

令和2年度

兵庫県立農林水産技術総合センター

水産技術センター研究発表会

講演要旨集



**令和２年度兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センター
研究発表会プログラム**

日時：令和２年９月２５日（金） １１：００～１６：００

場所：兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センター

（明石市二見町南二見２２－２ TEL：078-941-8601）

11:00	開会	資料ページ
11:10	イカナゴの現在・過去・未来 魚住 香織（水産技術センター水産環境部 主任研究員）	・ ・ 1
11:35	イカナゴ当歳魚の胃内容物からみた餌不足の影響とその要因 橋口 晴穂（（株）日本海洋生物研究所 副支店長）	・ ・ 3
12:00	……………昼 食……………	
13:15	かき養殖業への挑戦 ～ニッチ（すき間）活用で漁業経営の安定へ～ 大西 正起（伊保漁協水産研究会）	・ ・ 5
13:35	夏眠期の肥満度からイカナゴを科学する 西川 哲也（水産技術センター水産環境部 上席研究員）	・ ・ 12
14:00	大阪湾・播磨灘イカナゴ生活史モデルの開発 ～イカナゴから栄養塩まで～ 市川 哲也（（株）日本海洋生物研究所 数値解析センター長）	・ 14
14:25	……………休 憩……………	
14:35	魚食普及のバトンをつなぐ ～持続可能な女性部活動の取組～ 井上 二三枝（神戸市漁協女性部 部長）	・ ・ 16
14:55	なぜイカナゴが減ったのか？～そのシナリオは～ 反田 實（水産技術センター 参与）	・ ・ 20
15:20	総合質問・ディスカッション テーマ：瀬戸内海の未来 【進行】 原田 和弘（水産技術センター 水産環境部 主幹）	
16:00	閉会	

イカナゴの現在・過去・未来

魚住香織（水産技術センター水産環境部）

はじめに

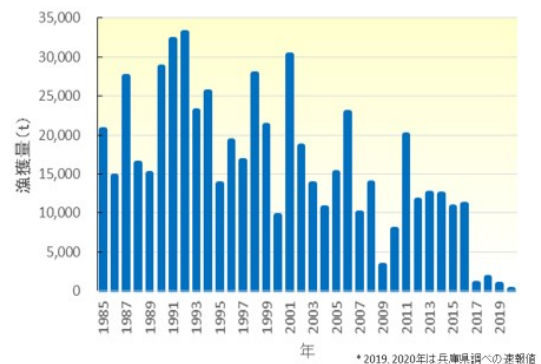
イカナゴは、「釜揚げ」や「くぎ煮（佃煮）」が春の風物詩として知られる、瀬戸内海ではたいへん馴染み深い魚です。瀬戸内海のイカナゴは、12月後半から1月上旬に塩通しの良い海底の砂に産卵し、卵は10日～2週間で孵化、2月下旬～3月上旬には全長3～4cmに成長し、「しんこ」と呼ばれています。主に動物プランクトンを摂餌し、水温が20℃を超える7月頃には約10cmに成長、砂に潜って夏眠します。約5ヶ月間の夏眠を経てその年の12月には産卵します。1歳魚以上は「ふるせ」と呼ばれ、生活史は瀬戸内海でほぼ完結します。



●明石海峡周辺の産卵・夏眠場所(橙色部分)●

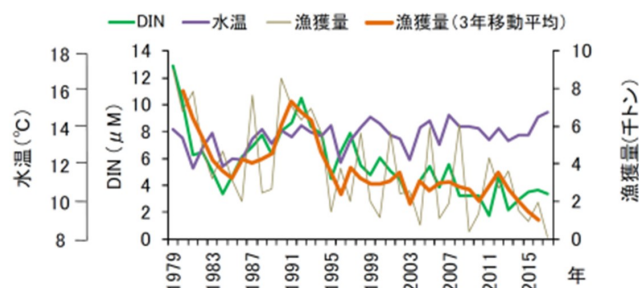
兵庫県では主に船びき網漁業によりイカナゴは漁獲され、全国的にも漁獲量および金額ともに上位を占める重要な漁獲対象種であり、2018年の漁獲統計では漁獲量全国2位、漁獲金額では全国1位です。イカナゴの漁獲量は年変動が激しいですが、長期的には全国的に減少傾向にあり、兵庫県を筆頭に瀬戸内海東部海域でも減少が著しいことから、今後の動向が注視されています。

兵庫県イカナゴ漁獲量の推移(農林統計)



過去からの変化

海域の生態系の中で、栄養塩は低次生産に深く関係しており、また生物多様性・生産性に影響する条件の一つです。栄養塩の多寡がイカナゴの生産性に影響を及ぼしているかを知るため、播磨灘の主要漁協の「しんこ」漁獲量と播磨灘の冬季(11～3月)DIN(Dissolved Inorganic Nitrogen:溶存無機態窒素)濃度の関係を調べました。それらは同調して経年的



播磨灘の「しんこ」漁獲量(主要漁協)とDIN・水温(11-3月平均)の経年変化

に減少傾向にありました。両者の関係は統計的にも有意でした($r^2=0.67$ 、 $p<0.001$)ので、「しんこ」漁獲量と栄養塩濃度が関連している可能性が示唆されました。

また、栄養塩濃度とクロロフィル(Chl. a)量(植物プランクトン量の指

標)の間にも正の相関があり($r^2=0.35$ 、 $p<0.001$)、冬季(12~1月)栄養塩濃度が低いほど、「しんこ」の成長期である2~4月のクロロフィル量が少なく、長期的に両者減少傾向にあることがわかりました。

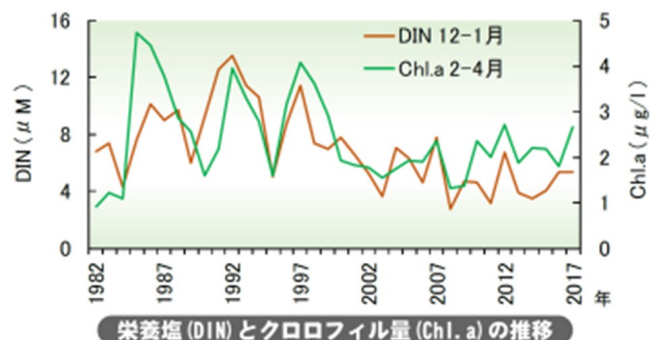
動物プランクトンの餌となる植物プランクトンが減少傾向にあることと、漁業者への聞き取り調査から得られた「赤腹(餌である動物プランクトンをよく食べて腹が赤くなっている「しんこ」)が少なくなっている」という情報から、イカナゴが餌不足に陥っている可能性が考えられましたので、親魚の体サイズ等の変化を調べました。

イカナゴの採集には、兵庫県水産技術センターの調査船を用い、毎年12~1月上旬にかけて週1回の頻度で、播磨灘北東部に位置する鹿ノ瀬において、空釣りこぎ(文鎮こぎ)の10分曳きにより実施しました。魚体を精密測定し、耳石により年齢を査定、1987年から2018年までの約30年のデータを用いました。孕卵数(ようらんすう:産卵数とほぼ同じ)については、1987年と近年(2016~2018年)のデータを用いました。

産卵盛期における雌親魚は、全長・体長・体重・生殖腺重量・GSI(Gonadosomatic Index: 生殖腺体指数=生殖腺重量(g)/体重(g) $\times 10^2$)・肥満度(肥満度=体重(g)/体長(mm) $^3 \times 10^6$)いずれも経年的に減少傾向にありました。また、体重と孕卵数の関係式から各個体の孕卵数を推定したところ、孕卵数についても経年的に減少傾向にあることが分かりました。

おわりに

現在のイカナゴ資源は、昨年や一昨年に引き続き極めて深刻な状態にあると推察されます。当海域では、イカナゴ資源を持続的に利用するために、従来から行っているサイズを考慮したしんこ漁の解禁日決定に加え、2017年からは終漁日も設定し、イカナゴの資源管理に努めてきています。また、ふるせ漁も2017年から解禁日初日に終漁とし、2019年からは操業を自粛しています。イカナゴをとりまく様々な環境条件が悪く、またイカナゴ自体の産卵数も減少しており、再生産力が低下していると考えられる現状では、短期間で劇的に回復することは期待できず、当面は厳しい状況が続くことが想定されます。その中で、翌年の産卵親魚を残しながらイカナゴ漁を今後も存続させるためには、これまで以上に行政、漁業者をはじめ関係者が連携し、きめ細やかでより踏み込んだ対策が重要になると考えています。



イカナゴ当歳魚の胃内容物からみた餌不足の影響とその要因

橋口晴穂（株式会社日本海洋生物研究所）

餌不足の可能性を胃内容物から調べる

播磨灘では、イカナゴの漁獲量の低下と経年的な栄養塩濃度の低下に有意な相関があることが分かっています。栄養塩類を基盤とした低次生産の低下がイカナゴの餌となる動物プランクトン量を低下させ、それがイカナゴの栄養状態に影響して資源量の減少に繋がっている可能性が想像されますが、それらの因果関係については明らかにされていません。

ここでは、過去に採集保存されていたイカナゴ標本の胃内容物を調べ、食べていた餌の量や組成が実際に変化しているのかを確認しました。標本としたイカナゴは、しんこ漁の盛期にあたる3月に明石海峡付近の漁場で採集された全長45～55 mmの個体で、1987年から2018年までの期間（ただし、保存標本がない年もあります）の胃内容物を調べました。

測定した標本個体の体重と胃内容物重量から胃内容物重量指数（Stomach content index:SCI, %）を計算しました。SCIとは、以下の式に示すように体重に対する胃内容物重量の割合のことを言います。

$$SCI(\%) = \text{胃内容物重量} / (\text{体重} - \text{胃内容物重量}) \times 100$$

また、胃内容物重量を計測した後、一部の個体について、内容物中の動物プランクトンの種を同定し、種群ごとの個体数を計数しました。同定した種群は個体ごとに必要な部位の長さを計測し、その情報から炭素量へ換算しました。

さらに、SCIと水温や栄養塩類（ここではDIN濃度を用いました）、クロロフィルa量との関係を調べるため、浅海定線調査で観測された環境データを用いて解析を行いました。

胃内容物重量指数（SCI）は経年的に低下

SCIには経年的な低下傾向がみられました（図1）。1987年から1992年にかけては、SCIが10%に達する個体もみられましたが、2001年以降では2016年の一部の標本を除き、SCIは4%未満の低い値となっていました。

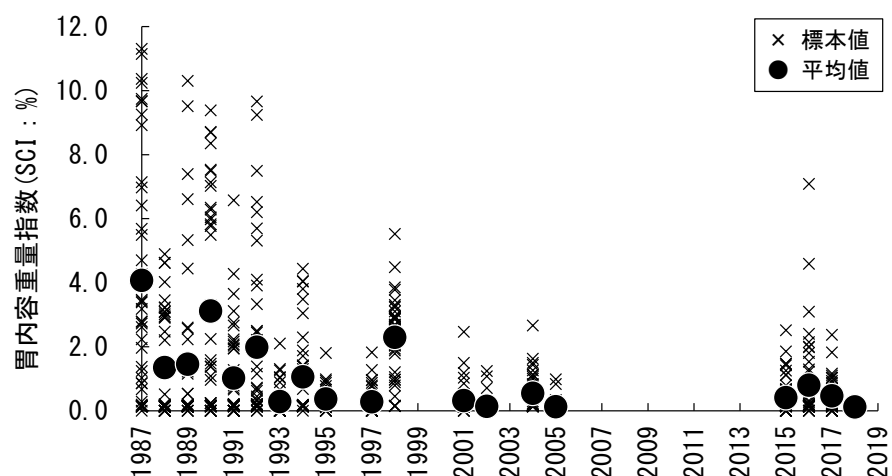


図1 胃内容物重量指数の経年変化

各年の平均値でも、2001年以降では1%未満の低い値で推移していました。

胃内容物組成からみたイカナゴの主な餌

胃内容物中の動物プランクトン組成を調べると、カイアシ類の中でも大型のカラヌス・

シニカス (*Calanus sinicus*) とそれよりもやや小型のパラカラヌス・パルバス (*Paracalanus parvus*) を主に摂餌していることが分かりました。それら 2 種を合わせた組成比は、個体数組成では約 70%、炭素量組成では約 80%を示しました。一方で、SCI が低水準で推移した 2001 年以降と比較的高かったそれより以前では、餌生物の組成に顕著な差は認められませんでした。したがって、SCI の低下は餌生物の種の変化によるものではないと考えられます。

SCI の経年的低下の要因とは

1 月の DIN 濃度と 2-3 月のクロロフィル a 量には有意な正の相関があり、1 月の DIN 濃度が高いほどイカナゴの成長期にあたる 3 月の基礎生産が高くなると考えられます。また、SCI と 2-3 月のクロロフィル a 量にも有意な正の相関があり、基礎生産が高いほどイカナゴの摂餌量も高くなると考えられます。1 月の DIN 濃度と 2-3 月のクロロフィル a 量は、SCI と同様に、経年的に低下傾向にあります。これらを踏まえると、イカナゴの SCI の経年的な低下は、DIN 濃度を基盤とした基礎生産の低下に伴い餌となるカイアシ類が減少したこと、すなわち餌不足が大きな要因と考えられます。

水温上昇は餌不足を助長する

2-3 月のクロロフィル a 量と水温には有意な関係が認められませんでした。しかし、SCI と 3 月の水温との関係では、水温が高いほど SCI が高くなる傾向が認められました (図 2)。一般に、魚類では適水温の範囲内であれば、水温が高いほど摂餌量は大きくなることが知られています。成長期のイカナゴも同様で、水温が高いほどより多くの餌が必要になると考えられます。播磨灘の水温は長期的に上昇傾向にありますが、上述したように餌不足に伴い摂餌量は低下しています。今後も DIN 濃度が低水準

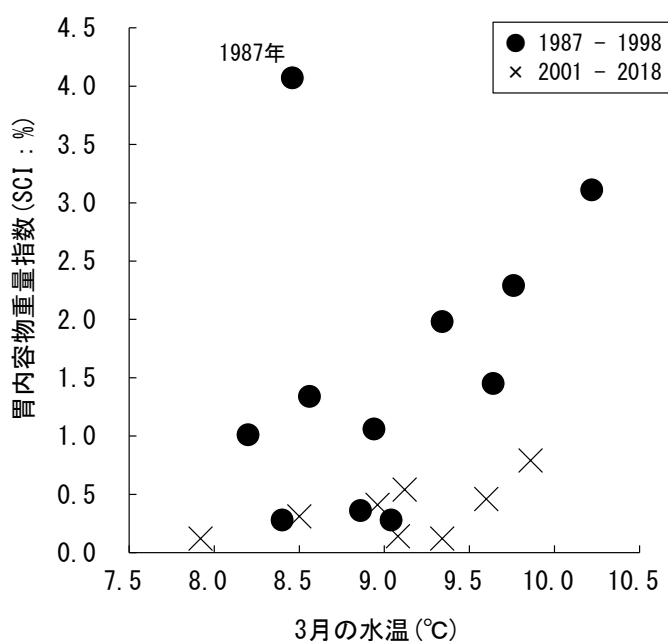


図 2 胃内容物重量指数と水温との関係

で推移し、かつ水温上昇が進行した場合、イカナゴが要求する餌の量と生産される餌の量の不均衡はより大きくなり、イカナゴの栄養状態の悪化はさらに進行する可能性があります。以上のことから、イカナゴの餌料環境の改善が必要ですが、そのためには海水温の上昇を前提とした適切な栄養塩管理が求められます。

かき養殖への挑戦 ―ニッチ(すき間)活用で漁業経営の安定へ―

兵庫県 伊保漁業協同組合水産研究会 大西 正起

1. 地域の概要

私たちが住んでいる兵庫県高砂市伊保地区は、江戸期に瀬戸内海播磨灘の港町として栄え、海運業、漁業が盛んな地域でしたが、高度経済成長期などの変遷を経て、今では工業地帯に様変わりした。そのような環境変化を経てきた現在においても、地元のみならず近隣の姫路市などの大消費地に新鮮な魚介類を流通する漁業拠点となっている地域である。

2. 漁業の概要

伊保漁業協同組合は、令和元年現在、組合員数69人（正組合員49人、准組合員20人）で、年間生産量は389トン、年間生産金額は212,540千円となっている。当地区は季節に応じて漁業を営んでおり、春期から秋期は漁船漁業の機船船びき網漁業、小型機船底びき網漁業を、冬期はのり養殖業を営んでいる。【図1】

3. 組織と活動内容

伊保漁業協同組合水産研究会（以下、研究会）は、漁業協同組合の発展と漁村文化の進展を図り、漁業後継者として自らの研鑽のための知識の向上と相互の質的向上及び交流を図ることを目的に、昭和40年頃に発足し、現在に至っている。

現在、研究会のメンバーは6人で、栽培漁業や資源管理等の諸課題について取組んできたが、近年は、これらの課題に加え、地域の活性化に関する活動にも取組んでいる。

4. 研究・実践活動の取組課題選定の動機

当該地区の主力漁業である機船船びき網や小型機船底びき網の漁獲量は、右肩下がりにあることから、収入減による漁業経営に危機感を募らせており、私を含めた漁船漁業を主体とする者は、新たな収入対策の必要性を感じていた。【図2】

当地区では冬期に営まれているノリ養殖業も、平成15年以降から大規模な色落ちが起こるようになり不安定な生産が続いており、近年はやや持ち直しているものの、明確な展望を見通せる状況にない。【図2】

そこで、当研究会では、漁場の不安定要因にあまり影響されず、かつ、漁船漁業の操業のすき間を活用できるアイデアがないかと話し合う中で、①カキ養殖が盛んな本県西播磨地区は栄養を供給する大河川があり、当地区も一級河川の加古川があり地理的環境に似ていること、②植物プランクトンが豊富な現状なら植物プランクトンを餌とする二枚貝の活用が考えられることから、カキ養殖ができないか？との考えに至り、平成25年からカキ養殖に挑戦することになった。

5. 研究・活動状況及び成果

(1) カキ養殖漁場の適地確認と養殖試験

カキ養殖の試験を認めてもらうため、何度も漁協と話し合った結果、私たちのやる気が伝わり、わかめ養殖漁場の一部で試験ができることになった。

カキ養殖を始めるにあたって、どんな方式で養殖を始めれば良いかも検討が付かなかったため、風波を遮る島等がないという当海域と似た条件でカキ養殖を行っている宮城県での養殖手法を採用して延縄式とした。【図3】

1年目の試験では、カキは出荷サイズまで成育することが確認できたが、付着物による成長阻害とへい死、波浪による脱落が見られ、これらが課題となった。

そこで、2年目は、付着物対策と脱落対策として延縄式を枠で囲ってみたが、延縄式と大きな違いは見出せなかった。

このため、3年目は、延縄式の設置海域と吊深さを変えるとともに沖だし時期を遅らせてみた。この結果、潮上で、吊深さが水深1mまでの表層で成育が良い傾向が確認できた。一方で、付着物対策と脱落対策は効果がみられず、沖だしを遅らせたことによる有効性も確認できなかった。このため、日々の養殖施設の管理軽減化（漁船漁業を営みながらでは労力的・時間的に制約される）と脱落対策が課題として残ったままとなった。【図4】

(2) シングルシード用カゴ養殖との出会い

残された課題に悩んでいたところ、県水産技術センターから、波浪による脱落がなく、管理も比較的容易な「カキのシングルシードでのカゴ養殖（以下、カゴ養殖）」を提案された。

当時、県内ではあまり普及しておらず半信半疑であったが、4年目からカゴ養殖を導入したところ、カゴを約2週間ごとに洗浄する以外は、選別による収容密度調整を行うだけで付着物もなく、殻付き重量は半年で約7倍に、むき身重量は5カ月で出荷サイズ以上まで成育し、商品として期待できることが確認できた。【図5】

これにより、これまで私たちが思い悩んでいた延縄式での養殖試験の課題は払拭されることになった。

(3) カゴ養殖試験での奮闘

カゴの収容密度を低くする方が餌当りや適度な転がりから付着物が抑制され順調に成育することが分かり、カゴ養殖の方向性が見えてきたところだったが、過度に低密度にすると揺れ過ぎて殻の破損、閉殻による摂食不良で成育阻害とへい死が起こった。

そこで、5年目以降、成育阻害とへい死を抑える適正条件を模索した結果、選別時にできる限りサイズを揃えること、カゴの収容密度をカゴ容積の1/3から1/2とすること、吊深さを海面から1m以内とすることが、当海域での適正条件となることがこれまでの経験から分かってきた。

（４）本格的な生産体制の確立

カキ養殖の実用化が見えてきたことから、区画漁業権の免許を取得したいと関係漁協にお願いしたところ、これまでの努力が認められ、平成 30 年 9 月に垂下式貝類養殖の区画漁業権免許を取得することができた。

また、区画漁業権免許取得以降、地元の衛生部局とも協議を重ね、平成 30 年 12 月に当該海域が食品衛生法に基づく生食用カキの生産海域に追加された。

これらにより、カキ養殖の本格的な生産体制が整った。

（５）成果

生産面では、カゴ養殖を本格実施した平成 30 年度は、種ガキ 11 千個に対し約 880 個（44kg、歩留り 8%）に止まったが、平成 31 年度（令和元年度）は、種ガキ 7 千個に対し約 1,560 個（70kg、歩留り 22%）と歩留りの向上により生産量をアップすることができた。しかし、カキ養殖の標準的な歩留り（約 50%）に及ばないレベルなので、種ガキ導入時期、収容密度管理、選別の徹底といった改善により、今後は歩留りを約 40%まで引き上げることを目指す。【表 1】

経営面では、平成 31 年度の経費 1 2 5 千円に対し、収益 1 2 7 千円となり、低水準の歩留りであったとはいえ、若干の利益を産むことができた。【表 2】

そこで、試算ではあるが、一人で管理できる最大規模としてカキ 9 万個の養殖規模で、歩留りを目標の 40%として見込んだ場合、漁船漁業との兼業で、1 漁期に 1 人当たり最大約 70 万円の収入アップが見込めることが分かり、コスト抑制や付加価値向上により、更なる収入アップの期待が持てると考えている。【表 3】

これにより、カキ養殖は、冬に本養殖を展開して春先まで出荷するため、主力漁業の休漁期にできること、管理等の労力負担が少ないことから、当地区での副業に適していることが分かった。

コスト抑制については、現在、地元種ガキの自家採集を進めている。地元種ガキの自家採集には、県水産技術センターの協力で、2 年をかけて当地区ではカキの成熟幼生の発生ピークは概ね 7 月下旬と 8 月中旬の 2 回あること、採集場所はある程度流れのある場所が良いことが分かり、自家採集技術も習得できた。今後は、少しずつ地元種ガキの導入を図り、種ガキ購入費用を抑えることでコスト抑制に繋げていきたい。【図 6】

6. 波及効果

当地区のカキ養殖が、地域特産品を生み出す取組みになると期待され、全国紙に掲載された。その途端、関西圏の市場や荷受業者から多くの問合せが寄せられ、私たちの取組みが一気に波及した。

そして、その中で興味を持たれた鮮魚店から店頭販売の機会を貰い、県外に販路を開拓

することもできた。【図7】

さらに、これまでカキ養殖をしていなかった近隣漁協がカキ養殖の試験を始めており、今や所属漁協の枠を超えた取組みとして、私たちも技術協力して実用化に向けて頑張っているところである。

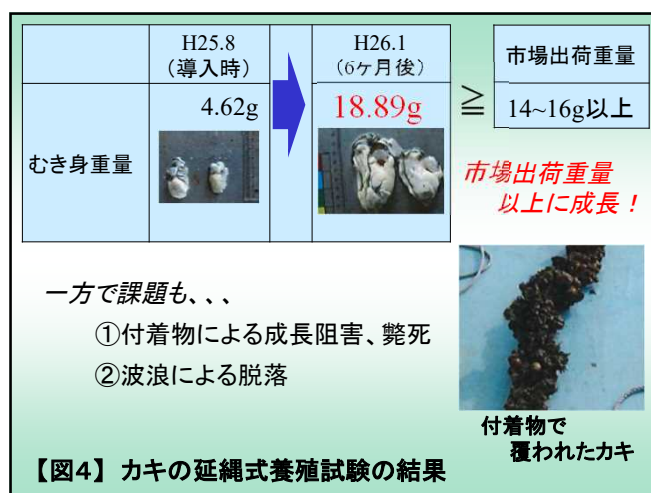
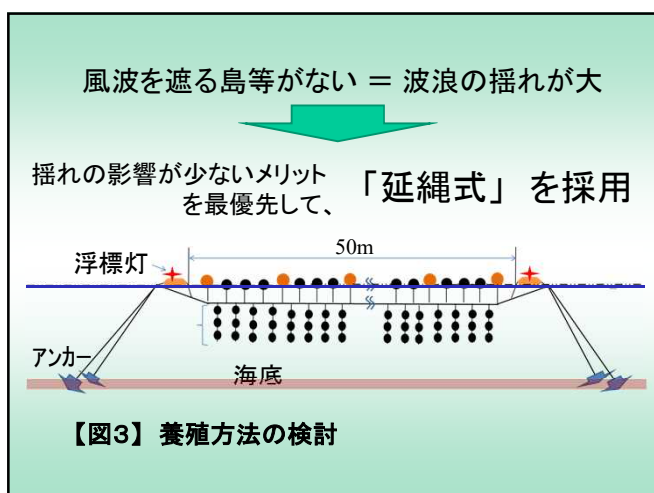
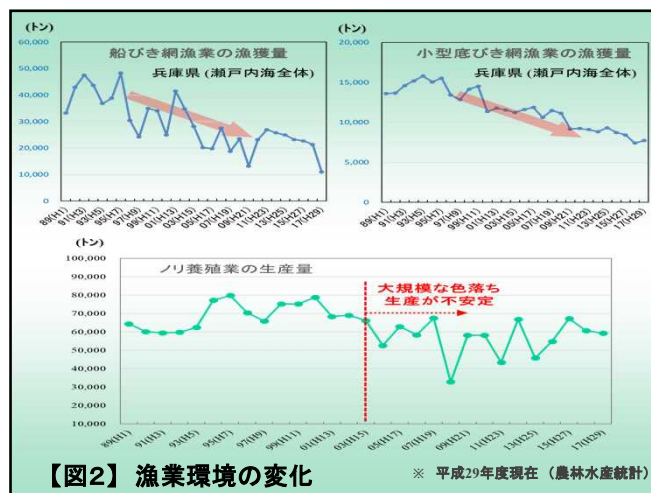
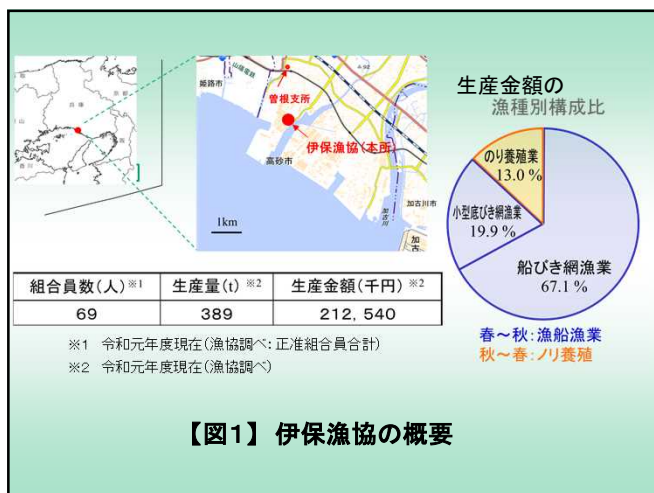
7. 今後の課題や計画と問題点

今後の展望として、波及効果を活かしつつ、規模拡大と定着を図るために、知名度向上と生産量拡大を進めたいと考えている。

知名度向上では、認知されやすいネーミングと顧客説明用の販促ツールが必要として、現在、市、県と定期的に協議しているところで、将来的には、ふるさと納税の返礼品への活用なども検討したい。

生産量拡大では、当海域は航路に近い漁場拡大が難しいことから、現漁場でのわかめ養殖との調整を図ることで最大限有効活用していきながら、近隣漁協の早期の養殖実用化に協力して連携した生産体制を模索していくとともに更なる営業活動により規模拡大を推し進めていく。

私たちの取組みは、まだ軌道に乗ったばかりですが、漁業の経営安定化、地域の活性化を図り、高砂市の新たな地域特産物として消費者に広く認識されるレベルにしていくことを大きな目標として、これから一層一致団結して取組みを進化させ、深化させていきたい。





	種ガキ 購入量	カキ出荷量	歩留り
平成30年度	11,000個	970個 ※ (44kg)	8.8%
令和1年度	7,000個	1,566個 ※ (70kg)	22.2%

※ 重量から換算: 殻付カキ45g/個で換算

【表1】 生産面での成果

経費	耐用年数等	金額	1年・7千個換算※2	備考
養殖資材A※1	5年	154.0千円	7.1千円	カゴ・幹縄等
養殖資材B※1	10年	151.5千円	3.5千円	アンカー・フロート等
種ガキ	1年	70.0千円	70.0千円	10円/個×7千個
諸経費	1年	45.0千円	45.0千円	検査費等
合 計			125.6千円	

※1 最大3万個生産可能な施設規模 ※2 金額÷耐用年数等÷3万個×0.7万個で換算

収益	種ガキ購入量	生産量	生産金額	備考
飲食店		86個		
鮮魚店 地元		45個		
鮮魚店 地元以外		275個	99.6千円	
個人直売		444個		
試食会		550個	27.5千円	同サイズの市場価格50円/個で推算
検査用		166個	—	
合 計	7,000個	1,566個	127.1千円	

【表2】 経営面での成果

試算した条件
 ○現状の歩留りを40%に引上げ
 ○兼業で1人が管理できる養殖施設数は3セット(9万個規模)

収 入	経 費
▷ 種ガキ購入数90千個・・・①	種苗購入費 900千円 (90千個×10円/個)
▷ 歩留り40%・・・②	
▷ 生産数量36千個 (①×②)・・・③	養殖資材費 138千円 (46千円/セット×3セット) ※ 1セット: 154千円/5年+151.5千円/10年
▷ 検査用0.2千個・・・④	諸経費 45千円
▷ 同サイズの市場価格50円/個・・・⑤	
収入見込額・・・(③-④)×⑤	
合 計 1,790千円	合 計 1,083千円

⇒ 1人1漁期に得うる最大収益は、約700千円

【表3】 今後の収益試算



夏眠期の肥満度からイカナゴを科学する

西川 哲也（水産技術センター水産環境部）

はじめに

イカナゴは、「夏眠」というたいへんユニークな生態学的特徴を持っています。これは、冷水を好むイカナゴが過酷な夏を乗り切るために、また外敵から身を守るために獲得した特性と言えるでしょう。瀬戸内海東部海域においてイカナゴは、水温が 20℃ 近くまで上昇する 7 月上旬頃から 12 月にかけて海底の砂の中で夏眠します。また、この半年近くに及ぶ夏眠期間中、イカナゴは餌を食べないこと、夏眠明け直後の 12 月下旬には成熟して産卵することが知られています。そのためイカナゴは、夏を乗り切り、産卵に必要なエネルギーを体内に蓄えるため、夏眠に入る前に出来るだけ多くの餌を食べる必要があります。イカナゴがどれだけのエネルギーを体内に蓄えることができたか数値化して評価する方法として、以下の式で算出される「肥満度」の値がその指標として使われています。

$$\text{肥満度} = \text{体重 (g)} \div \text{体長 (mm)}^3 \times 10^6$$

本研究では、この肥満度の値に着目し、夏眠期の肥満度の値から近年の本県海域におけるイカナゴの状況について考察した結果を紹介します。

夏眠期における肥満度の変化

本研究では、2008～2017 年にかけて、瀬戸内海東部海域のイカナゴの夏眠場として最も大きく重要な播磨灘の鹿ノ瀬周辺海域において、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。

イカナゴの肥満度は、7 月下旬に 3.76～4.55 の範囲にあり、各年とも 7 月～11 月にかけて 15.5～22.6% 低下しました。明石海峡部において自動観測している水温データのうち、7 月～9 月の平均水温と 7 月～11 月の肥満度減少率との関係を検討した結果、イカナゴの肥満度は、夏季の平均水温が高い年の方が、肥満度の減少率も大きくなる傾向が見られました。しかし、この両者には統計学的に有意な差は得られず、イカナゴは高い肥満度で夏眠できた年には、夏季に高水温であっても夏眠期間中を通して比較的高い肥満度を維持していました。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、同時に、できるだけ高い肥満度、すなわち太った状態で夏眠することがイカナゴにとって瀬戸内海で生き残る上で非常に重要であることを示唆しています。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となりました。

肥満度の低下要因

肥満度の経年的な低下要因について検討するため、夏眠場周辺の調査定点において、イカナゴの餌となる動物プランクトン（カイアシ類）個体数の変動を10年間調べました。その結果、カイアシ類の平均出現密度は、前半の5か年間（2008～2012年）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、イカナゴの肥満度との間には、統計学的に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考えられました。

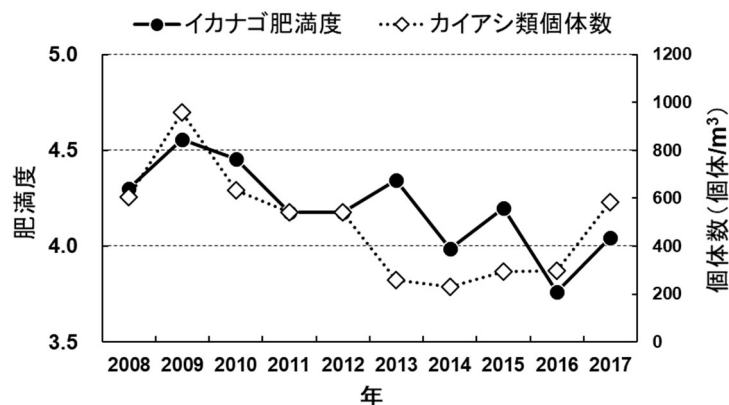


図1 播磨灘におけるイカナゴ肥満度（7月下旬）とカイアシ類平均個体数（2～6月）の経年変化

肥満度低下がイカナゴ資源に及ぼす影響

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。イカナゴ1尾当たりの産卵数を、30年前に実施した調査結果と比較したところ、直近3か年の1尾当たりの産卵数は、30年前に比べて約7割に低下していました。

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が明らかとなりました。さらに本研究では、直近年の肥満度の値が夏眠明け直後の産卵に影響が出る値まで低下しており、イカナゴ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を及ぼしていることを解明しました。

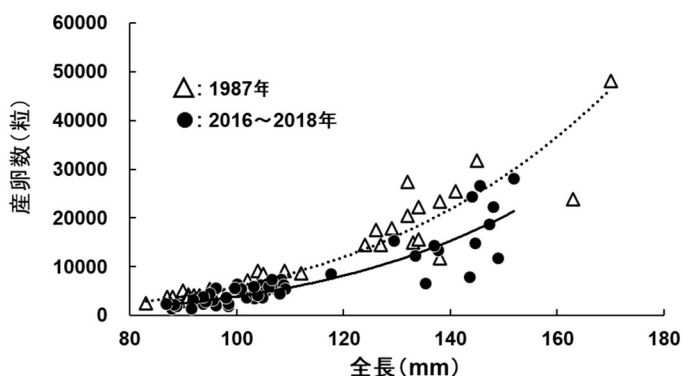


図2 全長別イカナゴ1尾当たりの産卵数

大阪湾・播磨灘イカナゴ生活史モデルの開発 ～イカナゴから栄養塩まで～

市川 哲也（(株)日本海洋生物研究所 数値解析センター）

モデルの概要

東部瀬戸内海の栄養塩や基礎生産がイカナゴ当歳魚漁獲量に及ぼす影響を検討するため、大阪湾・播磨灘イカナゴ生活史モデルを開発しました。このモデルは、栄養塩類や動植物プランクトンを中心とした低次生態系における物質のやり取りを計算する数値モデルと、イカナゴの生活史を模擬した粒子の動きを同時に計算し、イカナゴを取り巻く環境の変化に応じたイカナゴの動態を予測できる数値モデルです。産卵からふ化、稚魚への成長、夏眠および夏眠終了に至るイカナゴの生活史を再現するモデルで、生活史の中でも重要な 3～4 月におけるイカナゴの漁獲も考慮しています。

モデルの再現性

豊かな瀬戸内海再生調査事業で得られた多くの観測情報を基に、2016 年を対象として現況再現シミュレーションを行い、大阪湾・播磨灘イカナゴ生活史モデルの再現性を確認しました。

漁期におけるイカナゴ資源量の推移（明石海峡漁場内に存在する尾数の比較）やイカナゴの成長の推移（1 月～4 月における体重の比較）、さらに夏眠個体のイカナゴ肥満度の推移（7 月～12 月の肥満度の比較）等々を検証し、シミュレーション結果は概ね観測値と整合していました。

数値モデルの特性として、海域内の現存量や濃度（ストック）だけでなく、物質間のやり取り（フロー）を定量的に計算することが可能です。図 1 は、漁期（2016 年 3 月）における明石海峡漁場内のストックと

フローを比較した図になります。図中の実測値は、動植物プランクトンの現存量、デューリ法により推定したイカナゴの現存量、イカナゴの体重増加から見積もられた生産量および摂餌率 10%を仮定した摂餌量を示しています。植物プランクトンの現存量に若干の差はあるものの、シミュレーション結果から算定されたストックとフローは概ね実測値と一致しており、物質収支においても再現性が確認できました。

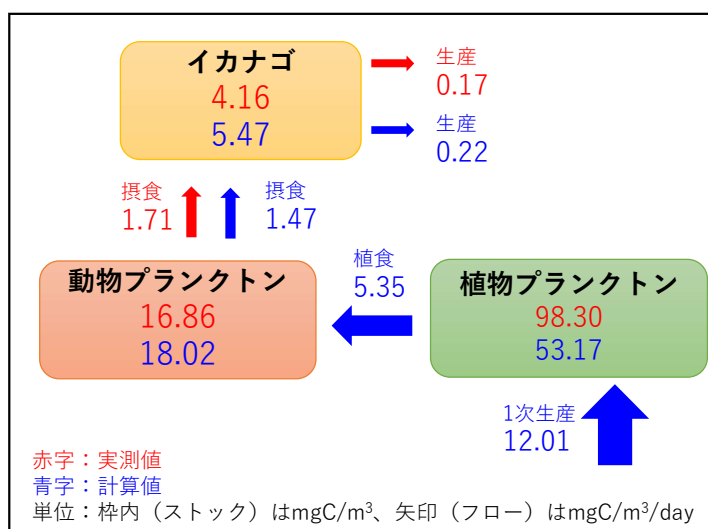


図 1 漁期におけるストックとフローの比較

過去の環境を想定したシミュレーション

構築された大阪湾・播磨灘イカナゴ生活史モデルを用いて、栄養塩類や水温に関する過去の環境を想定したシミュレーションを行い、2016年の環境下（現況）におけるイカナゴ資源と比較検討しました。検討ケースは、以下の通りです。

- Case-1：1990年代半ばの栄養塩環境（イカナゴの漁獲量水準が高かった年代）
- Case-2：2000年代前半の栄養塩環境（Case-1の半分程度の漁獲量水準の年代）
- Case-3：1990年代半ばの水温環境（現況より水温が1℃低い、栄養塩環境は現況）

イカナゴの再生産資源尾数、漁獲量、初期資源尾数および夏眠直後の肥満度について、現況に対する各ケースの変化率を図2に示しました。Case-1とCase-2では、餌環境の改善に伴い再生産力が回復し、全ての項目において現況よりも増加すると試算されました。Case-3では、漁獲量は現況の0.9倍と試算されましたが、現況からの変化はほとんどありませんでした。

計算結果から得られた全窒素（現況比）と漁獲量（現況比）との関係を図3に示すと、一定の相関が確認できました。このことから、海域の全窒素濃度がイカナゴ資源の評価指標として有効であると示すことができました。

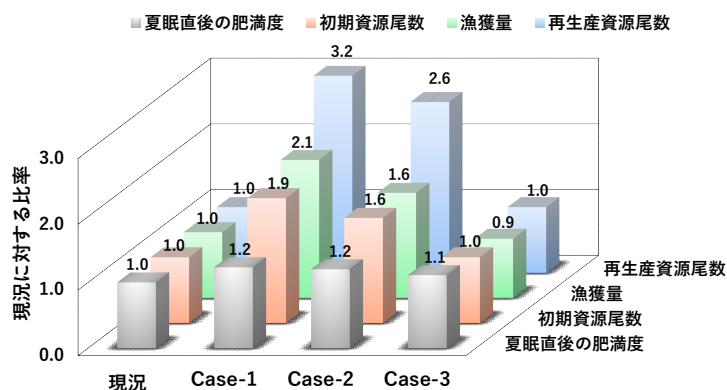


図2 各項目の現況に対する変化率

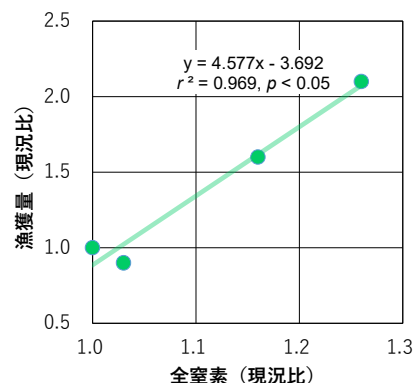


図3 全窒素と漁獲量との関係

今後の課題

以上のシミュレーション結果から、1990年代半ば以降の環境下においては、海域の貧栄養化による餌環境の悪化によって、イカナゴの長期的な漁獲量の減少に影響を与えていると考えられました。減少したイカナゴ資源を回復させ持続するためには、栄養塩環境の改善に向けた早急な対策とともに、資源水準に応じた的確な資源管理を実施するための検討が必要になります。今後は、大阪湾・播磨灘イカナゴ生活史モデルを用いて、漁獲率を変化させた計算を行うことにより、漁獲がその年の夏眠尾数や翌年の再生産資源尾数へどのような影響を与えるか明らかにし、このモデルが持続可能な資源管理のためのツールとして役立つことを期待します。

魚食普及のバトンをつなぐ ～持続可能な女性部活動の取組～

井上 二三枝（神戸市漁協女性部）

【活動の動機】

神戸市漁協女性部は、神戸市漁業協同組合が設立された翌年の昭和 35 年 2 月に駒ヶ林、東須磨、須磨浦、塩屋、東垂水、西垂水、舞子の各地区女性部が集まり設立し、環境美化活動や生活改善、教育情報、魚食普及などの活動を行っています。現在の主な活動である魚食普及活動は、昭和 60 年に県内の生活改善グループとの交流から始まりました。農家女性との交流を通じて、魚離れの原因が魚への知識・情報不足にあることを感じ、魚食普及活動に本格的に取り組んでいくことにしました。

【活動の内容】

1. 魚食普及活動の発展 【現在の形になるまでの 3 ステップ】

1) ステップ 1 「場づくり」 ～くぎ煮講習会～

まず、魚食普及を進めるためには、魚の料理法を広く情報発信する「場づくり」が必要と考え、地元特産で身近にあったイカナゴのくぎ煮を多くの消費者に広める料理講習会を開催することとし、平成元年からイカナゴのくぎ煮講習会を開始しました。

平成 7 年 1 月に阪神淡路大震災が発生し、私たちの地域も大きな被害を受けました。しかし、力を合わせてくぎ煮講習会を継続し、これまでに延べ 150 回、4500 人への講習を開催してきました。その成果として、加工原料としての用途に限られていたイカナゴの新仔であったが、一般家庭でも生からくぎ煮を作るようになり、「兵庫の春の風物詩」と言われるまでに普及し、消費の拡大につながりました。また、副次効果としてイカナゴの単価は平成 2 年では kg 当たり 159 円であったものが平成 16 年には kg 当たり 438 円へ向上しました。

2) ステップ 2 「魚食普及の幅を広げる」 ～さかな料理コンクール開催～

2 つ目のステップとして、教える側の魚料理の幅を広げ幅広い食べ方を提案するため、平成 5 年から、部員による「さかな料理コンクール」を行いました。漁家に伝わる伝統的な料理とともに新しい料理の創作を発表しました。女性部員がお互いの魚料理を教え合う機会をもつことで、部員個々の幅が広がりました。

3) ステップ 3 「幅広い消費者との交流」

～お魚料理教室と神戸のおさかなを食べよう市民とのふれあいデーの開催～

3 つ目のステップとして、魚料理をより多くの人々に知ってもらうため、幅広い消費者との交流を進めることとし、平成 5 年から「お魚料理教室」をレインボースクールとしてコープこうべと共催で開始しています。この他に地元の婦人会や、婦人大学、子供対象にお魚料理教室を行うようになりました。平成 23 年からは食生活改善や食育活動を行う団体であるいずみ会対象として、平成 29 年からは垂水区で活動しているおやじ塾対象に行

っています。

2. 魚食普及活動を続けるための秘訣

ここまで魚食普及活動が継続し発展できたのは、時代の変化や食文化の変化に対応したメニューの提案と食生活の変化に対応してお魚料理教室の内容を変えていったことにあったと考えています。

1) 魚食普及活動の移り変わり

農協女性部などとの交流として行っていた昭和62年は、イワシ、タコ、小エビ、カサゴなど身近で購入しやすい魚を中心に魚の扱い方を講習していました。平成7年からは、梅ちりめんご飯、太刀魚のロールフライ、鯛の造り、あら煮、骨せんべいなど、ご飯の主菜、副菜を意識した食べ方を提案しました。平成18年からは、鯛サラダ、ちりめん団子スープ、タコ飯など栄養バランスに配慮したもの、平成28年からは、たこの軟らか煮、ちりめん山椒とそれを使った巻き寿司など調理しやすさを重視した内容としました。こうした時代に応じた食生活の変化に合わせたメニュー提案を行うことで、消費者の方に魅力を感じてもらえたことが大きいと思われます。

2) 市民アンケートによる食生活変化の把握と対応

私たちは魚食普及活動を続けていくなかで、時代に対応した変化を把握することが重要と考え、「神戸のおさかなを食べよう市民とのふれあいデー」で継続してアンケート調査を実施しました。その結果、魚料理を家庭で行う頻度が年々低下していることが分かりました。

そこで、消費者にさらに魚を食べてもらうために女性部で何ができるかを考え、魚をおいしく食べる料理方法や魚の扱い方だけでなく、例えば鱗を散らかさない方法や生ごみの処理など消費者が魚を料理するうえでの悩み事への対処法を示すなど、対象者に応じた教室の内容にすることが必要ではないかというアイデアにつながり、魚食普及活動の充実に結びつきました。こういった取組が私たちの活動を支えていると考えています。

3. 現在、そして、これから、さらなる発展に向けて ～イベント参加の加速～

私たちは一人でも多くの人に魚を食べてもらい「魚を食べたい」と思ってもらうため、イベントに参加することで、魚食普及活動の場をさらに広げていくことにしました。神戸市内の農漁業の発展を祝う収穫祭である「みのりの祭典」への出店や「神戸のおさかなを食べよう市民とのふれあいデー」などに加え、魚の即売会である漁業デーでの農家グループと連携した出展やいかなご祭りでのくぎ煮実演、神戸の魚まつり、食都神戸 Farmers Market に参加し、タコ飯や釜揚げしらす丼、ちりめん山椒などの魚を使った料理を披露することにしました。

【成果】

1. 魚食普及活動の拡大

昭和63年（1988年）ではまだ、農家グループとの交流の9日の取組でした。その後く

ぎ煮講習会、お魚料理教室、イベントの参加に取り組むことで、平成30年（2018年）では、くぎ煮講習5日、お魚料理教室は8日、イベント参加9日と30年前より拡大しました。

私たちは、農家女性との交流をきっかけとして、魚食普及の場づくりとしてまずイカナゴくぎ煮教室を開始し、その後お魚料理教室、大人から子供まで魚を身近に感じてもらうためのイベント、と進んできました。今は、魚にあまり触れていない魚料理の初心者や魚料理に興味を持つ人までさまざまな層を対象に魚食普及を行っています。普段全く魚を食べない人には少しでも食べてほしいし、興味のある人にはもっと食べてほしいと考えています。

このような状況の中、平成28年から地元神戸でイカナゴの不漁が続いており、県の水産技術センターなど研究機関により原因の究明が進められています。イカナゴは短い漁期や調理に鮮度が重視されると言った前浜ものをPRできる魚ですが、今私たちにできることとして、他の魚種の普及に力を入れたいと考えています。他の魚種では今までと異なるアプローチをしていく必要があると考え、私たちの魚食普及活動の中で新たな提案を加えることで、次につなげようとしています。

神戸市漁協ではシラスが最も漁獲される魚種です。シラスはほとんどが乾燥させ「ちりめんじゃこ」に加工されていますが、近年は釜揚げしらすでの出荷も行っています。現在では漁協の加工場で生産する釜揚げしらすは134トンとなり、漁協で加工するシラス加工品の7割を占めるようになってきました。そこで、私たちはシラスに焦点を当て「神戸の魚まつり」等では「釜揚げしらす丼」を強力にPRしてきました。その甲斐あって、平成28年には漁協が運営する喫茶店のメニューに採用され、店を代表するメニューになりました。

2. 今後の課題や計画

前浜ものの販売拡大につながる魚食普及活動の展開が課題です。さまざまなお魚料理教室やイベントなどの魚食普及活動を通じて神戸の魚の美味しさを知ってもらえるようになってきましたが、さらに、漁協の直売所やJA兵庫六甲が運営する農産物直売所「六甲のめぐみ」に足を運んでもらえるよう、新たな魚種の料理方法のPRを進めたいと考えています。

また、イカナゴのくぎ煮に続く料理教室のメニューとして、生から炊くちりめん山椒が取り上げられるか研究中です。生炊きちりめん山椒は柔らかく仕上がるため、その普及により、生シラスの流通が実現すれば、シラスがこれまでと違う形で消費され、シラスの価値も向上するのではないかと考えています。

魚食普及活動は、その取組の成果が分かりにくい地道な活動です。しかし私たちはイカナゴのくぎ煮や釜揚げしらす丼の普及を通じて、その活動は間違っていなかったと確信しています。

私たちは昭和60年から魚食普及活動を始め、今年で35年目を迎えています。その間、

くぎ煮の普及や釜揚げしらす丼のPRなど時代の変化に対応して継続することができました。このような活動ができたのは、部員が民踊部の活動などで親睦を深め部員相互の協力体制があること、部員が子連れでも活動できるようにして参加しやすくしたこと、「女性部だより」による情報共有と活動の振り返り、漁業協同組合との協力体制、がとても大事であったように思われます。

神戸の海の恵みを女性部の知恵と工夫でさらに生かすべく、私たち女性部の活躍の舞台である魚食普及活動を通じて、これからも神戸の魚、漁業をPRし、活気ある浜づくりに取り組んでいきたいと考えています。

なぜイカナゴが減ったのか？～そのシナリオは～

反田 實（水産技術センター技術参与）

豊かな瀬戸内海再生調査

かつての瀬戸内海は汚濁負荷の増大による大規模赤潮の発生など、漁業の将来が危ぶまれるほど水質が悪化しました。このような状況を改善するため、1973 年の瀬戸内海環境保全臨時措置法（後に特別措置法）の施行以後、種々の環境対策が実施され、その水質は大幅に改善されました。しかし、一方では生物生産に必須である栄養塩（特に無機溶存態窒素：DIN）の低下が顕著となり、1990 年代後半から養殖ノリの色落ちが発生しています。また、小型底びき網漁獲量やイカナゴ漁獲量と DIN の間に有意な関係が見られることから（図 1）、両者の関連が危惧されています。養殖ノリは培養実験によって色落ちと DIN の関係を確認できますが、漁獲量の場合は統計的に有意な関係が認められたとしても、必ずしも両者の因果関係を示すわけではありません。

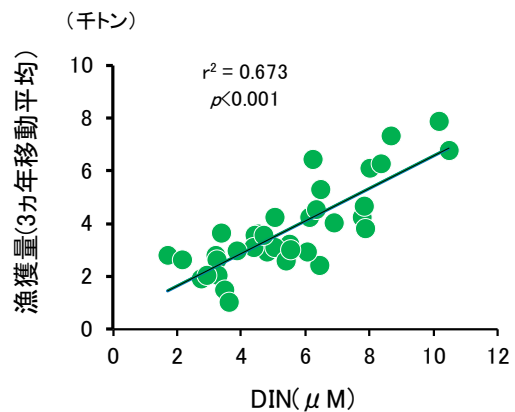


図 1 播磨灘主要漁協の“しんこ”漁獲量と DIN の関係（1980 年～2016 年）

そこで、漁獲量と DIN の因果関係を明らかにするため、魚種をイカナゴに絞って 2015～2019 年度に「豊かな瀬戸内海再生調査事業」を実施しました。その結果、完全とは言えませんが一つのシナリオを示すことが出来ました。調査は DIN を主な検討項目としましたが、冷水系の魚であるイカナゴは水温上昇の影響を受けやすいため、データセットに水温を加え、その影響も検討しました。魚種をイカナゴに絞った理由は、①漁獲量が多い（県内漁獲量の約 3 分の 1 を占める）②漁獲統計の信頼度が高い③生活史が瀬戸内海で完結する④稚魚から成魚まで動物プランクトン専食であり生産構造が単純である⑤資源管理を通して漁業および生物情報が多く蓄積されている、等に因ります。

なお、イカナゴに関する本日の発表は、減少のシナリオにそって 5 題に分かれています。また、調査結果は「豊かな瀬戸内海の再生を目指して～豊かな瀬戸内海再生調査事業の成果～」と題するパンフレットに取りまとめて水産技術センターのホームページで公開しています。そちらもご覧ください。

調査の考え方

漁獲量と DIN の関係を明らかにするため 2 つの調査プロセスを設定しました。1 つは過去から蓄積されている調査データおよび新たに得られたデータの詳細な分析です。具体的には、DIN から一次生産、イカナゴの摂餌状況、肥満度そして産卵までのつながりに焦点

を当てて分析を進めました。2 つ目は、生態系モデルの開発とモデルを用いたケース計算です。モデル開発は実測データによる検証を重ねながら進めました。この 2 つの調査プロセスで得られた結果からイカナゴの減少シナリオを提案しました。

イカナゴ減少のシナリオ

調査結果から得られたイカナゴ減少のシナリオは以下の通りです（図 2）。

- 海域の貧栄養化（DIN の低下）による餌環境の悪化より、イカナゴは長期的に餌不足の状態にある。
- 餌不足は肥満度を低下させ、それによる産卵数の減少（再生産力の低下）が、長期的な漁獲量の減少につながっている。
- また、大阪湾・播磨灘イカナゴ生活史モデルを用いて、現在よりも高い栄養塩濃度下でシミュレーションを行った結果、漁獲量が大きく増加する結果が得られた。
- 水温が現在よりも 1℃低い条件下のシミュレーションでは漁獲量の変化はほとんどみられなかった。



図 2 イカナゴ減少のシナリオ

これらの結果から、1990 年代半ば以降の環境下においては、貧栄養化がシ、イカナゴ資源の長期的減少に大きな影響を与えていると考えられました。

今豊かな瀬戸内海の再生に向けて

【栄養塩環境の改善】 兵庫県では、イカナゴ漁獲量の減少のほか、養殖ノリの色落ちや小型底びき網の漁獲量減少など、貧栄養化の影響と考えられる事象が生じています。イカナゴは漁獲対象であるだけでなく、他の様々な海洋生物の重要な餌となっています。したがって、イカナゴ資源の回復は豊かな瀬戸内海の再生と同義と言って良いでしょう。本調査により、海域の貧栄養化がイカナゴ資源の減少要因であると考えられました。この結果を踏まえて、栄養塩環境の改善対策の早急な実施が必要です。

【モニタリングの必要性和順応的管理】 海洋生態系は複雑であり施策実施による生態系の変化には不確実性があります。したがって、施策と並行して海域環境と生物のモニタリングを実施し、順応的な考え方に基づく検証を行いながら対策を進めることが必要です。また、そのための体制づくりも重要です。

【資源管理の必要性】 水産資源の変動は環境要因のほか漁業などの社会的要因の影響を受けます。イカナゴ漁業は高いレベルの資源管理を実践していますが、今後も資源水準に応じた迅速で的確な取り組みを行っていくことが必要です。

* 発表では瀬戸内海の貧栄養化の実態についても紹介します。