植物プランクトンとイカナゴから見た瀬戸内海の変遷と現状

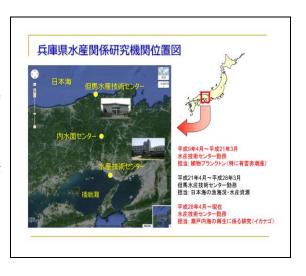
兵庫県立農林水産技術総合センター 水産技術センター 上席研究員 西川哲也



ております。

現在、私が勤務しております兵庫県には、 水産関係の研究機関として、瀬戸内海側に水 産技術センター、日本海側に但馬水産技術セ ンターがあります。今日は、私が平成9年4 月から12年間、瀬戸内海側の水産技術セン ターで担当しておりました植物プランクト ンの研究と、日本海側での7年間の勤務を挟 んで、平成28年4月から現在担当しており ますイカナゴを指標種とした瀬戸内海の再 生に関する研究から、瀬戸内海の海洋環境の 変遷と現状の問題点などについて話ができ ればと思っております。 兵庫県水産技術センターの西川と申します。私からは「植物プランクトンとイカナゴから見た瀬戸内海の変遷と現状」というタイトルで、話題提供させていただきます。

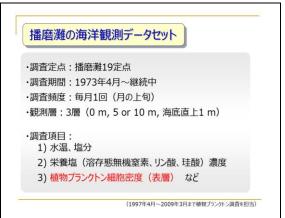
まず始めに、私は他の講演者のように経歴のスライドを用意しておりませんので、口頭でごくごく簡単に自己紹介させていただきます。私は子供の頃から魚釣りが好きで、それが高じて北海道大学の水産学部に進学し、兵庫県に水産職として採用され、現在に至っ



まず、兵庫県水産技術センターでは、播磨灘に設けた19定点において、定期的な海洋観測調査を行っています。

本調査は、1973 年 4 月から、毎月 1 回の頻度で、現在も継続して実施しています。本調査では、海洋観測の一般的な観測項目である水温、塩分、それから海水に溶けている無機態の窒素、リンといった栄養塩濃度の測定などを行っています。それに加えて、兵庫県では植物プランクトンの種同定と計数を行ってきました。

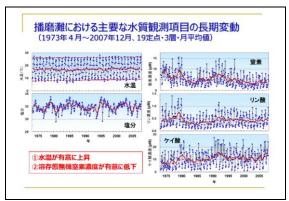




今回はこのデータセットを使って、播磨灘の海洋環境の変動に植物プランクトン群集がどのような応答をしてきたか、特に植物プランクトンの中でも夏と冬を代表する有害赤潮プランクトン、シャットネラとユーカンピアの長期変動について少し詳しく紹介したいと思います。

まず 36 年間の海域環境の変動として、播磨灘では水温に有意な上昇と栄養塩の中では溶存態無機窒素濃度、以降ここでは英語の頭文字 Dissolved inorganic nitrogen から DIN と呼びますが、DIN 濃度に有意な低下が見られました。



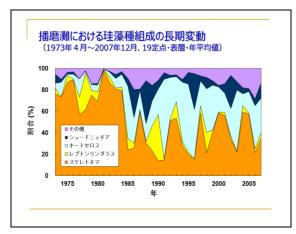


このような海域環境の中で、植物プランクトン全体の細胞密度は、1970年代に高く、1980年代前半に減少し、その後は大きな変化なく推移していました。

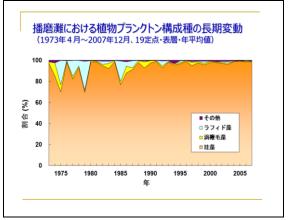
植物プランクトンの構成種は、1970 年代から 1980 年代前半にかけて、有害赤潮種シャットネラを含むラフィド藻が全体の 20%近くを占める年もありましたが、調査期間を通して大部分を珪藻が占めていました。

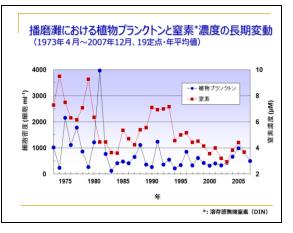
またその主要な構成種である珪藻の種組成にも、1980年代前半に大きな変化が見られました。すなわち、それまで大部分を占めていたスケレトネマの割合が減少し、キートセロスをはじめ他の珪藻種の占める割合が増大しました。

珪藻の種構成や細胞密度に大きな変化が 見られた時期は、播磨灘において DIN 濃度が 大きく減少した時期とよく一致し、両者は同 調的な変動傾向を示していました。









次に、7月と8月のデータセットを使って夏の有害赤潮プランクトン、シャットネラの長期変動について紹介いたします。

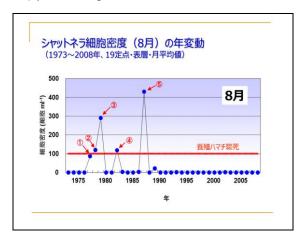
シャットネラは、これまで播磨灘において最も多くの漁業被害を発生させてきた瀬戸内 海を代表する有害赤潮種で、特に、1972 年に播磨灘で発生した本種の大規模な赤潮では、 養殖ハマチの大量斃死によって、71 億円の漁業被害が発生し、瀬戸内海環境保全臨時措置 法、いわゆる瀬戸内法が制定される契機となったことでもよく知られています。

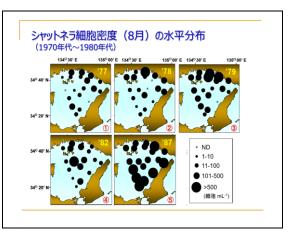




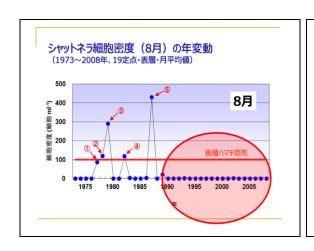
本データセットの解析から、1970~1980 年代にかけて、シャットネラは8月にしばしば 高密度に出現していることが確認されました。

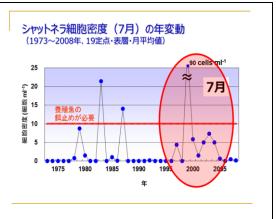
そのような年の出現状況を水平的に見てみると、1970年代から80年代にかけて、シャットネラは播磨灘全域を覆い尽くすような非常に大規模で、濃密な赤潮を形成していたことが伺えました。





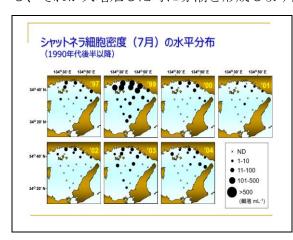
一方で、1990年代以降になると、シャットネラは8月にほとんど出現しなくなりました。 それに対して、1990年代以降、シャットネラは細胞密度としてはワンオーダー低いもの の、7月に出現する頻度が高くなる傾向にあります。

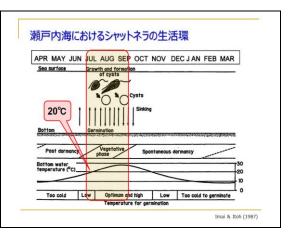




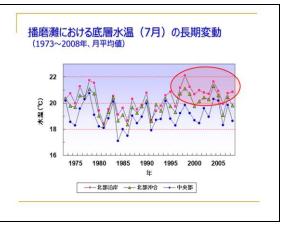
この近年の出現状況を水平的に見ると、特に北部の沿岸域においてその傾向が顕著に見られました。

シャットネラは、この模式図のようなライフサイクル(生活史)を持ち、秋から翌年の初夏にかけて1年の大部分をシストと呼ばれる休眠期細胞として海底の泥の中で過ごし、底層水温が20℃近くに上昇するとそのシストが発芽して、その発芽した細胞が海水中に出現し、それが大増殖した時に赤潮を形成します。

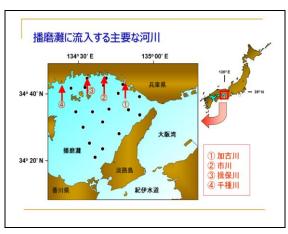


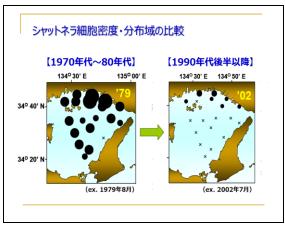


播磨灘では、夏季の水温が上昇傾向にあり、1990年代以降、北部沿岸域では7月上旬には底層水温が20℃を上回るようになりました。その結果、播磨灘ではシストの発芽時期が早まっており、以前は7月下旬からお盆の頃がシャットネラの主な出現時期でしたが、近年はそれが数週間から1か月近く早まり、出現時期の大部分が梅雨の時期と重なるようになりました。



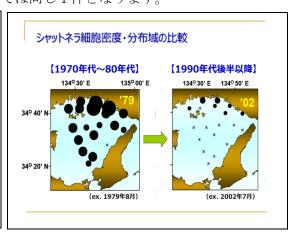
播磨灘では、海域に栄養塩を供給する主要な流入河川が北部沿岸域に集中しています。現在の栄養塩レベルから考えると、シャットネラは 70 年代から 80 年代に見られたような播磨灘全域を覆いつくような大規模な赤潮を形成するのは難しいと考えられます。一方で、海水温の上昇によって、シストの発芽時期が早まった結果、河川からの栄養塩供給が期待できる梅雨の時期に、主要河川が集中する北部沿岸域の河口域では、シャットネラが小規模ながら増殖できるチャンスが増えていることが考えられました。





ここで、シャットネラの出現規模に関連して、瀬戸内海の海洋環境の指標としてよく使われる赤潮の発生件数についても少し触れておきたいと思います。瀬戸内海における赤潮の発生件数は、関係府県からの報告を元に、水産庁瀬戸内海漁業調整事務所が毎年とりまとめを行っています。この資料は、瀬戸内海の赤潮発生件数を知ることの出来る、たいへん貴重な資料ですが、この資料はあくまでも発生件数をとりまとめた資料であることに留意する必要があります。すなわち、瀬戸内海における赤潮の発生状況を件数で評価すると、1976年の299件をピークに100件前後まで減少し、以降大きく減少していないように見えます。しかしながら、今回紹介したシャットネラを例にすると、70年代や80年代の非常に大規模な赤潮も近年の小規模な赤潮も発生件数としては同じ1件となります。





これは、瀬戸内海で長年赤潮の研究に携わってこられた香川県赤潮研の吉松さんが、香川県海域で発生した赤潮について、その発生面積と発生日数から、赤潮の発生規模を推定し、その推移をとりまとめられた図です。瀬戸内海における赤潮の発生状況の推移は、この図の方がより実態を反映しているように思われますので、ここに併せて紹介させていただきます。

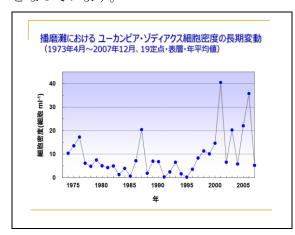
続きまして、今度は冬に出現するプランクトンの話をさせていただきます。兵庫県では冬季にノリ養殖が盛んに行われています。そのノリを養殖している時期に、近年このユーカンピア・ゾディアクスというプランクトンが大量発生するようになりました。ユーカンピアは、ノリの生育に必要な海水中に含まれる窒素やリンを大量に消費し、養殖ノリが写真のように色落し、商品にならないノリしか生産できない状況となることから、現在、非常に大きな問題になっております。

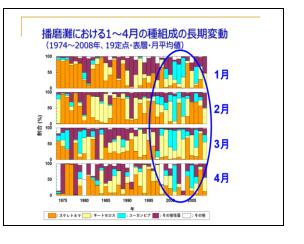




ユーカンピアは、播磨灘において本海洋観測調査を開始した 1970 年代から毎年出現が確認されています。一方で、他の多くの優占種とは異なり、1990 年代半ば以降、出現細胞密度が増大する傾向にあります。

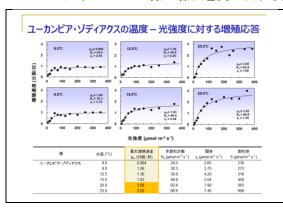
特に本種は、ノリ養殖が盛んな1月から4月にかけて播磨灘海域に出現し、近年優占種 となっています。

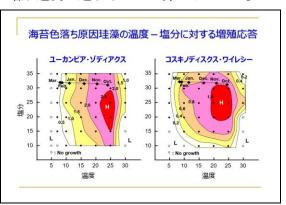




これまで、本種に対して行ってきた室内培養実験の結果、冬季の水温上昇や DIN 濃度の低下が本種の増殖に有利に作用していることが明らかとなりました。

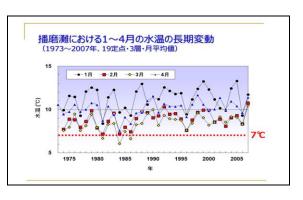
例えば、同じ色落ち原因珪藻として問題視されているコスキノディスクスは、温度 5℃から増殖できるのに対し、ユーカンピアは 5℃では増殖できず、増殖は温度 7℃以上で可能でした。一方で、温度 7℃以上では温度の上昇とともに増殖速度が急激に増大し、温度 10℃でコスキノディスクスの最大増殖速度と同程度の増殖速度に達することが分かりました。



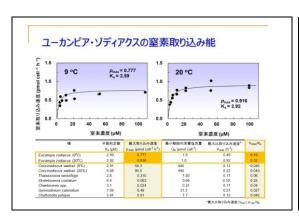


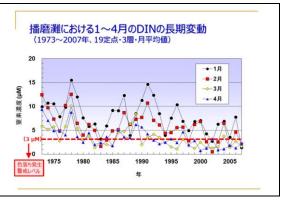
このような増殖特性から、冬季の最低水温が7℃を下回らなくなった近年の播磨灘の海洋環境は、ユーカンピアの増殖にとって有利に作用していることが考えられます。

また、栄養塩の取り込み能を調べた培養実験では、他種に比べて特に低温下での窒素の取り込み能に優れていることなどが明らかとなっています。



播磨灘では冬季も DIN 濃度が低下傾向にあり、そのような環境下では他種との競合にユーカンピアが優位であること、加えて低温下でも効率よく海水中の窒素を細胞内に取り込むことができることから、ノリ養殖との関係で言うと、より大きな色落ち被害を引き起こす種であることが、こうした培養実験の結果から明らかとなりました。





以上、ここまでの海洋環境と植物プランクトンの長期変動の結果をまとめると、播磨灘では過去 36 年の間に水温の上昇と栄養塩濃度の中でも特にDIN濃度に有意な低下が見られました。そのような環境変化の中で、植物プランクトン全体の細胞密度は 1980 年代の前半に大きく減少し、優占種である珪藻の構成種もスケレトネマから他の珪藻の占める割合が増大するという変化が見られました。

また、夏季には瀬戸内海を代表する有害赤

海域環境と植物プランクトンの長期変動解析まとめ

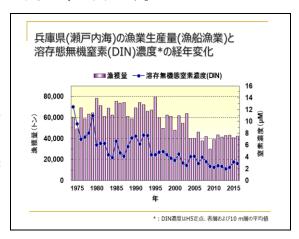
・播磨灘における海域環境の長期変動
①水温の上昇
②栄養塩(DIN)濃度の低下

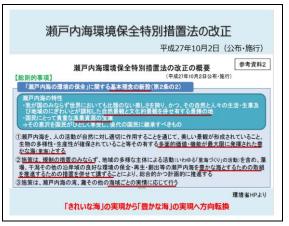
・植物プランクトン群集
①1980年代前半に細胞密度が減少
②優占種である珪葉の構成種がSkeletonemaの割合が減少
・Chattonella(シャットネラ)
①大規模な赤潮の発生は無くなった
②出現時期が早まり、低密度で出現する頻度が高まっている
・Eucampia zodiacus(ユーカンピア)
①現在の海域環境に適応し、冬季の優占種となった
②養殖海苔に深刻な色落ち被害が発生するようになった

潮種シャットネラの大規模な赤潮形成は見られなくなったものの、発生時期が早まり北部沿岸域を中心に低密度で小規模ではあるものの、出現頻度はむしろ高くなる傾向が見られました。さらに冬季には、現在の海洋環境に適応したユーカンピアが大量発生するようになり、養殖ノリに深刻な色落ち被害を引き起こすようになりました。特に、最後に紹介したユーカンピアによる色落ち被害は、従来の海域が富栄養化して有害赤潮が頻発する現象とは逆の、瀬戸内海がきれいな海を取り戻しつつある過程で生じた新たな問題であり、現在の瀬戸内海が内包する新たな問題を提起する現象であると考えられます。

このような瀬戸内海で顕在化してきた新たな問題は、ユーカンピアによる養殖ノリの色落ち被害だけに止まらず、漁船漁業にも及んでいることが近年問題となり始めています。1990年代半ば以降、兵庫県の瀬戸内海海域では、多くの主要な漁獲対象種で漁獲量が減少に転じ、その要因として栄養塩濃度の低下に伴う海域の貧栄養化、生物生産力の低下が指摘されるようになりました。

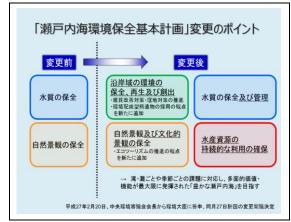
このような状況を背景に、1970年代にシャットネラ赤潮による甚大な漁業被害発生を契機として、「きれいな瀬戸内海」を取り戻すことを目的に制定された瀬戸内法が、平成27年10月に改正されました。この法改正のポイントを一言で言うなら、今後の施策の方向性が「きれいな海」の実現から「豊かな海」の実現へと大きく方向転換されたことだと言えます。





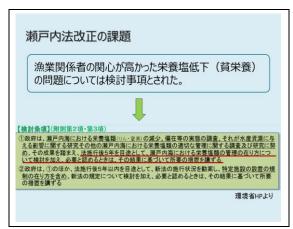
瀬戸内海海洋環境保全基本計画にも、「沿岸域の環境の保全、再生及び創出」および「水産資源の持続的な利用の確保」という新たに大きな2つの柱が加えられ、湾・灘ごとや季節ごとの課題に対応し、多面的価値・機能が最大限に発揮された「豊かな瀬戸内海」を目指すことが明記されました。

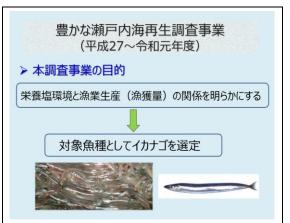
一方で、今回の法改正の契機となり、水産 関係者にとって最も関心の高かった海域の 貧栄養化と漁業生産の低下との関係は、両者



の関係が科学的に明確ではないとの理由から、法改正後 5 年を目処に栄養塩類管理のあり 方についてさらに検討を加え、その結果に基づいて必要な処置を講ずることが附則に明記 されました。

このような背景から、兵庫県では平成27年度から5か年間、イカナゴを対象に海域の貧栄養化が漁業生産に及ぼす影響を検討する調査を実施してきました。



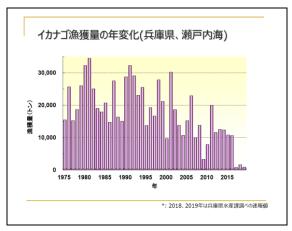


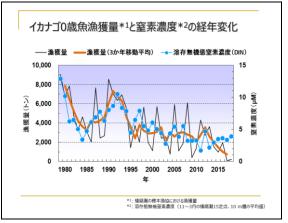
兵庫県においてイカナゴは、春を告げる魚として、しんこを使って作られるくぎ煮が、地域に根ざした食文化として定着しており、また船曳網漁業にとって重要な漁獲対象種となっています。



兵庫県におけるイカナゴの漁獲量は、増減を繰り返しながら、長期的には減少傾向にあります。

また栄養塩濃度の変動と同じグラフ上にプロットすると両者は同調的に変動しながら減少する傾向が伺えます。





ところで、イカナゴは英語名で sand lance、直訳すると「砂・槍」という名前通り、砂の中に潜って、夏眠をするという大変ユニークな生態をもつことが知られています。これは、外敵から身を守るとともに、基本的に冷たい水を好むイカナゴが苦手な夏を乗り切り、自身の生息範囲を広げるための生物としての生存戦略であると考えられます。

瀬戸内海東部海域において、イカナゴは水温が20℃前後に上昇する7月上旬頃から12月上旬頃までの半年弱、海底の砂の中に潜って夏眠し、夏眠明け直後の12月下旬に産卵を行い、年明けにふ化した仔魚が2月下旬から3月の上旬に3 cm程度に成長し、それがしんことして漁獲されています。またそのしんこが夏眠直前には10 cm前後にまで成長し、その年の12月には産卵親魚となります。なお、この半年弱に及ぶ夏眠期間中、イカナゴは餌を食べないことが知られています。そ





のため、イカナゴは夏眠に入る前にできるだけ多くの餌を食べ、体内に栄養を蓄える必要があります。

そこで、本研究課題では、イカナゴの夏眠期の肥満度に着目し、海域の貧栄養化がイカナゴに及ぼす影響を検討しました。

実際の調査は、瀬戸内海東部においてイカナゴの夏眠場として最も大きく重要な鹿ノ瀬において行いました。

写真のようなスマルと言われる引っかけ 針の漁具を使い、兵庫県で文鎮こぎと呼ばれ る漁法で、砂に潜っているイカナゴを採集し ました。

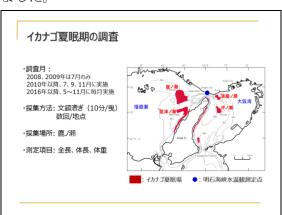
イカナゴの肥満度

肥満度=体重(g)÷体長(mm)3×106

 ・夏眠直後のイカナゴ (0歳魚) 肥満度は、4.0~4.5程度
 ・夏眠中の個体維持に必要な肥満度=3.2 (山田 2011) (ホルマリン固定サンブルの場合=約3.5)

【参考】

人の場合: 肥満指数 (BMI) = 体重 (kg) ÷身長 (m) ² ·BMI = 25以上で肥満

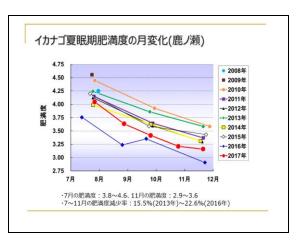




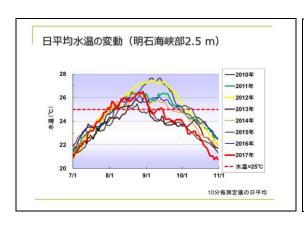
イカナゴの肥満度は、7 月下旬に $3.8\sim4.6$ の範囲にあり、各年とも 7 月から 11 月にかけて $15.5\sim22.6\%$ 低下しました。

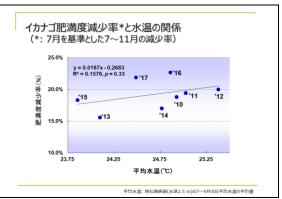
本課題ではまず、明石海峡部において自動 観測している水温の値を用いて、夏の高水温 が夏眠期のイカナゴの肥満度に及ぼす影響 を検討しました。

ここでは、その水温データのうち、7月から9月の平均水温と7月から11月の肥満度の減少率との関係を検討しました。その結

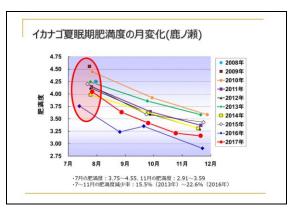


果、イカナゴの肥満度は、夏季の平均水温が高い年の方が、肥満度の減少率も高くなる傾向 が見られました。しかしながら、両者の関係は統計学的には有意ではありませんでした。





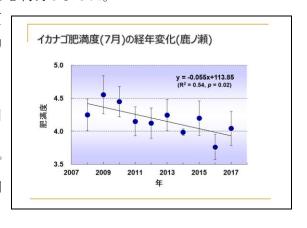
当初、夏季の水温が高い年は、夏眠中の肥満度の低下も大きくなることを想定しておりましたが、本結果から高い肥満度で夏眠できた年は、高水温の年であっても基本的に夏眠明けまで高い肥満度を維持していることが明らかとなりました。この結果は、夏季の高水温だけでは夏眠期のイカナゴの減耗を説明できないことを示唆しており、同時にイカナゴにとっては、できるだけ高い肥満度、



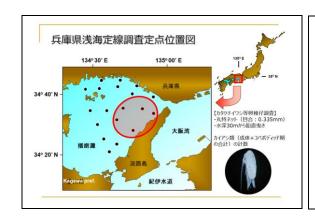
すなわち太った状態で夏眠に入ることが、瀬戸内海で生き残っていく上で重要であること を示唆するものと考えられました。さらに、本調査結果から、夏眠直後のイカナゴの肥満度 は、年によってかなりばらつきが大きいことも判明しました。

この結果を経年的に並べ直してみると、夏 眠直後の肥満度は直近の 10 年間で統計学的 に有意に低下していることが明らかになり ました。

そこで、次に、肥満度の経年的な低下要因 についてさらに検討を加えるため、夏眠場周 辺の調査定点で、イカナゴの餌となる動物プ ランクトン、カイアシ類の個体数の変動を調 べました。



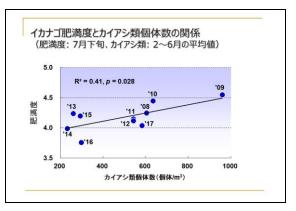
その結果、カイアシ類の平均出現密度は、前半の5か年間は半分以上の月で立方メートル 当たり500個体を上回っていましたが、後半の2013年以降は、ほとんどの月で500個体を 下回っていることを見出しました。





各年の2~6月のカイアシ類個体数の平均値は、イカナゴの肥満度と同様、経年的に減少傾向にありました。また、イカナゴの肥満度との間には、有意な正の相関が得られました。

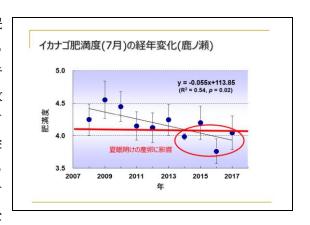




このことから、イカナゴの肥満度の低下要因として、イカナゴの餌生物であるカイアシ類の減少が影響していることが明らかとなりました。



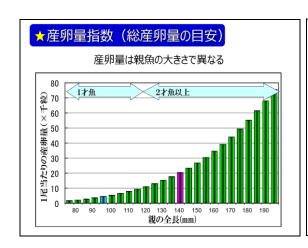
伊勢湾での先行研究から、イカナゴは夏眠 直前の肥満度が4.2以下の状態で夏眠に入る と、夏眠明けの成熟に影響が出ることが報告 されています。今回の調査結果から、直近数 年の播磨灘のイカナゴは、その値を下回って いることが明らかとなりました。一般に、栄 養状態の悪い環境下において、魚が産卵する 場合、大きく分けて2つのタイプが知られて います。1つは、産卵する卵の数は変わらな

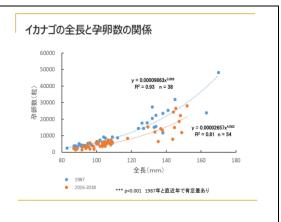


いものの、栄養状態が悪いために、卵質の悪い卵を産み、ふ化率や仔魚の生残率が悪くなるタイプ、もう1つは卵質を保つ代わりに産卵する卵の数を減らすタイプです。イカナゴは後者の卵質を維持して産卵数を調整するタイプであることが知られています。最後に、イカナゴの肥満度が低下すると、夏眠明けの産卵に具体的にどのような影響があるのか検討した結果を紹介します。

兵庫県では、約30年前からイカナゴの資源管理として、しんこ漁の解禁日を設定し、そのために必要な資料として、その年のイカナゴがどれだけ産卵したかを毎年調査しています。これは、それを算出するため30年前に1尾のイカナゴが産卵する卵の数をイカナゴの大きさごとに調査した結果です。

今回、同じ調査を30年ぶりに実施した結果、直近3か年のイカナゴ1尾あたりの産卵数は、30年前に比べて約7割に低下していることが明らかとなりました。





以上、夏眠期のイカナゴ肥満度に着目した研究から、イカナゴの肥満度が経年的に低下していること、その要因として、イカナゴの餌生物であるカイアシ類の減少が関係していることを明らかにしました。さらに直近年の肥満度の値は、夏眠明け直後の産卵数に影響が出る値まで低下しており、具体的には1尾当たりの産卵数の減少という形でイカナゴの再生産に影響していることを明らかにしました。

イカナゴまとめ

- ・夏眠直後のイカナゴ肥満度とカイアシ類の個体密度は経年的に低下する傾向にあり、両者には有意な正の相関が得られた
- ・イカナゴの肥満度の低下要因として、イカナゴの餌環境の悪化(カイアシ類の減少)が考えられた
- 直近年の肥満度は、夏眼明けの産卵に影響(1尾あたりの産卵数の低下)が出る 値まで低下している
- ・海域の生物生産の低下が再生産を通してイカナゴ資源に影響を及ぼしている

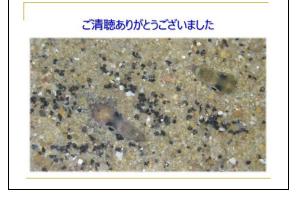
瀬戸内海は「きれいな海」を取り戻しつつあるが・・・ 「豊かな海」を取り戻せていない!?

以上、これまで携わってきました植物プランクトン、イカナゴの調査、研究から見た瀬戸 内海の変遷と現状について話をさせていただきました。現在の瀬戸内海は「きれいな海」を 取り戻しつつある一方で、「豊かな海」はまだ取り戻せていないのではないかということ、 では瀬戸内海にとって「豊かな海」とはどのような海なのか、今後の瀬戸内海の在り方につ いて、様々な立場、考え方を持つ人とさらに議論を深めていく必要があるのではないかとい うことを、今後の課題に挙げたいと思います。

今回、話をさせていただいた内容のうち、 植物プランクトンの長期変動に関する研究 は、香川大学農学部の多田先生と多田先生の 師匠であるブリティッシュコロンビア大学 名誉教授の故 Paul J Harrison 先生にご指導 賜りとりまとめることができました。それか ら、私が現所属にて植物プランクトンの調 査、研究を担当することになった初年度に、 有害赤潮プランクトンの同定研修を受講し ました。その時、一番最初に赤潮研究概論の 講義をしてくださったのが、香川大学瀬戸内 圏研究センター特任教授の本城先生でした。 それ以来、本城先生には様々な場面で激励の お言葉やご助言を賜ってきました。本城先生 は今年度が香川にいらっしゃる最後の年と 伺いましたので、最後に、本城先生の前でこ のような発表の機会を与えていただいたこ とに、この場を借りて改めてお礼を申し上 げ、今回の発表とさせていただきます。

以上です。ありがとうございました。





「本城]

西川さん、ありがとうございました。ただ今のご講演に対しましてご質問等がございましたら、お願いいたします。

「永島様]

香川県漁連の永島と申します。イカナゴの不漁原因の究明という貴重なお話しを聞かせていただきまして、ありがとうございます。イカナゴの肥満度が下がる原因として、夏眠する前に十分な餌が得られていないことが原因だということで、その餌生物であるカイアシ類が減ってきており、そのカイアシ類が減るのは、カイアシ類の餌となる植物プランクトンが少なくなったからというように結びつけられる話なのでしょうか。

[西川]

ありがとうございます。今回使ったスライドを使って回答します。栄養塩濃度が低下して植物プランクトンが減って、それを食べる動物プランクトンが減り、さらにその動物プランクトンを食べるイカナゴが減る、というように、海の中の食物連鎖のピラミッド全体が縮小して、イカナゴが減っているというストーリーだと分かり易いのですが、現実はそう単純な話ではないようです。例えば、海水中に植物プランクトンがどれぐ



らいの量いるかということを示すクロロフィル量という値では、クロロフィル量は必ずしも減っておらず、植物プランクトン全体の生物量は減っていないのではないか、という結果も得られています。このような矛盾点をクリアーするためには、植物プランクトン群集がどういう種で構成されているのかと言った、より詳細な解析を通して見えてくるものがあるのではないかと考えています。今日紹介させていただいた豊かな瀬戸内海再生調査事業は今年度で終了しますが、次年度から新しく始める事業では、今回の事業を量的な評価とするならば、次は質的な評価にも踏み込んでいけるような調査をしたいと考えています。具体的には、例えば近年冬季に優占するようになったユーカンピアは、他の植物プランクトンより細胞サイズが大きく、イカナゴが食べているカイアシ類の餌としては少し大きく、カイアシ類が食べにくいサイズです。このようなプランクトンが冬季に優占していることから、植物プランクトン全体のバイオマスは変わらないけれども、動物プランクトンが餌として食べることのできる植物プランクトンの量が減っているのではないか、そういったもう少し細かく種まで見た解析を行い、より詳細な海洋生態系のメカニズムを解明していきたいと考えています。

「永島様]

ありがとうございます。

今の質問は、平成 27 年 10 月に瀬戸内法が改正される契機となる前から、瀬戸内海の関係漁連連絡会議で、漁業者目線で漁業が継続できるように発言していこうという中で、ずっと議論されてきているものです。要するに植物プランクトンが減って動物プランクトンが増えなくて、それを食べる魚が増えないという話の中で栄養塩のレベルを上げなくてはいけないということで、兵庫県では積極的に海域の栄養塩を増やす取り組みをされています。一方で、魚類養殖が盛んな香川県としては昭和 47 年の赤潮被害のことをいまだに忘れることができない中で、直ちに海の栄養塩を増やせば良いという方向は、慎重に検討したいというスタンスです。どうもありがとうございました。

[西川]

ご指摘のように、兵庫県はすでに下水処理場における緩和運転等を実施しており、海域の 栄養塩濃度を上げることに積極的で、同じ播磨灘でも兵庫県と香川県とでは栄養塩管理の あり方に温度差があるかと思います。今後は、人為的な栄養塩付加の取り組みが海洋環境に どのような影響を及ぼすのか、本当に大丈夫なのか、逆に本当に効果があるのかと言う点を しっかりモニターしていく必要があると考えています。先ほど話しました次年度から新規 事業では、そのような点も評価できるようなモニタリング調査を実施できればと考えてお ります。

[本城]

ありがとうございます。

[大山様]

香川県水産課の大山です。今日は貴重な講演ありがとうございます。永島さんの質問にも関連しますが、お話の最後の部分で、水産として今後、魚や海藻がたくさん獲れる豊かな海を目指すということでしたが、過去に遡って良かった頃と比較しようとすると、どうしても水質や植物プランクトンのデータが揃っている 1970 年代以降で検討することになってしまいます。一方で、高度経済成長期前の栄養塩レベルがそれほど高くなかった時代の漁獲や植物プランクトンの出現状況はどうだったのか、もう少し解析するスパンを広げるとまた違った見方が出てくるのではないかと思われます。昔は瀬戸内海にそんなに栄養塩がなかったと思いますし、山々の木が伐採されてはげ山みたいになった江戸時代や明治時代もありますので、難しいとは思いますが、そこまで解析範囲を広げた場合、どうなると思われるかご意見を伺えたらと思います。

[西川]

ご指摘のとおり、水質や植物プランクトンのデータは瀬戸内海がかなり富栄養化した 70 年代からしかないため、それ以前のことを評価するための十分なデータセットがありません。そこで、例えば植物プランクトンであれば海底泥中の履歴を遡って戦前や高度経済成長期前のざっくりした傾向だけでも把握できないか、というアプローチを化石や地質学の専門家と検討しているところです。

漁獲量に関しては、それほど富栄養化していない高度経済成長期前の方がむしろ魚がたくさん獲れていたのではないかと言うご意見もあるかと思います。一方で、現在の高性能な魚探や漁獲能力を備えた漁船で当時操業を行っていたとしたら、現在と同様のレベルで漁業が存続できていたのか個人的には疑問です。また、例えばイワシやイカナゴなど多獲性魚種では、昔は大きくなってから獲っていましたが、今はしんこやしらすの段階で漁獲する割合が圧倒的に多くなっています。そのような漁獲実態も加味した時に、当時の栄養塩レベルで現在の漁業が成立するのか、その持続可能性を検証する必要はあるのではないかと思います。

「大山様]

栄養塩が重要な要因だとは思いますが、水産資源に対する漁獲のあり方や利用方法、特に イカナゴではしんこのうちに船曳網などで漁獲するという実態も加味して考える必要があ ると思います。ありがとうございます。

[本城]

他にございませんでしょうか。

[岩本様]

香川大学の岩本です。海水温の上昇についてお話されましたけれども、グローバルウォーミングと言われる大気の温度上昇と関係があるのでしょうか。大気の場合は温室効果ガスが気温を上げるけれども、同じようなことが海で起きているのか、それとも単に大気から熱が海の方に行っているのか。その辺はいかがでしょうか。

[西川]

瀬戸内海の海水温は、10年から20年の周期で高くなったり低くなったりを繰り返しながら、近年はその周期が右肩上がりの傾きになってきているように見受けられます。近年のこの傾きは、おそらく地球温暖化による影響を反映したものだと考えられます。

[岩本様]

それから、大気から海水の方に温度が移動したとしても、海の場合は対流を考えるとかな

りややこしくなりますね。

[西川]

瀬戸内海のような閉鎖的な内湾は気温の影響を受けやすい海域ですが、同時に外洋域の影響も受けています。ここ3年ほどは猛暑で、最高気温も高く、人間にとって厳しい夏が続いていますが、瀬戸内海東部の海水温は気温ほど上昇しておらず、平年並み程度で推移する年がほとんどでした。これは、数年前から黒潮が離岸傾向にあり、黒潮の分枝流によって比較的冷たい黒潮由来の外洋系水が内湾に入って来やすい状況だったことによるものと考えられます。なお、備讃瀬戸と大阪湾や播磨灘を比較すると、より内湾性の強い備讃瀬戸の方がより気温の影響を受け易く、夏の最高水温が高く、冬の最低水温が低くなりやすい傾向があり、同じ瀬戸内海でも湾、灘ごとの海域特性も考慮する必要があると思います。

「宮川様〕

香川県水産試験場の宮川です。貴重な講演ありがとうございました。海洋生態系のピラミッドの変動要因やメカニズムの解明を難しくしている要因として、水温上昇による影響をもっと考慮すべきではないでしょうか。特に、水温上昇によって、植物プランクトンのブルームが早めに起こってしまい、その影響で栄養塩も早めに落ちる傾向があるのではないかと個人的に思っています。そのことが生態系の食物連鎖のより上位種に対して順番に影響していると思われますが、それを立証するようなデータを取得出来ていないということではないでしょうか。過去のデータを整理する過程でそういった季節変動の影響があるだろうということがある程度見えると思われますので、それが最終的に対象とする生物、ここではイカナゴにどのように繋げていくかということが今後の研究の課題かと思います。西川さんの今後の研究に期待しております。

[本城]

ありがとうございます。頑張りますということでよろしいでしょうか。

[西川]

ありがとうございます。今回の発表では、シャットネラの出現時期が早まっていることを紹介しましたが、食物連鎖の中でも、例えば動物プランクトンが餌としている植物プランクトンのブルームが早まり、動物プランクトンの個体数が増加する時期も前倒しになった結果、イカナゴがふ化する時期にイカナゴが好む餌が昔ほど十分ないといった可能性は十分考えられます。一方で、このようなデータを年平均で評価してしまうと、トータルのバイオマスからはそのような変化は検出できず、餌生物のマッチ、ミスマッチを見逃してしまう可能性が考えられます。来年度から始まる新規事業ではそのような点も意識した調査を計画したいと考えています。

[本城]

他にございませんか。

[北尾様]

香川県の北尾と申します。貴重なご講演、ありがとう ございました。資料の中で、ヤマト運輸の新サービス 「いかなごラクラク発送セット」というのを紹介され ていましたが、兵庫県の場合、昔からくぎ煮が食べられ ていたのかどうか。それから、このようなサービスが行 われているということは、イカナゴのくぎ煮の消費が かなり増えた結果だと思いますが、しんこを獲る量が 増えて資源が減ったというようなことはないのでしょ

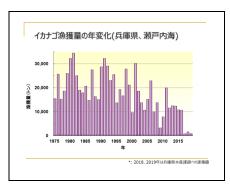


うか。それともう一点、海底の砂の量は最近そんなに減っていないのかどうか、この点についてコメントをお願いします。

[西川]

まず、イカナゴの夏眠場の底質の調査ですが、毎年やっているわけではなく、10年に1度程度の頻度で予算が付いた時に実施しているような状況です。直近では2年前に実施しています。その時の調査結果と、10年前近く前に実施した時の調査結果を比較すると、一般的な底質の調査項目の比較では、特に変化がないという結果が得られています。だだ、漁業者からは「海底の砂がおかしいのではないか」と言う声もありますので、調査項目以外に何か変わった点はないのか、少し気に留めてはいます。

兵庫県でも昔はふるせと呼ぶサイズの大きくなった イカナゴの漁獲が、しんこの漁獲量と半々ぐらいだっ た時代もありますが、今は漁獲のほぼ全てがしんこと なっています。しかし、そのような漁獲実態になってか らもうずいぶん経っていますので、しんこばかり漁獲 するようになって、その結果、直近年の漁獲が低迷して いる、ということではありません。



それから、しんこの加工方法ですが、昔は釘煮以外に

釜揚げにもしていました。私の感覚では、平成になった頃から釘煮の割合が多くなったような印象があります。特に阪神淡路大震災があって、震災から復興する時に、お世話になった方や遠方の親戚などに「元気にやっています」と言うメッセージの代わりに、くぎ煮を配ったことも釘煮の普及に一役買ったように思います。そのような経緯もありますので、兵庫県に根付いたイカナゴのくぎ煮という食文化をこれからも何とか絶やすことのないようにしていきたいと考えています。

[北尾様]

ありがとうございました。

[本城]

他にございませんでしょうか。

「桝井様〕

香川大学農学部の桝井です。漁獲量という面で見た時に環境を戻すという方向性をよく聞きますが、環境に積極的に介入する方策はあるのでしょうか。思い付きで申し訳ないですが、昔は糞尿などを垂れ流していたから栄養塩が有り余っていたけれども、その結果海域が富栄養化し有害赤潮の頻発を招いたために、浄水場で全部をブロックした結果、今度は逆に栄養塩が少なくなったのであれば、例えば浄水場で必要量の植物プランクトンを増殖させて環境中に流し出すような積極介入の方向性というものがあるのでしょうか。また、そのために必要な研究は行われているのでしょうか。

[西川]

兵庫県では、下水処理場の緩和運転を始めています。瀬戸内海では、処理水の負荷量の上限値が定められており、その値を上回る処理水を海に流すことは出来ませんが、一方で下水処理場の処理技術は進歩していますので、現在はその上限値を大きく下回る処理水が放出されているようです。兵庫県では昨年、上限値に加え下限値も設定し、上限値を超えるものはもちろん駄目ですが、きれいにし過ぎず、多少は窒素やリンを残した処理水を海に戻した方が海の生物生産には良いのではないかという考えの元、このような取り組みを推進しています。また、季節的な緩和運転についても検討しているところです。夏季には依然として有害赤潮の発生がゼロでありませんので、そのような時期は従来どおりの処理を行い、冬季の栄養塩が必要な時に人為的な方法で少しでも海域の生物生産力をあげることが出来ないか検討しているところです。

[本城]

私の方から一つ、よろしいでしょうか。今回の発表では、夏眠直後の肥満度低下がイカナゴの餌生物であるカイアシ類の減少によって起こっていること、肥満度の低下によって産卵数が減少し、再生産を通じてイカナゴに影響を及ぼしていることが示されました。それでは、ふ化直後から夏眠まで1月から6月までの肥満度はどうなのか、またその間、餌環境以外に影響を及ぼす要因として、水温の影響はどうなのか、そのデータはありますか。

[西川]

今回は、主に私が調査を担当したパートを中心に話をさせていただきましたが、夏眠前の

しんこ漁期中もシーズンを通した調査を実施し、データを取得しております。そのデータからは、基本的に夏眠直後の肥満度が高い年というのは、そのシーズンを通して肥満度が高い傾向が得られています。また、今回の発表では、夏眠中の肥満度低下に及ぼす高水温の直接的な影響は限定的であることを示しましたが、他の場面では水温の影響は無視できないと考えています。餌環境との関係では、例えば、水温の上昇によって、イカナゴの代謝活性も高くなることが想定され、より多くの餌を食べる必要があると考えられます。そのため、イカナゴの数が変わらなくても、必要となる餌の量は多くなり、その結果、餌不足や肥満度の低下に陥る可能性が高くなることが考えられます。また、水温が 20℃に達すると夏眠しなくてはいけない生態学的な特性を考えると、水温上昇によって水温が 20℃に達する時期が早まっていることが考えられることから、イカナゴはより短い期間に十分な餌を食べ夏眠に必要な肥満度に達する必要があります。このような点を考慮すると、7月の夏眠直前の肥満度だけではなくて、もう少し長いスパンでワンシーズンをトータルで見なくてはいけないと考えています。

[本城]

水温との関係を含め、さらに解析いただければと思います。アサリの漁獲量が大きく減少 していることとも何か共通していることがあるように思いますので、よろしくお願いいた します。

[西川]

はい。ありがとうございます。

[本城]

他に質問ございませんでしょうか。

「栩野様]

香川県水産試験場の栩野です。本当にコンパクトにいろいろと状況をお話していただき、ありがとうございました。先ほど栄養塩の積極的なコントロールの話が出ていましたけれども、栄養塩をコントロールしても、その栄養塩をどのようなプランクトンが使うのか、有害赤潮プランクトンが使うのか、無害な珪藻が使うかによって大きく変わってきますが、そこまでのコントロールは可能なのか。そこまでいかなくても、栄養塩を人為的に添加した時に、それをきっかけに珪藻と有害赤潮プランクトンのどちらが増えるのか予測することは可能なのか、また、そのような研究はあるのでしょうか。

[西川]

長期的な海洋環境の変動解析とその時々に優占してきた種の増殖生理学的特性の解明か

ら、今後水温がさらに上昇した場合、あるいは栄養塩濃度がさらに低下した場合、どのような種の出現が増加して、どのような種の出現が減少するか、ある程度の予測は可能だと思います。しかしながら、複雑な海洋生態系の成り立ちの中で、その年の栄養塩がこれだけ上昇した時に、どの種が優占するかといったレベルでの予測は難しいと思います。そのため、そういったことも含めて、現場海域におけるモニタリング調査の重要性を強調したいと思います。

[栩野様]

どうもありがとうございました。

[本城]

イカナゴのため、瀬戸内海で暮らす人々のために、ますます精力的な調査研究をお願いしたいと思います。 西川さん、ありがとうございました。