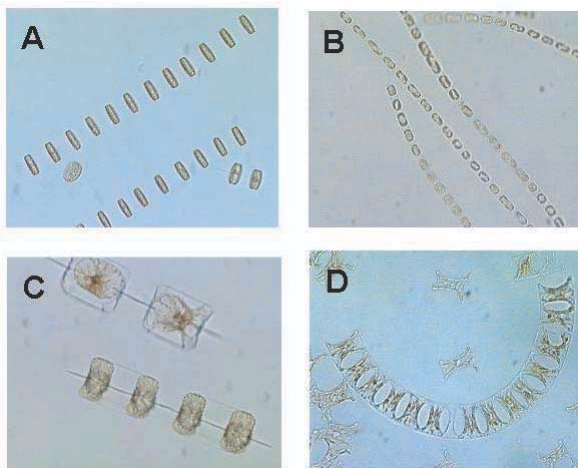
瀬戸内海の「異変」の証拠として、これら新奇魚種等の出現の記録を一つ一つ積み重ねてゆくことが大切です。

最後に、本件でお世話になった山口県田布施町の西原 清氏、山口県柳井魚市場の松井弘明氏に、厚くお礼申し上げます。

(栽培資源部資源増殖研究室研究員)



図. フリソデウオ (本標本；右側を撮影)



表紙の解説

瀬戸内海で見られる代表的なケイ藻類。

ケイ藻類は、「海の牧草」とも呼ばれ、瀬戸内海をはじめとする沿岸・内湾域の生物生産(漁業生産)を支える重要な役割を担っている。

A;タランシラ属の一種

B;スケルトネマ・コスタータム

C;ディチルム・ブライトウエリー

D;ユーカンピア・ゾディアカス(本種はノリの色落ちの原因種ともされている)

編集 後記

今号では特集記事を「栄養塩と生物」としました。『栄養塩』という言葉聞いてもあまり聞きなじみが無く、ピンと来ないかも知れません。チッ素やリン、ケイ素等で構成される栄養塩は、海藻や植物プランクトンの生長に必要不可欠で、特に植物プランクトンの中でもケイ藻類は漁業生産を支える重要な役割を担っており、栄養塩が水産資源を支えていると言っても過言ではありません。その栄養塩に関する当所の取り組みとして、今回は3課題紹介させて頂きました。是非ご一読下さい。

また、本誌の更なる内容の向上に向けて、引き続き皆様からの意見を募集しております。下記メールアドレスまたはFAX番号までぜひお寄せ下さい。

今後とも本誌をご愛読下さいますよう、宜しくお願い申し上げます。

(業務推進部業務推進課情報係長 渡邊淳治)

瀬戸内通信

第8号
平成20年8月発行

編集委員 高柳和史 角埜 彰 山本圭介 長井 敏
隠塚俊満 重田利拓 末藤浩二郎 渡邊淳治

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