

第6回水産総合研究センター成果発表会 講演要旨集

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2024-07-18 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	https://fra.repo.nii.ac.jp/records/2010259

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.



独立行政法人 水産総合研究センター
第6回 成果発表会
プログラム

海洋環境変動と
さかな・ひと

海がかわる、海がわかる

平成20年9月30日(火) 13:00~

日本消防会館 ニッショーホール

東京都港区虎ノ門2-9-16

ごあいさつ



本日は、独立行政法人水産総合研究センターの成果発表会にお越しいただき、誠にありがとうございます。

私たち水産総合研究センターは、水産基本法の基本理念である「水産物の安定供給の確保」と「水産業の健全な発展」に科学・技術の面から貢献するため、調査・研究・技術開発に全力で取り組んでおります。

これらの成果を分かりやすく伝えることも重要な使命として、種々の講演会やセミナー、シンポジウム等を行っており、そのひとつとして水産関係者をはじめ一般の皆様も対象にした成果発表会を毎年開催しております。

第6回の今回は、テーマを“海洋環境変動とさかな・ひと－海がかわる、海がわかる－”と題し、私たちが日頃取り組んでいる研究開発の中から、皆さまにも関心の高い地球温暖化も含んだ海洋環境の変動というスケールの大きな事象の中で、それに影響されるマイワシ、サンマなど重要な水産資源、赤潮有害プランクトンの勢力範囲の拡大、あるいは水産資源のゆりかごである藻場の磯焼け、水温上昇に対応した魚類養殖を対象とした研究開発の成果について紹介いたします。

私は水産資源の持続的な利用を前提とした水産業ほど、地球環境にやさしく、理に適った産業はないと思っております。昨今は排出ガスの増大による地球温暖化や燃油高など人為的な要因による問題が山積しておりますが、これに屈することなく、問題の解決に向けた研究や技術開発に取り組んでいく所存です。わたしたちの取り組みが、少しでも皆様のお役に立つことになれば幸いです。

今後ともみなさまとのコミュニケーションを大切に、水産に関する調査・研究・技術開発を積極的に行って参りますので、皆様のご理解と一層のご支援を下さいますようお願い申し上げます。

平成20年 9月30日
独立行政法人水産総合研究センター
理事長 中前 明

プログラム

1. 開 会	13:00
2. 理事長挨拶	
3. 成果発表	
1) 天気と大漁 — 気象変化が引き起こす海洋生態系の激変現象 — (東北区水産研究所 混合域海洋環境部 生物環境研究室 齊藤 宏明)	13:05
2) サンマはまだまだ謎がいっぱい — ここまでわかってきたサンマ資源とその生態 — (東北区水産研究所八戸支所 資源生態研究室 巢山 哲)	13:40
3) 豊かな藻場を取り戻そう！ — 磯焼け対策ガイドラインの紹介 — (水産工学研究所 水産土木工学部 環境分析研究室 桑原 久実)	14:15
休 憩	14:50
4) 赤潮プランクトンのルーツに迫る — DNAからわかる分布拡大メカニズム — (瀬戸内海区水産研究所 赤潮環境部 有害プランクトン研究室 長井 敏)	15:10
5) 温暖化に負けない魚類養殖をめざせ！ — 水温上昇に対応する飼育技術の開発 — (北海道区水産研究所 海区水産業研究部 資源培養研究室 安藤 忠)	15:45
4. まとめと展望	16:20
5. 閉 会	16:30

講演者プロフィール



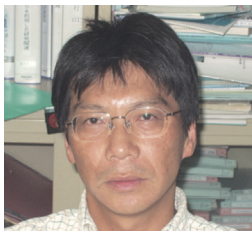
齊藤 宏明（さいとう ひろあき）

専門は生物海洋学、生物地球化学。プランクトンを中心とした生物が、海洋生態系や炭素、窒素、鉄等の循環過程に果たす役割に関する研究を行っています。週末に飲むお酒とそれに合わせた料理を想像することが活力の素です。



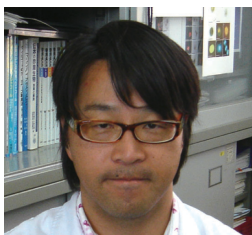
巢山 哲（すやま さとし）

サンマの年齢や成長を主に研究しています。この秋で八戸支所に来て丸10年、サンマとのつきあいは学生時代を含め15年になります。水産研究所に来てからはダイナミックな調査ができるようになり、生態の一端が明らかになりましたが、新たな謎も次から次へと出てきます。毎年水産高校の生徒さんと一緒に乗るサンマ漁期前調査を、楽しみにしています。



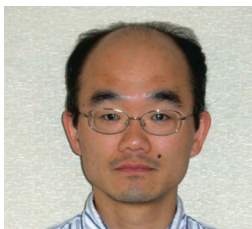
桑原 久実（くわはら ひさみ）

水産工学・海岸工学を通じて藻場や干潟の保全や造成の研究を行っています。最近では、漁業者自らが行う磯焼け対策について、技術サポートを行っています。一つでも多くの成功を目指します。



長井 敏（ながい さとし）

赤潮・貝毒プランクトンのグローバル化のルーツを探るべく、集団遺伝学的手法を用いた研究を進めています。近年ようやく、ルーツを紐解くためにキーとなる魔法？の道具を見出し、毎日、ワクワク仕事をしています。



安藤 忠（あんどう ただし）

マツカワなどを実験材料に使用し、魚類における栄養同化の内分泌的制御機構の解明を目標としています。魚類のインスリンというホルモンの研究マニア。最近の趣味は北海道のネイチャーフォトです。

天気と大漁

— 気象変化が引き起こす海洋生態系の激変現象 —

齊藤 宏明（東北区水産研究所 混合域海洋環境部 生物環境研究室）

1. はじめに

大漁・不漁は、漁の安全とともに水産業に携わる人々にとっての最大の関心事です。日本の長い漁労の歴史の中で、漁期や大漁・不漁に結び付く自然現象が注意深く観察され、様々な経験の中から格言が言い伝えられてきました。その多くは冬の雷が鳴るとハタハタが来遊する、大雪の年はウニが豊漁、といったような天気に関するものです。今回発表する“天気と大漁”という研究成果は、マイワシやマサバ等浮魚類の大漁・不漁が、気象の変化が原因で引き起こされているという内容です。ただ、生活の中から得られた従来の格言と異なるのは、その日とかその年の地先の天気が原因となるのではなく、日本からはるか数千キロも離れた海域の気象の

変化が、数十年周期の大漁・不漁の原因となるという、より大きなスケールでの天気と漁業の関係を明らかにしたことです。では、天気がどのようにして大漁不漁と関係するのかを見ていきましょう。

2. 大豊漁・不漁を繰り返すマイワシ

私たちの食卓でお馴染みのマイワシ、カタクチイワシ、マサバは、海の100mより浅い層に分布し、しばしば大量に漁獲されることから、“多獲性浮魚類”と呼ばれています。中でもマイワシは1980年代の後半には400万トン以上も漁獲された多獲性浮魚類の代表のような魚ですが、近年、漁獲量は数万トンにまで減っています（図1）。魚が獲れなくなる原因は様々ですが、近年特に

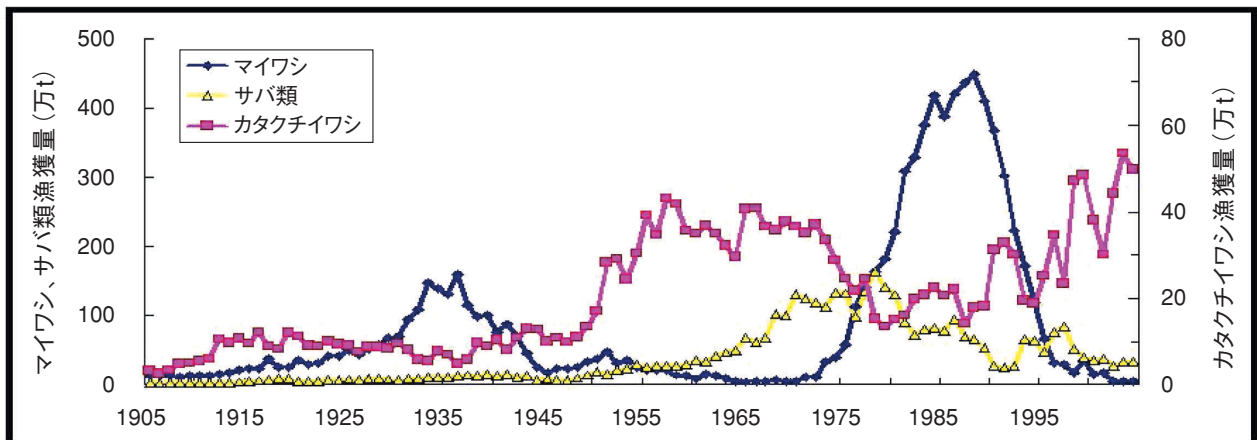


図1 マイワシ、カタクチイワシ、サバ類漁獲量の経年変動

問題となっているのは乱獲です。北大西洋のマダラや東シナ海のキグチなどは、獲り過ぎによって資源が激減してしまいました。それではマイワシも人間が400万トンも獲ってしまったから減ったのでしょうか？

マイワシは、江戸時代にも各地で盛んに漁獲され、食として利用されるばかりではなく、魚肥に加工されて綿花など様々な農業生産の向上に貢献していました。網元の記録によれば、マイワシが数十年周期で豊漁と不漁を繰り返してきたことが示されています。江戸時代の漁獲圧は現在に比べればごく小さいですから、獲り過ぎが原因ではないように思えます。実は、このような数十年周期の資源変動にはもっと長い記録があります。アメリカ西海岸には、マイワシに近縁なカルフォルニアマイワシが分布していますが、海底に蓄積した鱗の解析により、1000年以上の期間にわたって数十年周期で増減を繰り返していることが明らかになりました。このことから、マイワシが人間による漁獲以外の要因で増加と減少を繰り返していることが明らかです。では何が原因なのでしょう？

マイワシが増えたり減ったりすることを調べると、興味深い発見がありました。それは、マサバやカタクチイワシが、マイワシが増えると減り、マイワシが減ると増えるという関係です（図1）。カタクチイワシもマサバも、マイワシと同じ海域で産卵し成長するので、これらの魚の間に、何らかの競争関係があるのではないかと想像できます。もう1点は、日本のマイワシが増えたり減ったりすると同時に、カリフォルニアやチリ、それに南アフリカのマイワシ

も増減するということです。1980年代に、当時東北大の川崎健教授がこの関係を発表し、世界中の科学者がこのような魚種交替現象に注目することとなりました。魚種交替現象に注目したのは、魚の研究者だけではありません。気象学者や海洋物理学者が、大気や海洋全体の変化の結果として、このような魚種交替現象が、遠く離れた海域で同時に起こるのではないかと考えたのです。

3. 水温のわずかな変化と資源崩壊の関係

マイワシは1988年以降急激に資源が減少しました。この資源減少期に獲れたマイワシの年齢構成をみると、前の年に生まれた個体がほとんど見られずに次第に年齢が高い魚ばかりになっていきました。1993年までは、年間の産卵量は1000兆個以上ありましたから、生まれた卵が何らかの原因によって1歳にまで成長できなかったことになります。さらに詳しく調べると、常磐沖を東に流れる黒潮続流の南側海域の冬季の水温と、マイワシの仔魚から1歳までの死亡率に良い相関があることがわかりました。

しかしながら、この水温上昇は1℃にも満たないわずかなもので、水温が高すぎてマイワシ仔稚魚が死んでしまったというわけではありません。また、マイワシ仔稚魚の分布域全体の水温が変化したわけではなく、むしろ多くのマイワシ仔稚魚の分布の中心は、水温上昇が見られた海域よりも北側にありました。このことから黒潮続流南側の水温上昇が、マイワシ仔稚魚に影響する何か別の要因を引き起こしたと考えられます（図2）。

冬の季節風によって海の表面が冷やされると、冷たく重い水が沈み込むため、水が鉛直方向でよく混合します。このよく混合した層を、冬季混合層と呼びます。植物プランクトンの成長に必要な窒素やリン等の栄養塩は、海面近くでは使い果たされて枯渇していますが、深い層には多く残っているため、冬季混合層が深くなるほど海洋表層の栄養塩濃度が高くなり、植物プランクトンが増え、マイワシの餌となる動物プランクトンも増加します。マイワシ仔稚魚の死亡率は、この冬季混合層深度が黒潮続流域で浅いほど高いことが明らかになりました（図3）。

植物プランクトンは成長に光を必要とするため、春に太陽の光が強くなると増殖します。英語で春が来て花が一斉に咲くことをブルームといいますが、春になって植物プランクトンが一

斉に増殖することを春季ブルームと呼びます。生態系モデルを用いた研究により、黒潮続流域では例年4－5月に始まる春季ブルームが、冬季混合層深度の浅い年には2－3月頃に始まりしかもブルームの規模は小さいことがわかりました（図4）。その後、4－5月には栄養塩を使い果たして植物プランクトンが減少してしまいます。動物プランクトンは植物プランクトンを捕食して増加するため、混合層深度の浅い年にはやはり例年よりも早く増加し、4－5月には減少していたと考えられます。マイワシの仔稚魚は黒潮続流域に4－5月に来遊しますから、冬季混合層深度の浅い年には餌不足で死亡率が増加したと推定されました。海洋物理環境の変化によって、海洋生態系の季節変化が早まったことが、マイワシ資源崩壊の要因なのです。



図2 マイワシの回遊経路。本州南方で産卵し、仔稚魚は黒潮続流域に輸送されて生育する。十分な遊泳力がつくまでに成長すると、動物プランクトンの豊富な親潮域へ摂餌回遊する。

4. 太平洋中央部の風が日本沿岸を変える

では、黒潮続流域の水温を上昇させ、冬季混合層深度を浅くさせるような海洋環境の変化はどのようなことが原因で発生したのでしょうか？マイワシ資源の崩壊が始まった1988年には、水温上昇、混合層深度浅化だけではなく、黒潮続流蛇行の弱化、続流の速度増加、表面塩分の

上昇等様々な海洋物理環境の変化が見られました。日本付近の気象の変化だけでは、このような変化を説明できません。そこで視点をマイワシの分布する日本近海から北太平洋全体に転じて解析を行いました。その結果、1984年に北太平洋の中央部で生じた海面高度の正の偏差が、強化しながら西進し、1988年ごろに黒潮続流域に

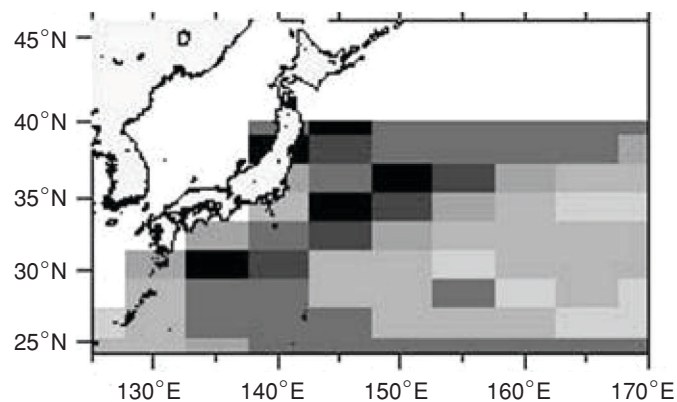


図3 本州東方海域の2-3月の混合層深度とマイワシ仔稚魚死亡率の相関関係。
色が濃い水域ほど、その相関が高い

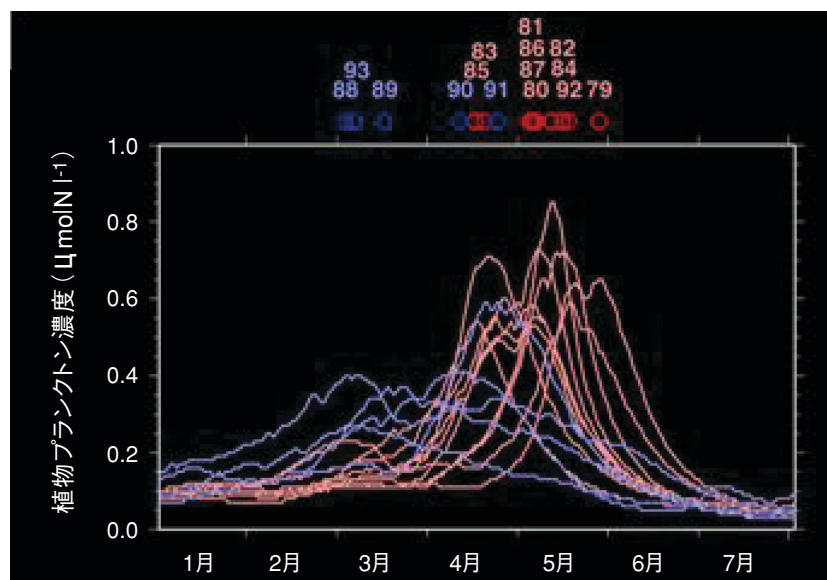


図4 生態系モデルで再現された、植物プランクトン濃度の季節変化。
青線は冬季の混合層深度が浅い時期、赤線は冬季の混合層深度が深い時期を示す。グラフ上部の数字と○印は、それぞれの年の（数字）植物プランクトン濃度のピークが見られた時期を示す。
冬季の混合層深度が浅かった80年代末から90年代初頭には植物プランクトンの増加が冬季に見られ、マイワシ仔稚魚が来遊する4-5月には減っている（青線）。

到達していることが明らかになりました（図5）。

1982－83年および1984－85年に大規模なエルニーニョが発生し日本でも冷夏や豪雪などの異常気象が見られました。また、1980年台半ばにはアリューシャン低気圧の強さと位置が変化するなどして、北太平洋の風系に大きな変化があり、北太平洋中央部日付変更線付近、北緯30－35度の海域の海面高度に正の偏差（すなわち平年値よりも強い水の流れ）を生じさせました。この海面高度偏差が4－5年かかって黒潮続流域に到達したため、1988年以降のマイワシ仔稚魚分布域の海洋物理環境が変化し、プランクトンの生産量と季節変動様式が変わり、マイワシ資源変動に繋がったと考えられます。つまりマ

イワシ資源崩壊の原因を作ったのは、実は北太平洋中央部の風の変化だったのです。

5. 大漁不漁の予測へ向けた研究へ

大量に漁獲される時期には、マイワシを獲るための漁船を増やしたり、マイワシを加工するための工場を建設するなど、マイワシ資源を利用するための様々な投資が必要です。しかし、マイワシが突然激減してしまうとその投資が無駄になります。魚種交替は、漁業や水産加工業経営における大きなリスク要因なのです。自然要因によって増減するマイワシ資源を人為的に安定化させることは不可能ですが、もし、魚種交替を予測することができるのであれば、どの

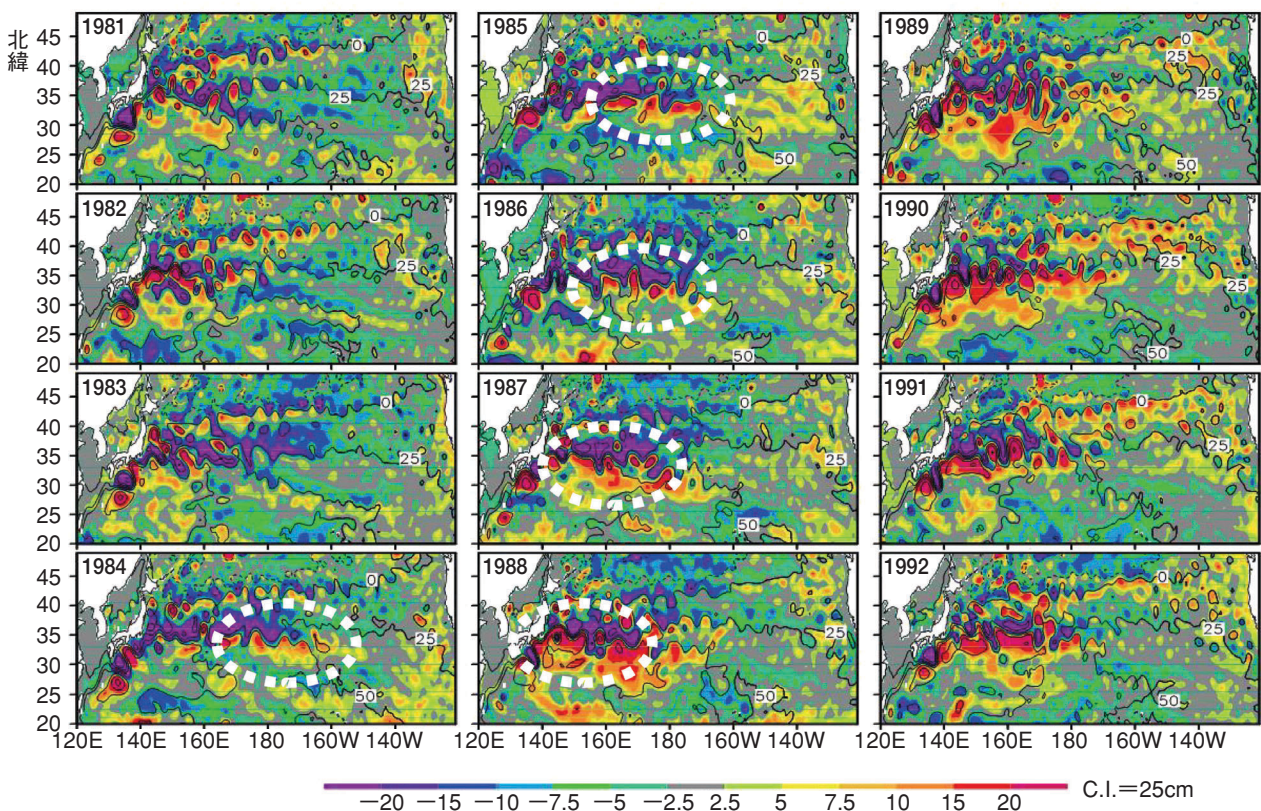


図5 北太平洋の海面高度偏差の経年変化。赤は正の海面高度偏差を示す、1984年に太平洋中央部で生じた偏差が（白い点線で囲まれた海域の赤い部分）、徐々に西進し、1988－89年ごろに黒潮続流域に達し、その後、正の偏差が維持されている。

タイミングで投資をすべきかの判断等、漁家経営にとって非常に有用です。

マイワシ資源変動を引き起こす海洋物理環境変化が、数年前の太平洋中央部の風の変化に起因するという本研究の成果は、魚種交替の数年先の予測と魚種交替への対処に道を開くものです。今後魚種交替予測技術の開発を進めるためには、太平洋中央部の変化が黒潮続流域に到達した後に、どのように海洋物理環境を変え、プランクトン生産を変えるのかをより詳細に明らかにする必要があります。そのためには、調査船、人工衛星や遠隔観測機器を活用した詳細な海洋観測データに加え、高精度の物理モデルによる解析が必要です。さらに、そのような物理環境、生態系変化に対し、実際にどのようにマイワシやカタクチイワシ、マサバが応答するのかを解明する必要があります。そのため、現在、水産総合研究センターを中心とした気象学、海

洋物理学、海洋生態学、魚類生理学、水産資源学、水産経済学の様々な分野の研究者が、魚種交替予測技術の開発を目的として昨年度始まったプロジェクト*で、マイワシの成長と回遊を再現するモデルを開発しています。このモデルでは、1 個体毎のマイワシが、放卵後、どのような経路で輸送され、成長しながら回遊するかの再現が可能です（図 6）。今後、高解像度物理モデルや現場観測、飼育実験などで得られる研究成果を、マイワシ成長回遊モデルに組み入れて高度化することにより、数年先の魚種交替の予測を可能とすることを目標としています。この予測技術開発が、我が国の貴重な食料資源である多獲性浮魚類の持続的な利用とともに、安定的な漁家経営に貢献できると考えています。

*農林水産技術会議プロジェクト研究「環境変動に伴う海洋生物大発生の予測・制御技術の開発」

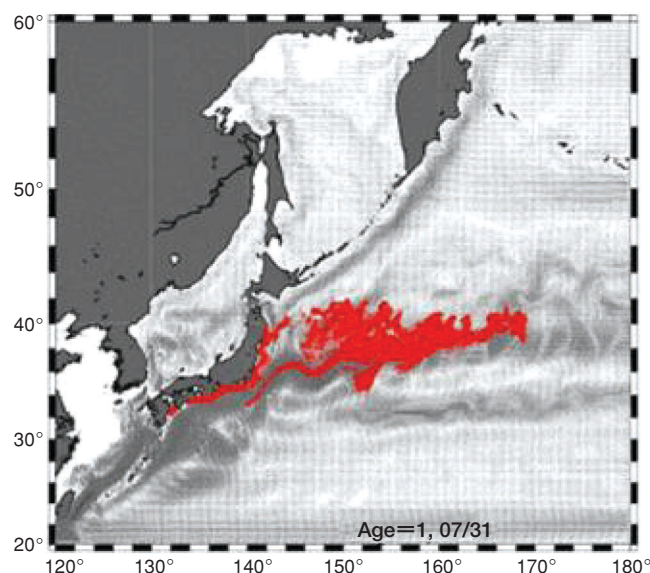


図 6 世界で初めて回遊経路の再現に成功した、マイワシの回遊成長数値モデル。
赤い点は放卵されてから 4 ヶ月後のマイワシ個体分布を示すシミュレーション結果。背景の灰色は流れを示す。

サンマはまだまだ謎がいっぱい

— ここまでわかってきたサンマ資源とその生態 —

巢山 哲（東北区水産研究所 八戸支所 資源生態研究室）

1. はじめに

サンマの仲間（サンマ科）は世界に4種類いますが、普段私たちが食べているサンマは北太平洋の日本沿岸から北アメリカの沿岸に分布しています（図1）。

日本の漁船は主に棒受網という漁具で、8月から12月に漁獲します。漁場は、はじめ千島列島の周辺から北海道道東沖にできますが、季節の進行とともに南下して、三陸沖、常磐・房総沖に移動します。サンマを漁獲している国は、日本のほか、ロシア、韓国、台湾などですが、世界の漁獲量のほぼ半分以上は日本の漁船が漁獲しています（図2）。

サンマは秋の味覚の代表で日本人にとっては大変なじみのある魚ですが、実はいつ、どこで生まれてどこで育って日本の近くに回遊してくるのかはよくわかっていません。

生まれた場所がわからない魚というと、ウナギのように卵や生まれたばかりの子供が見つからな

いというイメージを持つかもしれませんが、サンマの場合は正反対なのです。生まれたばかりのサンマの子供は一年中見つかり、発見される海域も日本の沿岸から太平洋のはるか東の沖まで広がっています。いつもどこかで生まれたばかりの子供がいるので、日本の近くで捕れるサンマがどこで生まれたかを特定することができないのです。また、漁期以外の時期にはサンマを採集できる機会が少ないため、サンマの一生を明らかにすることは難しかったのです。

そこで私たちは、北太平洋の広い範囲で調査船による調査を行い、サンマがどれくらい分布しているかを調べました。そして採集したサンマの大きさや年齢、体中の卵の状態を調べ、海でサンマがどれくらいの速さで成長し、何歳で卵を産むか、産んだ後にも生き残るのかなどの生活史を調べています。しかし、調査船による調査だけでサンマの一生を追いかけることはできません。その

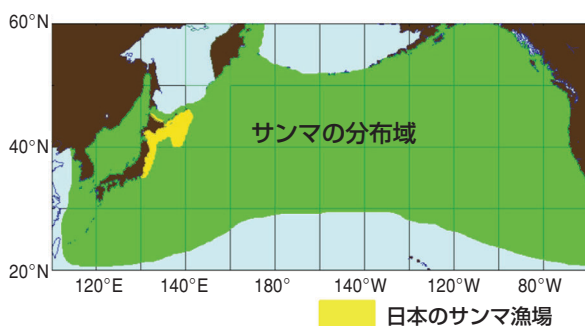


図1 サンマの分布と漁場図

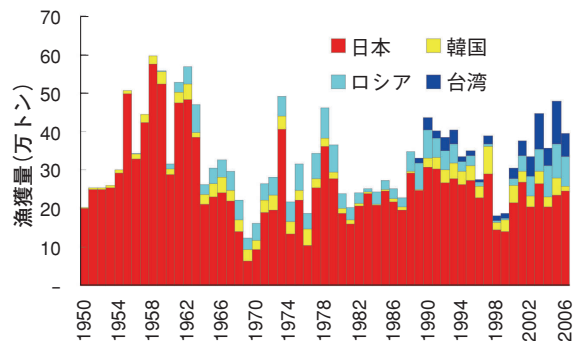


図2 世界のサンマの水揚げ量（FAO統計）

ため、サンマの卵を海で獲ってきて水槽で飼育し、産卵するまでの成長や、一生に産む卵の数を調べました。こうした研究により、これまで謎の多かったサンマの一生が少しずつ明らかになっています。

2. サンマはどこから来るのか？

漁期が始まる7月以前には、サンマはどこにいたのでしょうか？これまでは日本列島のすぐ東の沖を北上してゆき、秋になると日本列島沿岸を南下すると考えられていました。ところが、太平洋の西半分の広い海域で調査を行った結果、毎年6～7月には東経155度より東のはるか沖合にサンマは多く分布し、日本の周りには少ないことが分かりました（図3）。特に2007年には東経160度以西のサンマ分布量が非常に少なかったにもかかわらず、漁期が始まると例年通り順調に漁獲されました。

これらの結果は、秋に日本の沿岸の漁場に来遊するサンマは、6～7月に日本のはるか沖合を北上したサンマが主体になっていることを示していると考えられます。調査海域全体では430～800万トンのサンマがいると推定されたため、このうちの5.6～11.1%が外国船を含めた漁船に漁獲されていることになります。

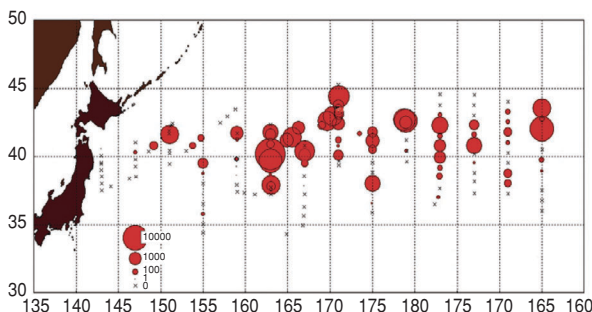


図3 2007年6～7月に行ったサンマ資源調査の調査海域と採集されたサンマの採集数

3. サンマの年齢

私たちが普段店で買うサンマは体長が30cm前後です。では、これくらいの大きさになるまでには、どれくらい時間がかかるのでしょうか？

魚の場合、雌雄によって大きさが異なるような例を除けば、年齢が同じなら大きさ（体長）はだいたい同じです。そのため、産卵期が短くて移動しない魚種であれば、大きさの変化を定期的に見ていくことで、だいたいの成長の速さを知ることができます。ところがサンマでは産卵期が長いように広い範囲を泳ぎ回るためにいつもいろいろなサイズのサンマが獲れ、ある時期に生まれたサンマの一生を追跡することは非常に難しかったのです。そのためサンマの年齢は長い間ははっきりせず、30cmくらいになるまで4、5年と言われたり、1年と言われたりしました。

魚の年齢を調べるためには、魚の頭にある耳石（じせき）や、鱗に刻まれた年輪を使うことが多いのですが、サンマでもこの耳石が重要な手がかりになりました（図4）。耳石は成長とともに周りにカルシウムが沈着し、大きくなっていきます。

6～7月の調査で採集されたサンマの体長を調べると、毎年27cmくらいのサンマは少なく、それより大きい魚と小さい魚が多くなっています。この27cmを境にこれより大きい魚は耳石に年輪状の透明な輪（透明帯）を1本持つものが多く、それ以下の魚には透明帯が見られませんでした。

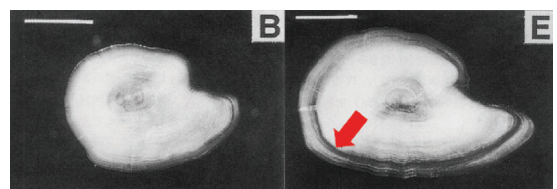


図4 サンマの耳石。右が1歳魚で年輪（透明帯）が見える（矢印）。

そこで、透明帯を持たない小さなサンマを毎月採集し、耳石の縁にいつごろ透明帯ができるかを調べてみました。普通の顕微鏡で観察すると、10月には半分以上の魚に透明帯が出来かけているのを確認できました。また、冬を越して2月頃になると、透明帯が完全に出来ていることが確認できたことから、透明帯を持つ個体は1回冬を越した個体であることがわかりました。

産卵期が決まっている魚では、これで年齢の問題が解決するのですが、サンマの場合は産卵期が長いために、冬を越していない魚といっても何月に生まれたのかは特定できません。また、非常に小さいうちに最初の冬を迎えた場合、透明帯ができないこともあります。そこで、耳石をもっと拡大して観察すると、年輪よりさらに細かい輪が無数に観察されます（図5）。これは日周輪（にしゅうりん）といわれ、1日1本できる輪です。この本数をすべて数えることによって、生まれてからの日数（日齢）を知ることができました。調査で採集された耳石に透明帯のない27cm以下のサンマの日齢を調べると生まれてからおおむね300日以下で、冬を挟んで9月から3月ころまで

に生まれたものが多いことがわかりました。また、8月以降に採集されたサンマの耳石を観察したところ、この日周輪は透明帯ができる秋になると読むことができなくなり、日齢を正確に知ることができないのは生まれてから半年から1年弱くらいまでであることもわかりました。普段、私たちの食卓に上るサンマは体長30cm程度です。以上の研究の結果、これらのサンマの年齢は、1歳数ヶ月から2歳未満の間であるという結論に達しました。

日周輪の間隔は成長がよいときに広く、悪いときには狭くなります。この狭くなったり広がったりするパターンを見ていくと、生まれた月によって特徴があることがわかりました。この特徴を利用して、これまで生まれた月がわからなかった透明帯のあるサンマについても、ふ化した時期を明らかにする研究が進んでいます。

4. サンマは何歳で卵を産むか？

水産資源を管理する上で、いつ、どこで、どれくらい卵を産むかということは、非常に重要な課題です。ところがサンマでは、年齢や日齢を調べ

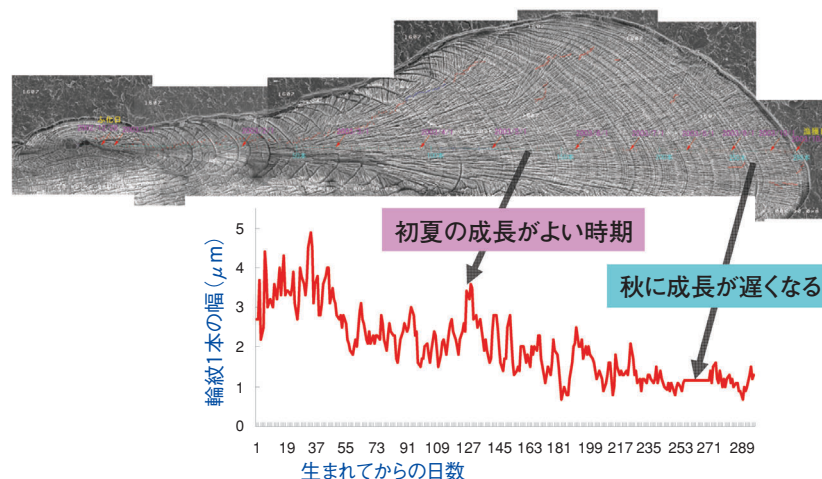


図5 電子顕微鏡で観察したサンマの耳石日周輪とその幅の変化

ることが難しく産卵期が長いので、一生の間に何回卵を産むのかを調べるのは非常に難しかったのです。そこで、三重県沖の熊野灘でサンマの卵を採集してもらい、北海道厚岸町にある厚岸栽培技術開発センターに運んで親まで育て、産卵の様子を確認しました（図6）。

水温を20℃で一定にして育てると、はやいものではふ化後8ヶ月目くらいで体長25cmくらいに育ち、産卵を始めました。この時の実験では大きくなったサンマから順に産卵を始めたため産卵を開始した時期が魚によってバラバラで、1匹のサンマがどれくらい産卵を続けるかは、はっきりわかりませんでした。そこで、次の実験では途中で水温を10℃前後に下げて産卵を抑制し、25cm以上に育ってから水温を上げました。水温を上げ始めてから1ヶ月ほどで一斉に産卵を始め、その後4ヶ月間にわたって数日おきに生み続け、雌1匹あたりの合計産卵数は5万個あまりになりました。このように卵を産むことのできる最小のサイズや、一産卵期に産む卵の数、そして水温によって産卵をコントロールできることなどがわかってきました。

また、卵を産んだ後の卵巣には、卵に栄養を供給していた細胞や血管が残るのですが、特殊な染色をすると産卵後3ヶ月くらいまでこれらの痕跡を確認できることもわかりました。現在これらの特

徴を調べることによって、野外の調査で採集されたサンマが産卵を行った経験があるのかを調べるができるかを検討しています。年齢と産卵経験の有無を照合することにより、近いうちに海でサンマが初めて産卵するときの年齢が明らかにできるでしょう。

その一方で、野外においては、飼育実験と異なった結果も観察されています。例えば、26cmよりはるかに小さいサンマが水温13℃位の海域で産卵していたかと思うと、水温17℃以上の海域で採集されたサンマが全く産卵していなかったりします。おそらく野外では餌条件など複雑な条件が、サンマの産卵に影響していると考えられます。そのため、飼育条件を変化させて、どのような条件で産卵が起こるかをさらに詳しく調べる必要があります。

5. おわりに

関係者の協力を得てサンマの資源・生態の調査を行った結果、サンマの生活史の一端が明らかになってきました。そして、その資源量も現在の漁業の状況では心配ないほど豊富であることがわかりました。一方で、最近その豊富な資源を有効に活用するため、国内外でサンマの資源をさらに開発しようとする動きがあります。しかし、1匹のサンマが産む卵の数は他の魚種に比べて決して多くはありません。これまでは漁業の影響が資源量に比べて少なかったために、サンマ資源は安定していただけとも考えられます。

従ってサンマの生活史をもっと詳しく調べることは、今後サンマの漁獲量が増えた場合にも適正な管理を行って資源を有効に持続して利用することにつながると考え、研究を続けています。

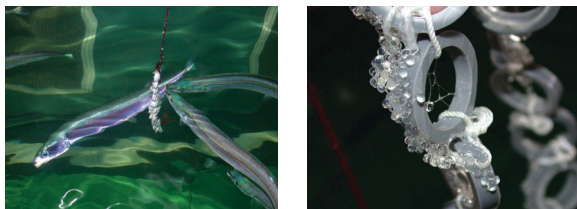


図6 （左）飼育下におけるサンマの産卵。中央に見えるのは人工採卵器。（右）人工採卵器に産み付けられた卵。

豊かな藻場を取り戻そう！

— 磯焼け対策ガイドラインの紹介 —

桑原 久実（水産工学研究所 水産土木工学部 環境分析研究室）

1. 藻場の役割

藻場は、沿岸の浅海域において海藻または海藻が繁茂している場所、あるいはそれらの群落や群落内の動物を含めた群集のことをいいます。藻場は、（図1）に示したように、構成する種類

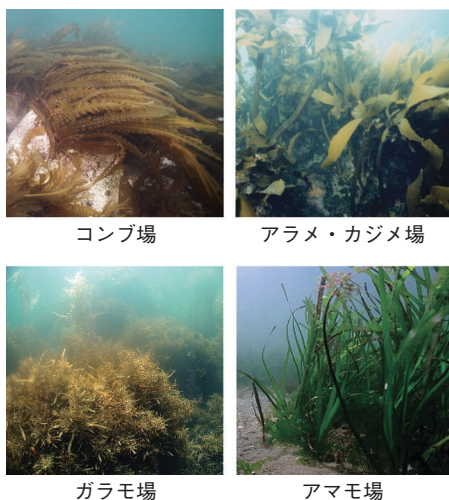


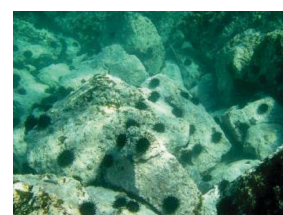
図1 我が国における藻場のいろいろ

により、コンブ場、アラメ・カジメ場、ガラモ場、アマモ場などに区分され、海域や水深によって構成種が異なり、単一ではなく複数の種で構成される場合もあります。藻場は、沿岸の一次生産の場であるとともに、栄養塩吸収などの環境保全の場として重要な機能を持っています。また、水産上有用な魚介類やその他の多様な生物の生息場であり、我々人間にとっても快適な景観や環境学習を提供する場として利用されて

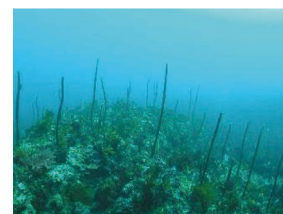
います。しかし、近年、藻場が大規模に消失する「磯焼け」が発生し、数千haの藻場が消失したといわれています。

2. 磯焼けの現状

磯焼けの要因は、いろいろ考えられますが、最近行われた都道府県を対象に実施したアンケート調査によると、磯焼けは、ほぼ全国的にみられ、その約60%がウニや魚などの食害によることが報告されています。温暖化による水温上昇や沿岸域の開発によって、このような植食性動物が増加したという意見があり、このメカニズムの解明は今後の課題となっています。磯焼けとなった海中の景観を（図2）に示します。上



ウニによる食害



魚による食害

図2 磯焼けになった海中景観の例

図（ウニによる食害）は、ウニが高密度に分布し、これらのウニが海藻の芽を食べてしまうことによって藻場が形成できない状況を示しています。数多くのウニが分布していますが、これらのウニは慢性的な餌料不足にあり、可食部（生殖巣）は少なく売り物になりません。下図（魚による食害）は、魚によりカジメの葉状部が食べられ茎だけになった状況を示しています。茎の先端部にある成長帯まで食べられると、カジメはやがて枯れてしまいます。魚の食害は、最近になって各地で報告されるようになってきました。このような魚は一般に漁獲対象種ではないため、その生態についてはほとんど知られていません。そのため、現在、活発に研究を進めています。海藻を食べる植食性動物について代表的なものを（図3）に示しました。北日本の磯焼けは、キタムラサキウニやエゾバフンウニなどウニの食害が中心です。南日本では、ガンガゼなどのウニとアイゴ、ブダイ、イスズミなど植食性魚類との両者による食害が見られま

す。この他に、巻き貝やアメフラシの食害も報告されています。

3. 磯焼け対策ガイドラインの紹介

磯焼けは、海藻の生産と植食性動物の摂食のバランスが崩れ、後者が前者を上回っている状況と言えます。このため、磯焼け対策は、この釣り合いを回復することが目的となります（図4）。

水産総合研究センターでは、水産庁の委託事業を行い、これまで全国各地で行われてきた磯焼け対策に関する様々な研究や取り組み、地方公共団体等が行う実証試験についてレビューしました。特に、全国から要望が多かった「ウニや魚の食害」対策を中心に、年数回の検討委員会や全国会議と地方検討会による議論をまとめ、「磯焼け対策ガイドライン」として平成19年2月に発行しました。以下に、ガイドラインの内容を紹介します。

- 1) 磯焼け対策に順応的管理（計画における予測の不確実性を認め、計画を継続的な

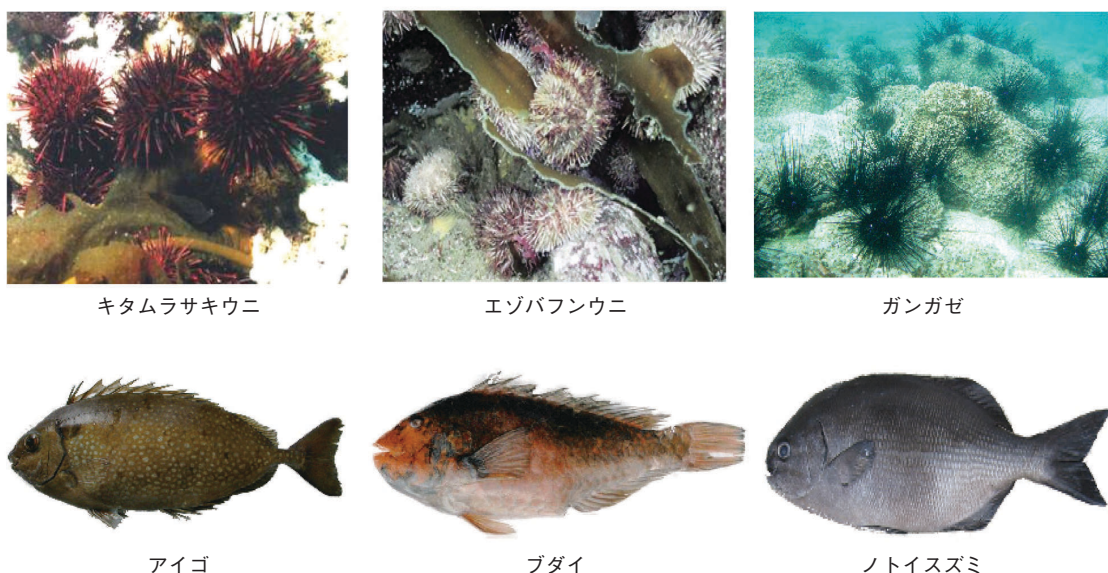


図3 代表的な植食性動物

モニタリング評価と検証によって随時修正しながら管理する手法)を導入し、複雑に要因が絡み解決困難な現象にも、知見の蓄積によって着実に適切な磯焼け対策に向かえるようにした。(図5)

2) 磯焼け対策フローを導入し、「A. 磯焼けの感知」～「H. 目標達成の判定とフィードバック」の8つのプロセスを順に検討することによって、対策が試行錯誤的にならないようにした。(図6)

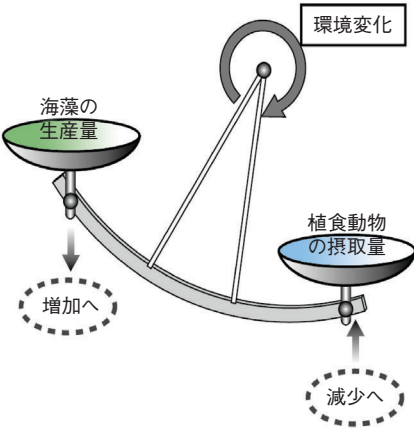


図4 我が国の磯焼け海域の状況

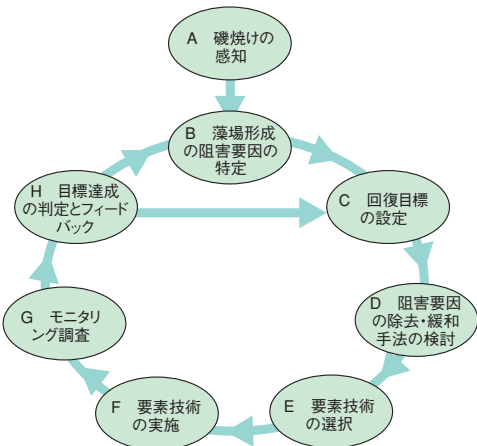


図5 磯焼け対策における順応的管理の導入

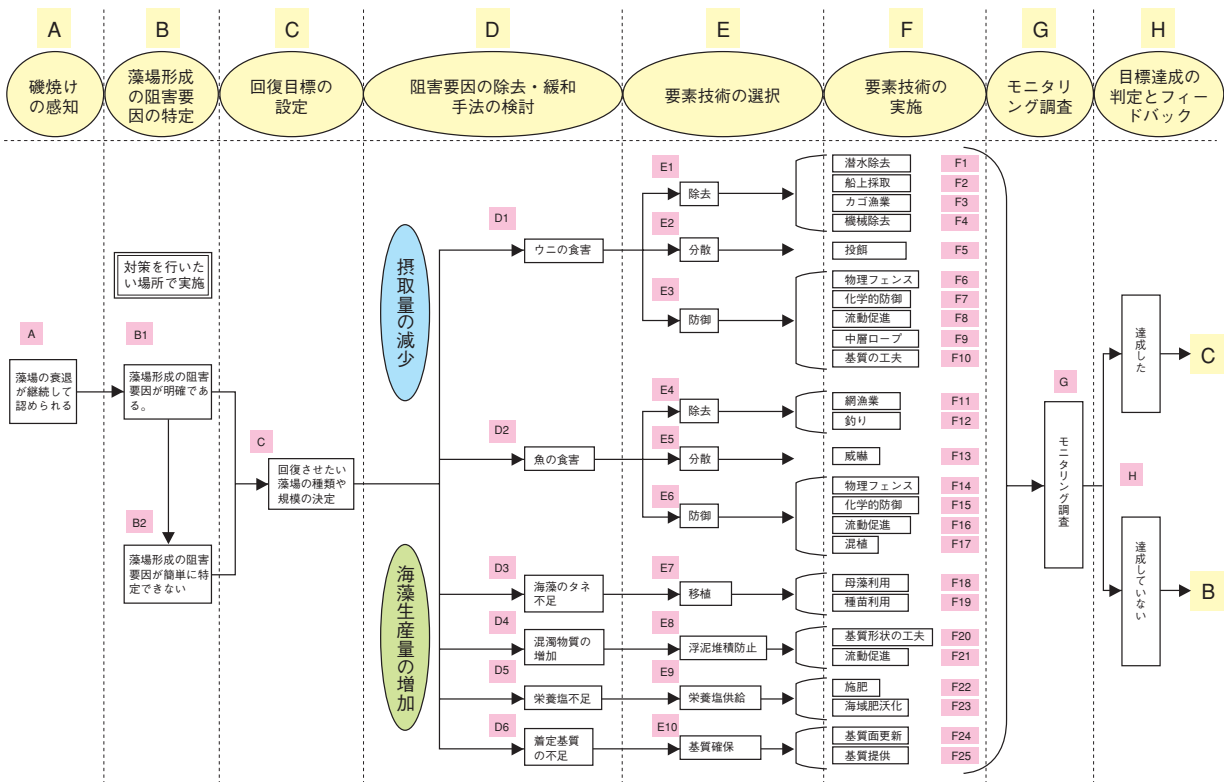


図6 磯焼け対策のフロー

- 3) 漁業者が中心となり、行政担当者、研究者、地域住民、ボランティアなどと協力し、持続的な磯焼け対策が行えるような実施体制を示した。(図7)
- 4) 磯焼けの感知、藻場形成の阻害要因の特定など、今まで困難であった事項について、具体的な検証方法を示した。
- 5) これまでの資料から、散在していた要素技術を分析し、系統樹として整理した。各要素技術の長所・短所を示すと共に、適用範囲や問題点を明らかにすることによって、要素技術の適切な実施に関する情報を提供した。
- 6) ウニや植食性魚類を除去する際のインセンティブを高めるために、これら植食性動物の有効利用について全国的な調査を実施し情報を提供した。
- 7) 磯焼け対策に、環境に対して高い意識をもつ一般市民(学生を含む)の参入を試み、問題点の抽出を行った

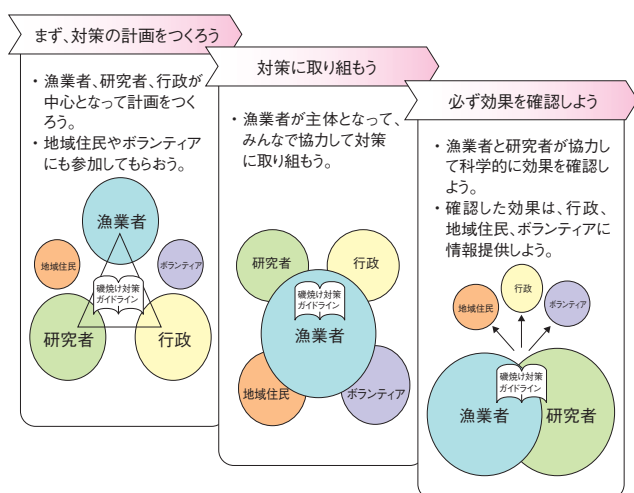


図7 磯焼け対策の実施体制

4. 磯焼け対策ガイドラインの普及と実践

水産庁により、このガイドラインの普及と実践が現在行われています。普及については、漁業者を対象にガイドラインの説明会を行っており、19年度は全国20カ所で実施し、平成20年度も引き続き実施しています。実践については、磯焼け対策を積極的に行う漁業者(漁協)に対してサポートを行っています。このサポートによって漁業者自身の力で持続的に磯焼け対策を実施できる段階まで意識や技術を高めることを目指しています。現在、全国15カ所で実施しており、その一例を(図8)に示しました。これらの取り組みは、漁業者の工夫が随所に見られ、地域色豊かなものとなっています。その中には、海藻の芽が見えたなどの報告が寄せられつつあります。一連の成功事例がまとめられ、積極的に報告していきたいと考えています。

水産庁委託「緊急磯焼け対策モデル事業」及び「岩礁域における大規模磯焼け対策促進事業」

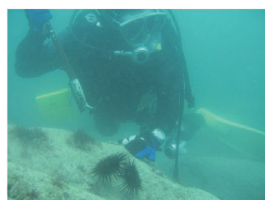
図8



漁業者が、冬期にウニ除去を実施するためのドライスーツ潜水講習。



海藻を魚の食害からまもる施設を製作する漁業者。



漁業者と水産高校生の連携によるウニ除去。水産高校は潜水実習として実施。



ウニ除去、フェンスの設置、その後のモニタリング。漁業者中心で実施。

赤潮プランクトンのルーツに迫る

— DNAからわかる分布拡大メカニズム —

長井 敏（瀬戸内海区水産研究所 赤潮環境部 有毒プランクトン研究室）

1. はじめに

近年になり、世界各地の沿岸で海産ほ乳類の大量斃死や食用貝類の毒化現象を引き起こす新奇の有害・有毒プランクトンが台頭し、その地球規模の分布の拡大（以下、グローバル化）が新たな環境問題となっています。

このグローバル化の要因については、船舶の浮沈を調節するバラスト水や水産種苗の移植等を介した海外からの移入、さらに地球温暖化などによる沿岸域の環境変化の影響などが推測されています。バラスト水対策や水産種苗の運搬に対する規制が求められていますが、その間も有害・有毒プランクトンのグローバル化は続いており、それらの伝搬ルート解明や蔓延阻止については必ずしも実効性を伴っていないのが現状です。

伝搬ルートの解明には有害・有毒プランクトンの個体群を識別する技術、移入・侵入種を判別する技術が必要ですが、これまで植物プランクトンの種内で個体レベルの識別ができる遺伝子解析技術は開発されていませんでした。

2. コクロディニウムの発生と分布拡大

本研究の対象種である有害赤潮藻コクロディニウムは、近年その分布域を拡大させ、主に熱帯から温帯域を中心とした世界の沿岸域に広く分布するようになってきました。本種は、無性的二分

裂で栄養繁殖（図1左）し、環境不適期にはヒアリンシスト（図1右）と呼ばれる耐久性のある種（たね）を形成して過ごすと考えられています。

日本でのコクロディニウムによる最初の被害は、1979年に長崎県橘湾や熊本県八代海でブリやタイの斃死として発生し、それ以降、2000年代前半までの間に、8億円程度の漁業被害が生じています。

1970年代は、橘湾や八代海でのみ発生が見られたのに対して、それ以降は分布が拡大し、2000年代に入ると、浜名湖、日本海沿岸域（山陰沿岸）で赤潮が発生し（図2）、クロアワビ・サザエ・バフンウニなど、磯根資源として重要な魚介類を大量に死滅させ、日本海でも初めて有害赤潮による被害が生じました。特に、クロアワビ、サザエなどは、商品サイズにまで成長するのに、数年を要するといわれていますので、商品サイズが大量に死滅すると、大きな損害を被ることになります。山陰沿岸は、瀬戸内海より貧栄養で透明度も高く、これまで有害赤潮の発生とは無縁の海域といわれ

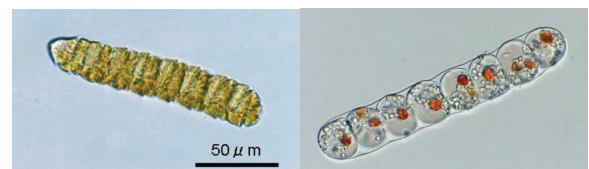


図1 有害赤潮藻コクロディニウム ポリクリコイデスの顕微鏡写真 左、栄養細胞；右、ヒアリンシスト（耐久性細胞）

ていました。

また、韓国沿岸域では、1992年から漁業被害が報告されていて、これまで200億円もの被害を被っており、深刻な社会問題となっています。

3. なぜ、貧栄養の山陰沿岸で赤潮が発生？

鳥取県の水産試験場の担当者によると、現場調査において、クロロディニウムが韓国沿岸で大量発生した数日～数十日後に山陰沿岸域でも本種の赤潮が観測されています。また、平成15年および17年に韓国沿岸で本種の大規模な赤潮が発生した時に、人工衛星画像により、クロロフィルaの高濃度帯が、韓国沿岸から東進し山口県萩市周辺沿岸へ漂着し、その後、さらに山陰沿岸に沿って東方へ流れていくのが確認されています。

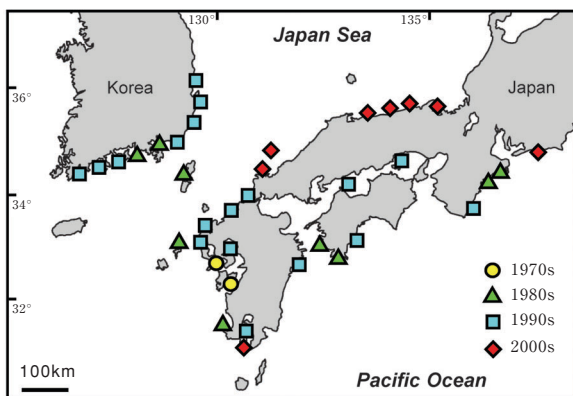


図2 コクロディニウムのグローバル化の様子

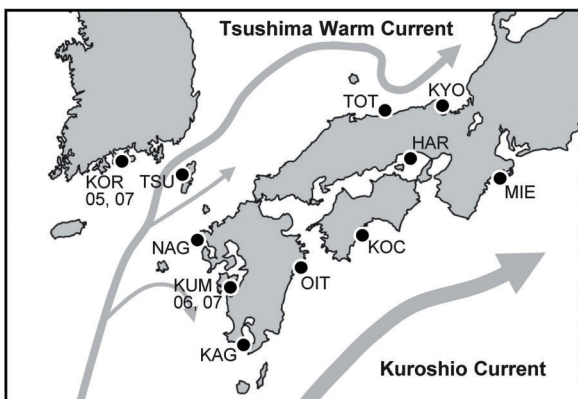


図3、表1 コクロディニウムの採集地点（図中の文字は地点名の略称）

これらのことから、韓国沿岸を起源として植物プランクトンの分布が拡大し、それに伴いクロロディニウムが山陰沿岸まで広がってきたことが推測されます。

4. 赤潮プランクトンのルーツを探るためのツール開発

赤潮プランクトンのルーツを探るには、その遺伝情報（DNA）を解析することが有効です。DNAは、「A」、「T」、「C」、「G」で表される塩基と呼ばれる4種類の物質が膨大な数でつながったものです。この中でもマイクロサテライト（以下、MS）と呼ばれる部分は、例えば「CA」や「CAGA」など単純な2～7個の塩基配列が繰り返し現れる特徴的な構造をしており、さらに、MSの構造は個体ごとに異なります。

このMSの性質を利用して、山陰沿岸に発生するクロロディニウムのルーツを調べられないかと考えました。このためにクロロディニウムのDNA解析を行い、個体群・個体判別が可能なMSの特徴的構造を検索し、MSマーカーと呼ばれる目印を15個見出すことに成功しました。

表1 コクロディニウムの採集地点と確立した株数

採集海域	略称	採集年	分析株数
大分県猪串湾	OIT	2005	22
長崎県九十九島	NAG	2005	45
兵庫県播磨灘	HAR	2005	33
韓国Yeosu	KOR05	2005	48
長崎県対馬	TSU	2005	47
鳥取県長生	TOT	2005	25
三重県五所湾	MIE	2005	36
熊本県八代海	KUM06	2006	48
京都府栗山湾	KYO	2005	44
鹿児島県山川湾	KAG	2005	16
高知県野見湾	KOC	2005	32
熊本県八代海	KUM07	2007	18
韓国Yeosu	KOR07	2007	7

平成17年から19年にかけて、日本および韓国沿岸の11地点（図3、表1）から本種を含む海水をサンプリングし、サンプル毎に7から48株の合計421株を培養株として確立しました。日本海に出現した個体群のルーツを明らかにするため、上記の見出したMSマーカーを用いて、集団遺伝学解析を実施しました。播磨灘と韓国沿岸から分離した株を解析すると、同じ種でありながらバンドパターンが大きく異なり、両者が明らかに異なる遺伝的背景を持つ個体群であることが判明しました。

5. 集団遺伝構造から見てきた分布拡大メカニズム

MSマーカーを使って個体群間の遺伝的距離を調べると、日本海に分布する個体群（赤色の枠）は遺伝距離が小さく、極めて近縁であることを示しています。（図4）の紺色の枠は八代海の個体群を示しますが、これからサンプリング年が異なっても遺伝子構造は安定で変化せず、八代海固有の個体群が存在することが判明しました。残りの個体群は、図の黄色の枠でまとまりましたが、遺伝距離が日本海や八代海の個体群より大きいことがわかります。

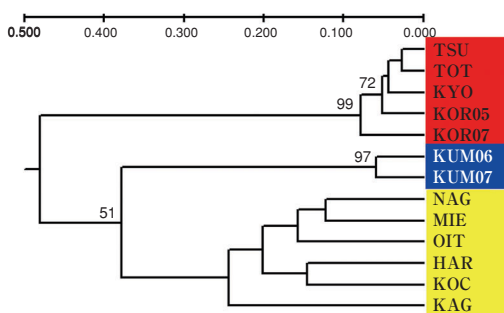


図4 UPGMAデンドログラムによるコクロディニウム個体群の遺伝的類縁性の推定

地理的な情報を入力せずに、全421株がいったい何個のクラスター（集団）に区分されるかについて調べてみると、大きく3つの集団に分けることができました（図5）。一つ目は、日本海の個体群（図5の赤色部分）、2つ目は八代海の個体群（図5の青色部分）、3つ目は瀬戸内海および太平洋側の個体群（図5の黄色部分）です。長崎県や三重県のほとんどの個体は第3のクラスターで占められ、この2つの個体群が起源である可能性の高いことが示唆されました。

有性生殖をする植物プランクトン種は、細胞同士の接合の後、遺伝子組み換えが起こるため、それぞれ片方の親の遺伝子型を持つ個体が生じるので、親と子供では異なる遺伝子型の個体ができます。例えば、父親、母親の遺伝子型をそれぞれ「ABC」、「CEG」というように3個のアルファベットで表現すると、その子供は、第1番目の遺伝子型がAかC、2番目がBかE、3番目がCかGのいずれかをとり、「AEG」、「CBC」などの遺伝子型を示します。ところが、これまでコクロディニウムの有性生殖に関する報告はなく、基本的に無性生殖による2分裂で増殖する種であり、有性

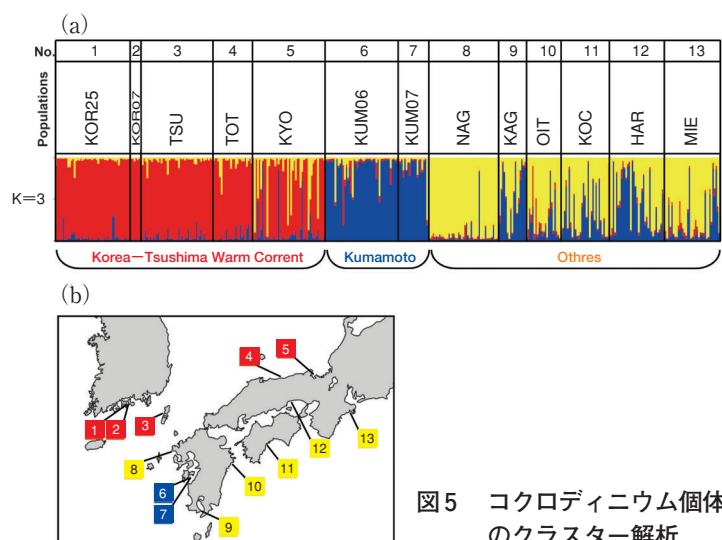


図5 コクロディニウム個体のクラスター解析

生殖をする種に見られるような親子間での遺伝子組み換えはほとんど生じていないと考えられます。このため2分裂だけを繰り返し、遺伝子型は急には変化しません。本種のこの性質を利用して、同じ遺伝子型を持つ個体を調べてみました。解析に用いた10個のMSマーカーのうち、7個以上の同じ遺伝子型を享有する個体の割合を%で示しています（図6）。

日本海の個体群間では、同じ遺伝子型を持つ個体の割合が著しく高く、他方瀬戸内海や太平洋沿岸の個体群と同じ遺伝子型を持つ個体が全く検出されませんでした。以上の結果から判断して、近年、本種が山陰沿岸域で発生した赤潮は、韓国沿岸で大発生したコクロディニウム赤潮の一部が、対馬暖流によって輸送され、山陰沿岸へ漂着したことによることが明らかとなりました。

一方、瀬戸内海や太平洋沿岸の個体群では、特に長崎と三重県や播磨灘の間で共通した遺伝子型を持つ個体の割合が多いことは、これらの海域が拠点となり、他海域へ個体群が移動・混合していることを示唆しています。3定点の距離から考え

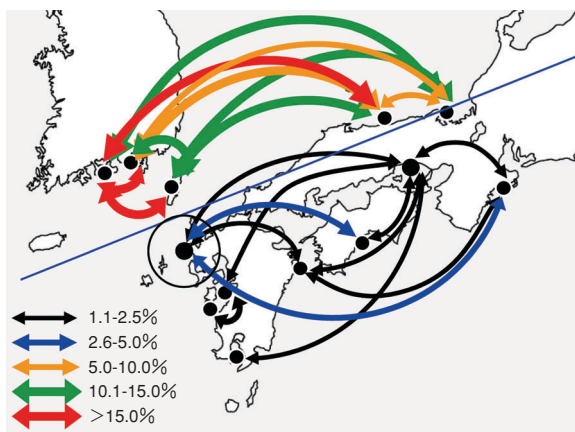


図6 同じ遺伝子型を持つ個体の追跡結果（今回の解析に用いた10個のMSマーカーのうち、7個以上の同じ遺伝子型を共有する個体の割合）

て、潮流による混合よりむしろ、人為的な要因による個体群の混合が推測されました。長崎と三重県は真珠養殖の日本有数の産地であり、特に長崎県は、移植用に種苗を育成する一大産地として知られています。毎年、春から夏にかけて稚貝や母貝を他の海域に大量に移植してきた経緯があり、従って、コクロディニウムがこれらの種苗の移送に伴い、他の海域に運搬され、運搬先の海域で新たな個体群として定着した可能性が十分考えられます。

本種は、10℃以下の低水温では生存できないため、これまで、日本の沿岸各地で越冬しているのか、外洋で越冬しているのか不明でした。しかし、同一海域から、異なる年に採集した個体群の遺伝子型の組成がほとんど変わらず、海域固有の組成を示したことから、独自の海域で越冬していることが判明したことも、本研究の大きな成果です。

6. おわりに

コクロディニウムの場合、分解能が高いMSマーカーを用いた集団遺伝学解析により、対馬暖流による赤潮の大規模な輸送過程や、人為的な要因によると思われる個体群の混合について、ある程度、追跡することが可能になりました。現在、人為的な要因、とりわけ水産種苗の移植に伴う、有害・有毒プランクトンの輸送過程について、実際に業者間で売買され、海域間移送中の種苗から、直接、プランクトンを検出する研究も行っており、かなりの量の生きたプランクトンが輸送されていることがわかってきました。

今後は、中国・東南アジアの個体群の解析も行い、日本海や瀬戸内海・太平洋沿岸に分布する個体群のルーツを明らかにしたいと考えています。

温暖化に負けない魚類養殖をめざせ！

— 水温上昇に対応する飼育技術の開発 —

安藤 忠（北海道区水産研究所 海区水産業研究部 資源培養研究室）

1. はじめに

海洋の環境変化、特に地球温暖化による水温の上昇は、水産業、ひいては皆さんの食卓に上る水産食品にも様々な影響を及ぼす可能性があります。中でも特定の海域で営まれ、簡単に漁場を移動できない養殖漁業への影響が大きくなると予想されます。そこで、水温の上昇に対する魚類の適応能力を調べ、魚類養殖における高温化の対策技術について最近得られた知見をご紹介します。

2. 養殖魚は安心・安全な水産食品

養殖魚というと、「何だ、天然じゃないのか」がっかりされる方がいらっしゃいます。これは実に残念なことです。日本には100年にもおよぶ海産魚類養殖の歴史があり、現在では、安定した品質の魚を安定的に供給するだけでなく、消費者の好みに合わせたおいしい魚をつくる研究も進んでいます。また、養殖用飼料（えさ）の添加物や養殖魚に使用可能な薬剤は国により厳しく制限されていますので、きちんと飼育管理された養殖魚は、食味や消費者の嗜好、安全性に優れた水産食品と言えるのです。私たちは、この重要な養殖漁業を地球温暖化という脅威に

負けない技術でサポートしたいと考えています。

3. マダイは脂肪を燃焼させて暑さに耐える

マダイ（図1）は、日本ではお祝いの席には欠かせない魚であり、「腐っても鯛」と言われるほど日本人に珍重されてきました。主に瀬戸内海、九州、三重県などの温暖な海域で養殖され、日本のマダイ漁業生産9万トンのおよそ80%が養殖でまかなわれています。比較的高水温を好むマダイではありますが、養殖海域の水温が上昇すると飼われているマダイの運動活性が高まり、仲間どうしでケンカするものが増えると言われています。ケンカで傷ついたマダイは商品価値が下がるばかりか、この傷が元となって病気が発生する危険性も高まります。さらに水温が上昇すると成長が悪化したり、死んでしまう



図1 マダイ（稚魚）

可能性もあるため、あらかじめ高水温で飼育試験を行い、予想される影響と対応策を検討しておくことが重要になります。

マダイの成長に最適な水温を調べるため、異なる水温条件での飽食給餌（おなかいっぱいになるまで餌を与える）飼育試験を行いました。その結果、従来知られている養殖最適水温の25℃前後ではなく、29℃付近がもっともよく餌を食べ、成長も優れていることがわかりました（図2）。この結果だけをみるとマダイ養殖は水温があと5℃上がっても大丈夫と考えたくなりますが、この水温を1.5℃上回った30.5℃では逆に成長が悪くなりました。この結果は、マダイにとって29℃は最大の成長が得られると同時に、一歩間違えると生産性が急落するきわどい水温であることを示しています。さらに、給餌量に対する成長量の比率を見ると、成長の効率が最もよいのは24℃付近であることがわかりました。つまり、24℃を超える水温条件では、高成長を得るためにより多くの餌が必要となり、これ以

上の海水温の上昇は生産効率の低下を招くと考えられます。西日本のある海域では以前よりも海水温が上昇したおかげで養殖マダイの成長が速くなっているようですが、さらに高温化が進む可能性があることを考えると、それほど喜んでいられない状況かもしれません。

次に、水温が上昇してしまった場合の対処方法を検討するために、高水温下でマダイの体内成分がどのように変化するかを調べてみました。水温を変えてマダイを一定期間絶食させると体内の脂肪が減少し、この減少割合は高水温ほど高いことがわかりました。その一方で、筋肉は水温が高くてもほとんど減少しないことから、マダイは高水温下ではエネルギー源として脂肪を利用し、タンパク質はそれほど利用していないと考えられます。したがって、今後予想される厳しい夏を養殖マダイが乗り切るには、春から初夏にかけて体内の脂肪蓄積が多くなるように飼料の脂肪含量を増加させ、高水温期に備えることが有効と考えられます。

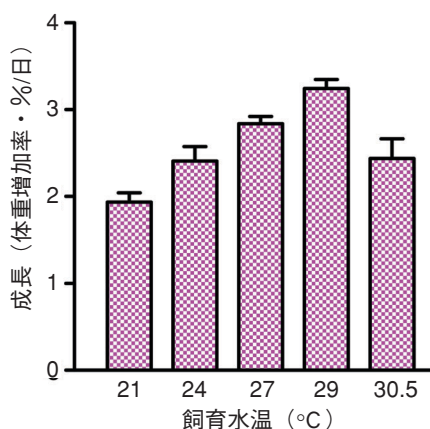


図2 マダイ飼育における水温と成長の関係

4. マツカワは節約モードで夏を乗り切る

マツカワ（図3）は、主に北海道の太平洋沿岸に生息する冷水性のカレイであり、数年前まではほとんど漁獲されない「幻」の超高級魚でした。現在は、栽培漁業技術の革新的な進歩により一年間に20トンほど漁獲されるようになってきています。そして、その食味の良さから、北海道では養殖の対象種としての期待も高まっています。

海水温が上昇すると冷水性の魚にも重大な影

響が及ぶと予想されます。そこでマツカワの高温耐性と生理特性を調べてみました。水温別飼育試験で明らかになった「マツカワがもっともよく成長する水温」は20℃でした（図4）。マツカワの生息域の水温は概ね15℃以下なのでこれは予想外の結果でした。さらに「夏バテ気味」ではありますが、25℃でも成長することがわかりました。つまり、マツカワは典型的な冷水性の魚でありながら、意外なほど高温耐性を有していたのです。

呼吸量と水温の関係を調べてみると、飽食状態では水温が上昇するほど呼吸量も増加しました。これは、魚は周囲の温度に合わせて体温が変わる変温動物なので、水温の上昇に伴って体の代謝活性が上昇して呼吸が活発になるためです。しかし、試験開始から4週間ほど経つと高い水温で飼っているマツカワほど呼吸量が減少し、緩やかではありますが高温に適応していくことがわかりました。さらに驚いたことに、ここから絶食すると代謝活性が一層低下し、10

日後には呼吸量と温度の関係が全くなくなることがわかりました。つまり、マツカワは高温に対してある程度の適応能力がありますが、これに絶食、すなわち栄養不足が重なると、変温動物であるにもかかわらず温度とは無関係に代謝活性が低下する「特異な生理的状态」に入ったのです。私たちはこの状態を「節約モード」と呼ぶことにしました。マツカワ養殖では、「餌抜き飼育」で養殖魚を節約モードに切り替えることで、短期間ならば夏の高温期を乗り切ることが可能と考えられます。

5. 魚類の養殖技術は温暖化にどう立ち向かうか？

ここでは暖水性の魚であるマダイと、冷水性の魚であるマツカワを例にして、高温耐性がどの程度あるか、また、高温に対する生理的適応能力がどのようなものかについてご紹介しました。どちらの魚種も、潜在的にはある程度の高温耐性を有することがわかりましたが、その反面、高温化による養殖生産への一定の影



図3 マツカワ（成魚）

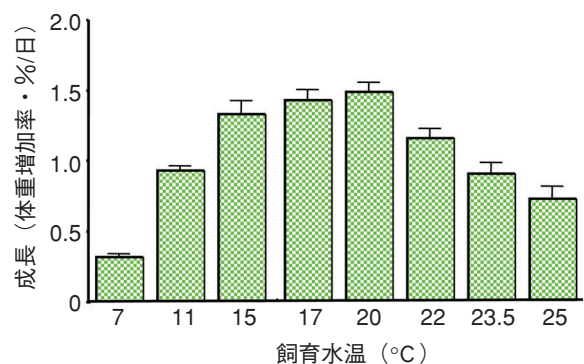


図4 マツカワ飼育における水温と成長の関係

響は避けられないとも考えられます。現在のところ、養殖魚の高水温耐性を飛躍的に向上させる技術は開発できていませんが、魚種ごとに生理的特性を調べることによって、「マダイにおける脂肪の優先的な利用」や、「マツカワの節約モード」に見られるような潜在的特性が発見され、厳しい高水温期を乗り切る技術が開発される可能性があります。今後は、このような知見が更に集

積されるとともに、高温下でも消化吸收されやすい養殖用飼料の開発や、高水温耐性系統の探索が進むことによって、「養殖漁業における複合的な温暖化対応技術」が開発されると期待しています（図5）。

農林水産技術会議プロジェクト研究「地球温暖化が農林水産業に及ぼす影響の評価と高度対策技術の開発」

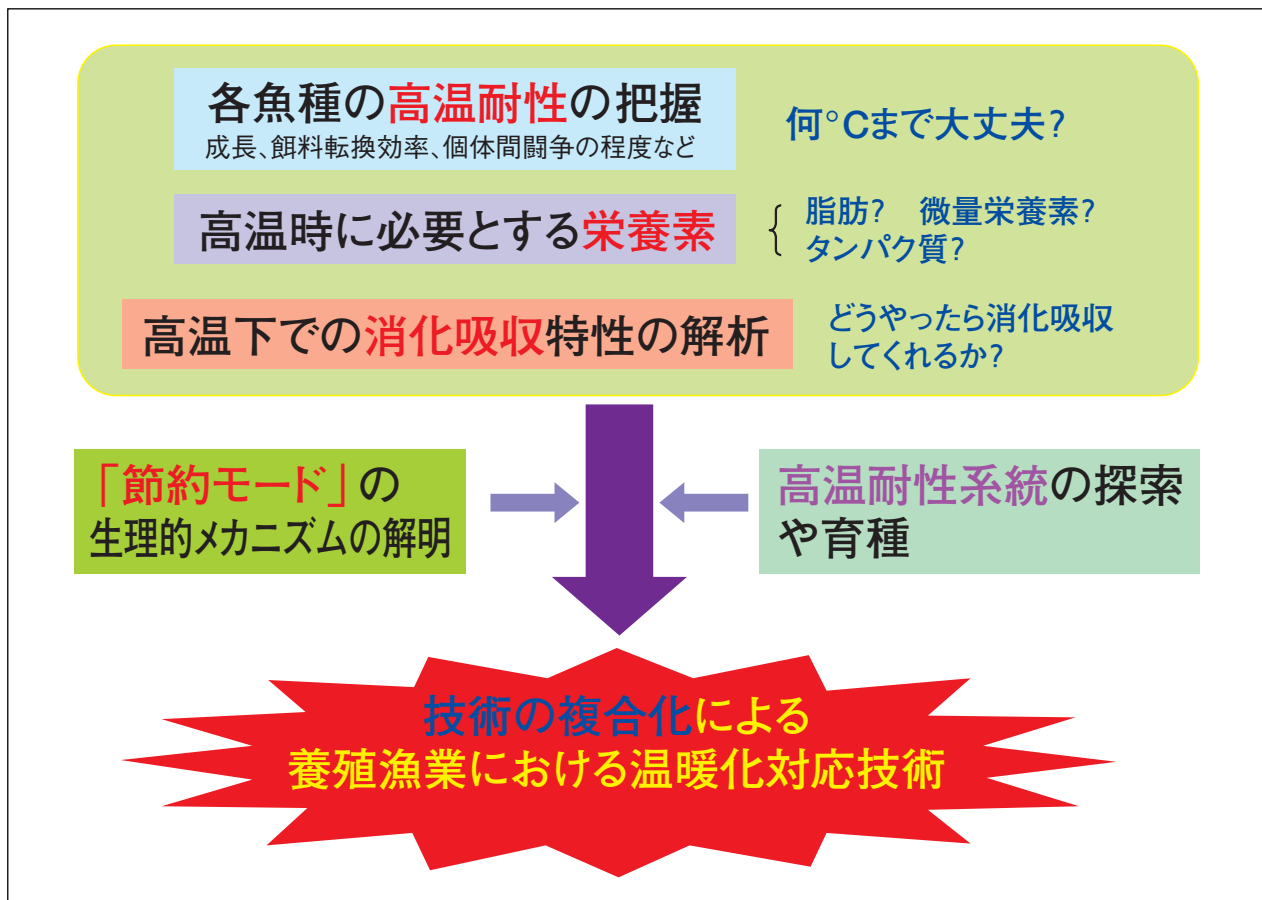


図5 魚類養殖の温暖化対応技術開発の考え方

この催しは、水産庁、(社)大日本水産会、全国漁業協同組合連合会、海と魚と食を考える会、全国水産加工業協同組合連合会、(社)マリノフォーラム21、(社)海洋水産システム協会、(社)全国豊かな海づくり推進協会の後援をいただき、(独)水産総合研究センターの主催で実施しております。

成果発表会要旨、発表内容への御質問・御意見は下記へ。

お問い合わせ先：独立行政法人水産総合研究センター

〒220-6115 神奈川県横浜市西区みなとみらい2-3-3 クイーンズタワーB棟15階 TEL.045-227-2625

ホームページ：<http://www.fra.affrc.go.jp/>

秋の一般公開のお知らせ

水産総合研究センターでは、毎年1回、日本全国にある研究所や栽培漁業センターの内部を、広く一般の方々に公開しています。実験機材や魚の飼育など、実際に行っている研究の様子がわかるほか、タッチプールやおさかなクイズなど、各研究所ごとに楽しい企画をご用意してお待ちしておりますので、ご家族そろって是非お越しください。

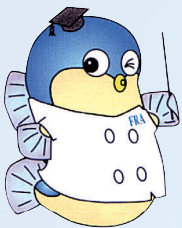
詳しくはホームページ

水研センター

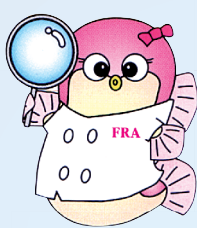
検索



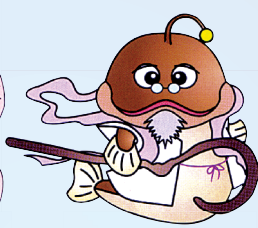
ふっくん



ふーちゃん



あんじい



10/12

日

10:00—16:00

東北区水産研究所八戸支所

(青森県八戸市字鮫町下盲久保25-259)

10/4

土

10:00—16:00

中央水産研究所 上田庁舎

(長野県上田市小牧1088)

10/18

土

10:00—15:00

水産工学研究所

(茨城県神栖市波崎7620-7)

10/4

土

10:00—16:00

中央水産研究所

(神奈川県横浜市金沢区福浦2-12-4)

10/19

日

9:30—15:00

西海区水産研究所

(長崎県長崎市多以良町1551-8)

10/5

日

9:30—15:30

北海道区水産研究所

(北海道釧路市桂恋116)

10/25

土

10:00—16:00

遠洋水産研究所

(静岡県静岡市清水区折戸5-7-1)

「センターのマスコットふっくん、
ふーちゃん、あんじいに会える
かもしれないよ!!」

