

01

北海道東部太平洋沿岸域における水塊変質

○ 日下 彰*・東屋知範**・川崎康寛**

*水研セ中央水研、**水研セ北水研

キーワード：沿岸親潮水、親潮水、高塩分水、大陸棚域

【はじめに】

北海道東部太平洋沿岸域では、3月に極大になる栄養塩を利用して、4月に植物プランクトンのブルーミングがピークとなり、それに続いて5月～6月に動物プランクトンの増加がおきる(Saito et al. 1998; Kasai et al., 2001)。このように、冬季～初夏にかけての当該海域の低次生態系では、上述のような大きな変化がおきているのにも関わらず、この間どのような水塊変質がおきているのかこれまで殆ど明らかにされていない。沿岸親潮水や親潮水などの当該海域に出現する水塊の消長・変遷は、水塊変質を通じて低次生態系に大きく影響を与える可能性がある。

本研究では、当該海域の低次生態系にとって重要な期間として位置づけられる冬季～初夏に焦点を当て、この間の水塊変質を明らかにすることを目的として解析を行った。

【資料と方法】

本研究では、(独)水産総合研究センター北海道区水産研究所の調査で得られた海洋観測データを中心に解析を行った。さらに、北海道立総合研究機構HPや気象庁HPで公開されている定期観測資料も解析に用いた。解析対象期間は1982年～2011年の約30年である。これらのデータを清水・伊藤(1996)の可変型ガウシアン内挿法を用いて、観測データを緯度経度5分間隔で格子点化を行い、海洋構造の空間分布を月別に見積もった。さらに、陸棚域における水塊変質を議論するため、格子化されたデータの中から観測データ数が比較的多い、厚岸沖の陸棚上の1点を抽出し、その点における塩分の月別変化を調べた。本研究の水塊分類はHanawa and Mitsudera (1987)をベースとし、これに沿岸親潮水(COW)が昇温してできた表層沿岸親潮水(S-COW)、宗谷暖流変質水(M-SWCW)を加えたものを解析に用いた(図1)。

【結果と考察】

厚岸沖の陸棚域における塩分の月-深度ダイヤグラムを図2に示す。これを見ると、12月～1月の間に全層にわたって沿岸親潮水の流入の影響とみられる塩分の急減がみられる。その後は表層付近のごく一部を除いて9月頃までほぼ一貫して高塩分化傾向で推移しているのがわかる。塩分保存則で考えれば、この高塩分化は陸棚域の外の海域からの高塩分水の流入を示唆している。陸棚域には図1で黒潮系水(KW)にあたる沖合の黒潮

系の暖水渦やそれらから波及する北上暖水は殆ど分布しないので、これらの水の影響は少ないと考えられる。また、襟裳岬より東側の海域へは津軽暖流水は殆ど流入することはないので(Rosa et al. 2007)、前述の高塩分化に影響を及ぼす水の起源としては上記以外の水、すなわち図1において沿岸親潮水や表層沿岸親潮水より高塩分な水塊として位置づけられる、親潮水あるいは宗谷暖流変質水が考えられる。一方、陸棚域の流れ場は、ほぼ周年を通じて地形に沿った西南西向きの流れが卓越していることから(日下ら2009)、この流れ場は、当該海域の上流側にあたるオホーツク海や千島列島沖合域からの水の流入を示唆している。

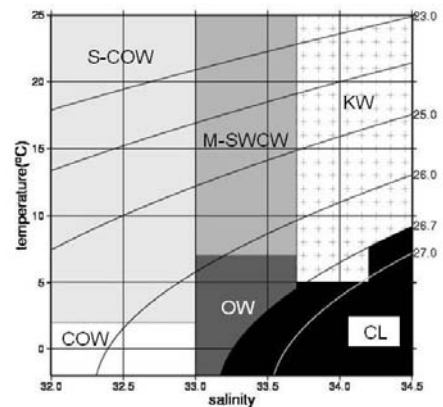


図1 本研究でもちいた水塊分類。図中のS-COWが表層沿岸親潮水を示しており、COW(沿岸親潮水)よりTSダイアグラム上で高温域に分布する。

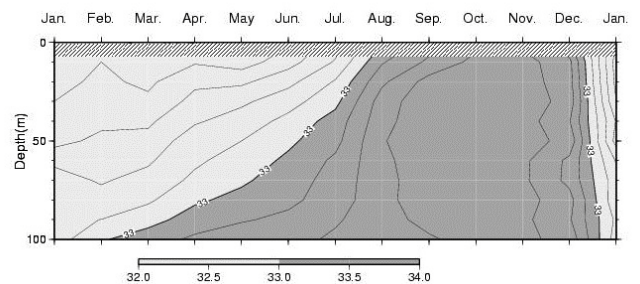


図2 厚岸沖の陸棚域における塩分の月-深度ダイヤグラム。灰色は33.0以下の低塩分水を示す。

2010年夏季の陸奥湾における異常高水温の発生についての考察

○伊藤進一・笈茂徳・和川拓¹・清藤真樹・吉田達²・田中淳也³・竹内一浩⁴・磯田豊⁵・川村宏⁶

¹水研セ・東北水研 ²青森水研 ³青森県 ⁴いであ ⁵北大水産 ⁶東北大

キーワード：異常高水温・陸奥湾・ホタテガイ・大量へい死

1. はじめに

2010年の記録的な猛暑は陸上での異常昇温だけでなく、沿岸域の水温においても異常昇温をもたらした。とりわけ陸奥湾では、26℃以上の高水温が10日間以上続く記録的な異常高水温が発生し、ホタテガイが大量へい死し、へい死率が通常の約10%から約70%に上昇した。この対策を立てるために、陸奥湾ホタテガイ高水温被害対策専門家委員会が組織され、検討が行われた。同時に、農林水産省の「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業研究」に、地方独立行政法人青森県産業技術センター・水産総合研究所が研究代表機関となり、「猛暑時のホタテガイへい死率を低減する養殖生産技術の開発」（2011～2013年度）が提案され、採択された。このプロジェクトの中で、水温予測技術の開発、養殖生産技術の改善の2つを進め、ホタテガイのへい死率を2010年度の半分（35%）以下に減少させる技術を開発するという挑戦的な数値目標を設定した。

2010年の異常高水温の特徴は、高水温が長期に維持されたことに加え、表層のみならず下層まで昇温が顕著であったことである。そのため、まずデータ解析から、2010年夏季の異常高水温の発生機構について考察を行ったので、ここに報告する。

2. 塩分の変動特性

地方独立行政法人青森県産業技術センター・水産総合研究所が毎月実施している陸奥湾の浅海定線調査の塩分データ（2006～2011年）を用いて、クラスター解析を行った。その結果、湾内上層・下層、湾口部上層・中層・下層および西湾奥上層、東湾北東奥上層の7つの区域に分割された。西湾奥上層、東湾北東奥上層は、体積が小さいことから、湾内上層・下層、湾口部上層・中層・下層の5つの領域に区分して、層厚重み付け平均した塩分の変動を調べた。その結果、2010年7月に湾口部上層で急激な塩分低下が発生していることがわかった。同様の現象が、2006年6月、2007年6月、2009年8月にも起きているが、2010年7月は過去最大級のものであった。

2006年～2011年までの月別平均値を計算し、季節変動を調べた結果、湾口部上層で5～7月に塩分が低下するのは平年的な現象で、5～7月は湾内底層と湾口中層の塩分がほぼ同じになることがわかった。つまり、5～7月は湾口中層から湾内底層への流入があることが示唆された。

湾口部の上層で急激に塩分が低下した2010年7月の塩分鉛直分布を確かめたところ、湾口部と東湾の表層で低塩化が、中層（20～30m）で高塩化が起きていた。これらの事実から、湾外からの表層もしくは中層への流入があったことが推測される。湾外との海水交換がどのように起きたか調べるために、衛星海面水温及び潮位計のデータを確認したが、湾外との海水交換を明示的に示す証拠を得ることができなかった。

3. 塩分収支から推定した交換流

クラスター解析の結果をもとに、湾内の上層と下層、湾外の上層と下層という4つのボックスモデルを構築し、湾内と湾外の交換流量を推定した。推定するにあたり、定常/非定常、エスチャリー型（河川水が表層から湾外に流出）/逆エスチャリー型の4つの循環を想定し、湾口部上層で急激に塩分が低下した2010年7月を対象に解析した結果、非定常型の逆エスチャリー循環による2370 m³s⁻¹の交換流量があったことが推定された。この交換流に基づく熱交換による水温変化を見積もると、湾全体で0.6℃、湾下層で0.8℃の水温上昇が生じる結果を得た。

交換流量が大きく、また水温、塩分の時間変化が大きいためから非定常の循環だけを想定し、2006～2011年の他の月についても同様の解析を行った。この結果、59ケース中29ケースが欠測のため計算不可、10ケースがエスチャリー循環、6ケースが逆エスチャリー循環、11ケースが両循環とも成立、3ケースが両循環とも非成立となった。季節変動を調べた結果、5～11月にエスチャリー循環が頻発し、7～9月に逆エスチャリー循環が頻発することがわかった。また、逆エスチャリー循環だけが成立する6ケースは、2006年5月、2007年9月、2008年8月と2010年7、8、9月で、2010年夏季に逆エスチャリー循環が3ヶ月連続保持されていたことがわかった。この2010年夏季の逆エスチャリー循環による熱輸送を評価した結果、湾内を底層まで昇温させる効果があった。

ここでは、湾口部に位置する定点の水温、塩分が、湾外の水温、塩分を代表していると仮定して解析を行っている。また、観測間隔が1ヶ月のデータを用いて解析を行っているため、ボックスモデルから推定される水温上昇と実際の水温上昇には隔たりがあり、まだ検討の余地があるが、2010年夏季は逆エスチャリー循環によって湾外から熱流入があったことが示唆された。

水産資源・海況変動予測技術の革新と実利用化

○石川洋一¹・淡路敏之^{1,2}・蛭名政仁³・酒井光夫⁴・小山田耕二²・齊藤誠一⁵・蒲地政文⁶

¹JAMSTEC、²京大、³青森産業技術セ、⁴水産総合セ、⁵北大院水産、⁶気象研

キーワード：アカイカ、漁場推定、資源変動推定

1. はじめに

気候変動予測の結果を適応策の立案に役立てることを目的とした「気候変動適応戦略イニシアチブ」(文部科学省)のもと「気候変動に伴う水産資源・海況変動予測技術の革新と実利用化」という研究プロジェクトを平成 22 年度より進めている。このプロジェクトは外洋性のアカイカを対象魚種として、先進的なダウンスケーリングシステムを利用して漁場探索技術の高度化をはかる「ピンポイント漁場探索」と長期間の海洋再解析データおよび、大気海洋結合モデルを用いた季節変動から経年変動の海洋環境の予測を用いて資源量変動を予測する「中期水産資源推定」という 2 つのサブテーマからなっている。

2. ピンポイント短期漁場探索

このサブテーマでは、先進的なダウンスケーリングシステムの利用してアカイカの好適漁場を数日スケールで推定することを目標としている。海面水温、海面高度などの衛星リモートセンシングデータを用いた同様の試みは過去にも行われてきたが、モデルの予測結果を用いることにより、数日先の海洋環境について物理的に予測が可能となるとともに、アカイカの生態を考えたときに重要な亜表層水温などを環境要素に加えて漁場推定を行うことが出来る。このプロジェクトではいくつかの漁場推定モデルを開発し、相互比較を行うことも予定している。

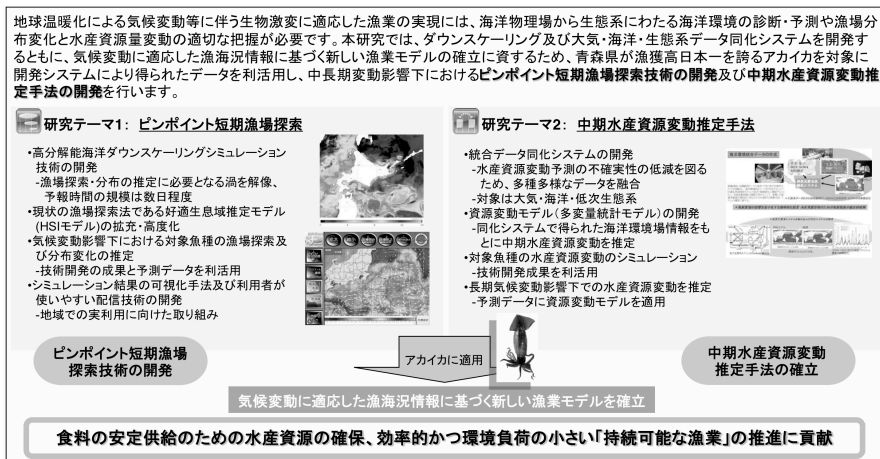
また、この課題では得られた推定結果をわかりやすく可視化するツールや漁船への配信システムについての開発も行っており、実利用にむけた取り組みも行っている。

3. 中期水産資源推定

水産資源の変動には主に加入期の環境場が大きく影響していると言われており、水温などの物理環境や基礎生産量などの生物化学環境の経年変動が資源変動の支配要因として重要であると考えられる。このサブテーマでは、アカイカの半年から数年先の資源量変動を予測することを目標とし、アカイカの資源変動を支配する環境要因を明らかにする。さらに、予測精度の向上と予測期間の延長のために、大気海洋結合データ同化システムに低次生態系モデルを組み込んだ 3 圏結合データ同化システムの開発を行い、物理環境だけでなく、生物化学環境についての季節・経年変動予測を行っていく。

4. おわりに

本研究大会において、このプロジェクトから得られたいくつかの成果をポスター(P01-P06)において発表している。本講演ではプロジェクトの概略を中心に、データ同化を応用したダウンスケーリングシステムなどの紹介を行う予定である。



図：プロジェクトの概略(<http://www.mext-isacc.jp/>)

日本海盆における自動昇降装置を用いた 海洋構造の連続観測

渡邊達郎

水研センター日水研

キーワード：日本海・水中自動昇降装置・連続観測

1. はじめに

日本海盆は日本海北部に位置し、南縁に沿って極前線（亜寒帯前線）が分布している。水深 3000m を超える最深部域では冬季の鉛直混合により「日本海高塩中層水」が形成されていると共に、春季には顕著なブルームが形成される。これらのことから、日本海盆域は水塊形成及び水産資源の索餌域として重要な海域と考えられる。そこで、日本海盆南東部に CTD 等の測器を自動的に昇降させる装置を係留することで、約 9 ヶ月海洋構造の連続観測を実施したのでその結果の概要を報告する。

2. 使用したデータ

水中自動昇降装置（日油技研 AES-3）、流速計（RCM9）、水温塩分計（SBE37）等を含む係留系を、日本海盆南東部の北緯 40 度 57.5 分、東経 138 度 27.5 分（水深 3390m、図 1）に調査船みずほ丸を用いて 2011 年 12 月に設置し、2012 年 9 月に回収した。水中自動昇降装置はプログラムで自動的に駆動するウインチを備えており、昇降部には CTD（SBE19Plus）、蛍光光度計（Seapoint）、溶存酸素計（Optode）等のセンサーを取り付け、2011 年 12 月 13 日から 2012 年 9 月 3 日まで 5 日毎に計 54 回水深約 100m から水面までの海洋構造を観測した。

3. 結果と考察

観測期間中、昇降部は水深 90m 付近に係留されていたが、流況等により 140m 付近まで沈降することもあった（図 2a）。昇降部は 1 回約 20 分で昇降し、平均昇降速度は約 20cm/s であった。

設置当初の 12 月中（Cast1~4）は、表面に 33.9PSU 以下の低塩分水、75m 付近に高温で 34.2PSU 以上の対馬暖流水が見られたがその後冷却・鉛直混合が進み海洋構造は均一化した（図 2b）。表面の密度が最も大きかったのは 3 月 21 日（Cast21）の 27.17 σ であった。4 月 16 日（Cast26）には躍層が再形成され、7 月 10 日（Cast43）には 33.9 以下の塩分が再出現した。

ブルーミングのピークは躍層再形成直後の 4 月 26 日（Cast28）に見られ 8 $\mu\text{g}/\text{l}$ を超えていたが、5 日後には亜表層に極大が移った（図 2c）。ブルーミングが進むにつれ亜表層極大は徐々に深くなっていった。

4. まとめ

水中自動昇降装置を係留することで、日本海盆の定点での詳細な海洋構造の変動を把握することができ、①日本海盆における水塊形成課程、②ブルーミングの時間発展等を明らかにすることができた。今後解析を進めて、定量的な議論を行う予定である。

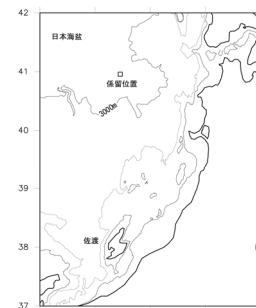


図 1. 係留系設置位置。

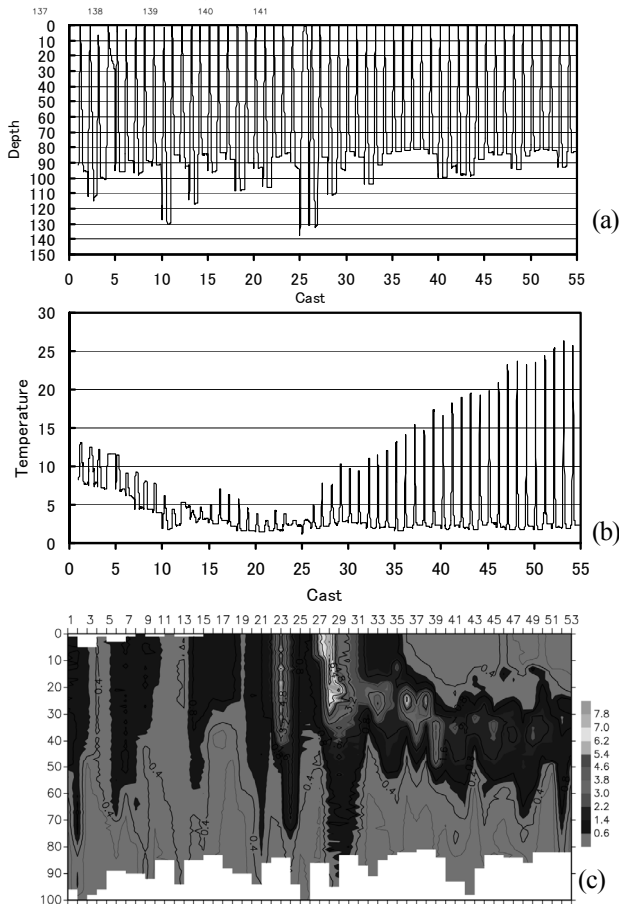


図 2. 水中自動昇降装置により得られた観測毎の (a)昇降部の水深変動、(b)水温変動、(c)クロロフィル a の変動。

05

漁業のための衛星データ処理方法と応用

○謝 旭暉*・友 定彰**・岩田 静夫***

* JAFIC **東大海洋研 ***元神奈川水試セ

キーワード：海況・衛星水温・海面高度・地衡流

1. 目的

約30年に亘って人工衛星が観測した水温データは近海沖合の表層性回遊魚（サンマ、さば類など）の漁場探査に重要な役割を担ってきた。さらに、近年、海面高度観測データを利用することによって、今まで難しいと思われた中層のマグロ漁場の探査も可能になってきた。JAFICは「漁業の現場でどのような海況情報を必要としているか？」を調べ、現場に合う衛星データの処理とこれらの海況情報の応用を検討してきた。

2. データ

1) 調査船・漁船水温データ、フェリーデータ、沿岸域でのブイ観測水温、沿岸定地水温、2) NEAR-GOOSデータ、3) 衛星水温データ（AMSR-Eから得られたマイクロ波水温とAVHRRから得られた赤外海面水温、4) 気象庁が解析した水温、5) JAMSTECのADCP偏流データ、6) AVISOの海面高度データ、7) サンマ、マグロ漁場データなどである。

3. 手法

衛星水温の処理には現場水温を最も重視するため、JAFICは漁船が航跡水温をリアルタイムで送信するソフトを開発し、より多くの実測水温の収集に努力してきた。手法としてはまず、実測水温を用いてマイクロ波（AMSR-E）水温を補正し、次に補正したAMSR-E水温を準実測水温とし、赤外（AVHRR）水温を補正する手法である。

海面高度の処理はまず力学的海面高度の水平方向の勾配を計算することにより、0.25度グリッドの地衡流を計算する。地衡流データと偏流データをマッチアップし、データを $2 \times 2^\circ$ 毎に纏める。最後に地衡流と偏流の海域毎の東西（U）、南北（V）成分相関係数 U_{cor} 、 V_{cor} を求めた。

4. 結果と考察

図1は2010年9月の海面高度図とサンマ漁場の推移である。9月道東沖に暖水渦の周りに漁場が形成され、その漁場が暖水渦の変動とともに日々移動している様子もよく捉えている。東沖の暖水渦周辺にカツオとマグロ漁場が形成されていた様子もはっきりみられた。このように海面高度は浮魚を始め、中層魚などすべての漁業の漁場探索に有効であることがわかった。従来の海面水温

情報に海面高度情報を加えることにより、漁場推定がより正確になっている。

また、海流は、網揚げ時や、航路選定には重要な海況情報である。しかし、海流の船舶観測データが少ないため、JAFICでは現況と近い衛星海面高度計データから計算した地衡流(傾圧流)を漁業者に提供している。ただし、海の流れには地衡流平衡近似が適用できない吹走流や潮汐流などの成分(傾圧流)がある。このため、海面高度から求めた地衡流場と地衡流以外の成分を検討する必要がある。そこで、海域毎の地衡流データと偏流データを検証した。沿岸域、島周辺は相関が弱い。東西成分は黒潮海域、南方沖、東北三陸海域、黒潮続流域全ての海域で0.6以上の相関が見られ、南北成分は南方沖、親潮と黒潮続流域で0.7以上の相関が見られた。

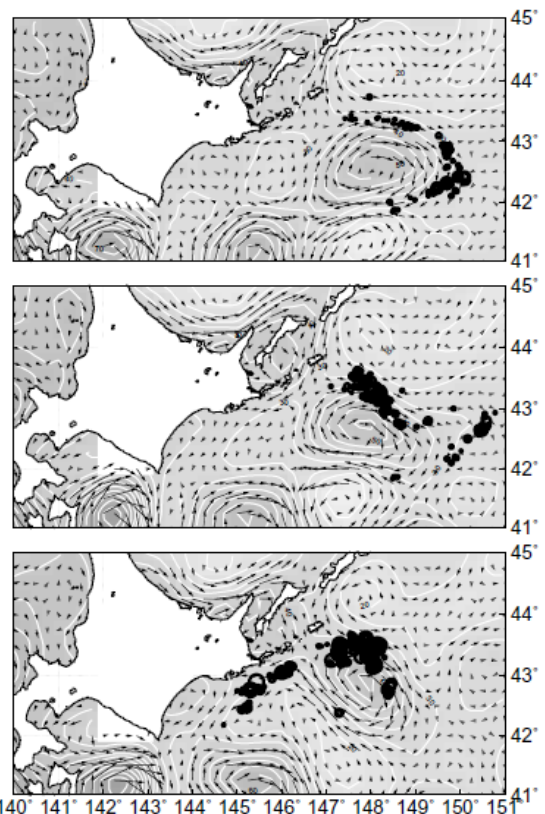


図1は2010年9月の海面高度図とサンマ漁場推移。

筑後川流域から有明海への鉄を中心とした 物質動態に関する研究

○山本光夫*・劉丹**・笠井亮秀***・田中克****

* 東大院新領域/大海研 **有明高専 ***京大院農 ****国際高等研

キーワード：筑後川・有明海・鉄・物質動態

1. 研究の目的

沿岸生態系の修復・保全の課題に対しては、森・川・海のつながりに着目した物質の動態把握をはじめとした陸域と海域の総合的管理の重要性が注目されている。その中であって、多様で特有な生態系を有する有明海は、湾奥部に注ぎ込む筑後川の感潮域における高濁度水塊およびその粒子状物質が、生態系において重要な役割を果たしている¹⁾と考えられる。これまで有明海・筑後川においては、粒状有機物の動態²⁾や潮汐・河川流量の高濁度水塊への影響²⁾をはじめ多くの研究が行われてきた。その一方で、筑後川上流（源流）域から河口域に至るまでの物質動態に関する調査・研究については、十分な研究が行われてきたとは言い難い。

本研究では、陸域と海域のつながりに着目し、筑後川流域から有明海へ運ばれる物質の筑後川河口域・有明海奥部の生態系への関わりを明らかにするために、その物質動態を評価することを目的とする。特に、これまで筑後川における研究例が少ない鉄（Fe）に着目し、栄養塩（窒素（N）、リン（P））と合わせて評価・検討を行った。

2. 方法

図1に示す通り、これまで調査研究が行われてきた筑後大堰（河口より23km）より下流域^{1), 2)}の地点に、R8からR23まで22箇所を新たに加え、全29箇所の表層の採水を行って、河川水中の主にFeとN、Pの動態を評価した。採水は2011年5月より2012年5月まで毎月1回

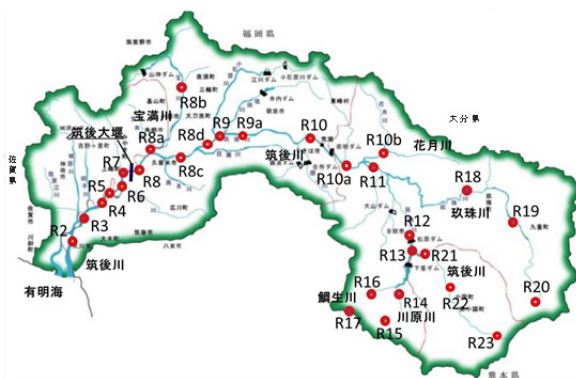


図1. 筑後川流域図と採水地点.

実施した。なお、N、Pの分析については、全窒素（T-N）、全リン（T-P）とともに無機態窒素（ $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ ）、無機態リン（ $\text{PO}_4\text{-P}$ ）の分析を行った。

3. 結果と考察

ここでは、Fe、T-N、T-Pの結果について述べる。図2に筑後川流域における河口から上流域までの代表的な鉄濃度変化（2011年10月）を示す。筑後大堰より下流域では濃度が高く、感潮域において最大値を示す傾向が得られた。その一方で、中・上流域では必ずしも高いと言える鉄濃度ではないことが示された。また支流により鉄濃度に差が確認されたほか、特に下流域では採水時期による濃度変動が見られた。一方でT-N、T-Pに関しては、河口から上流に行くにつれて、濃度が減少する傾向性を示すことが確認され、特にT-Nにおいてはその傾向が顕著であった。このようにFeとN、Pの濃度変化の傾向性は、完全には一致しないことがわかった。

一方で高濁度域においてFe濃度が高いことから、基礎生産とFe濃度について何らかの関係がある可能性が考えられる。また単純に森・川・海のつながりによって鉄が下流域へ運ばれて高Fe濃度となるのではなく、感潮域における潮汐やそれに伴う土砂動態の変動等もFeの動態に影響している可能性が示唆された。

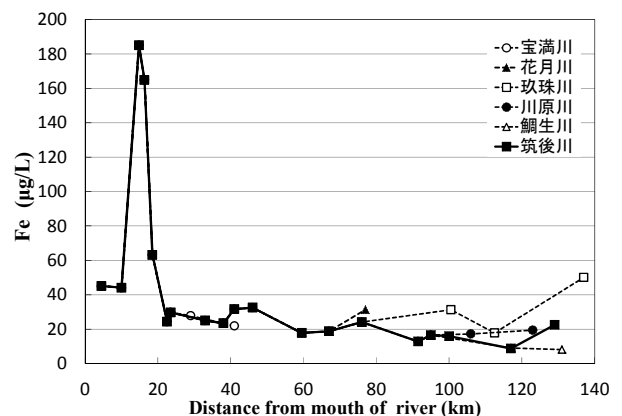


図2. 筑後川流域における鉄濃度変化（2011年10月）

参考文献

- 1) 小路淳ら, 水産海洋研究, 70(1), (2006) 31-38.
- 2) 鈴木啓太ら, 水産海洋研究, 71(3), (2007) 190-198.

07

小浜湾における基礎生産に海底湧水が及ぼす影響

○本田尚美*・杉本 亮**・小林志保***・田原大輔**・富永 修**・谷口真人****

*福井県大院生物資源, **福井県大海洋生物資源, ***京大院農, ****地球研

キーワード：基礎生産, 海底湧水, ^{222}Rn , 小浜湾

1. はじめに

近年、陸域の地下水が海底に流出する「海底湧水」が沿岸域に多量の栄養塩を供給していることが報告されている。今まで重要視されていた河川水だけでなく、海底湧水もまた沿岸域の生物生産に重要な役割を果たしていると言える。本研究で対象とする小浜湾は、後背地に豊富な地下水資源を備える閉鎖性の強い海域であり、地下水が湾内の生物生産に大きな影響を及ぼしていることが指摘されている。本研究では、地下水トレーサーであるラドンを用いて湾内での地下水湧出の実態を評価し、湾内の基礎生産過程に海底湧水が及ぼす影響を検討した。

2. 方法

2012年3月から2012年9月まで、小浜湾の湾奥から湾口部を結ぶ縦断線上において、毎月1回現地調査を行った。全ての測点において、CTDおよび光量子計を用いて水温、塩分、クロロフィル蛍光、溶存酸素濃度(DO)、光量子量を鉛直的に測定した。主要測点においては多層採水を行い、クロロフィル a (Chl-a) 濃度、各種栄養塩濃度、ラドン (^{222}Rn) 濃度を測定した。

3. 結果と考察

底層水中の全測点平均 ^{222}Rn 濃度の経月変化を示す(図1)。底層水中では ^{222}Rn が常に検出されており、小浜湾内には季節を問わず地下水が湧出していることが分かる。しかしながらその濃度は、季節によって異なり、春季に最も高く、夏季に減少する傾向を示した。地下水中の ^{222}Rn 濃度が一定で、湧出量の増減に伴って海水中の濃度変化が生じていれとすれば、春季に最も湧出量が多いと考えられる。そこで、湧出量が最も多いと予想される3月の Chl-a、栄養塩と ^{222}Rn 濃度の対応を調べた(図2)。 ^{222}Rn 濃度は、水深約15mを境に上層と下層に高濃度領域が見られ、上層は河川水から、下層は地下水から ^{222}Rn が供給

されていることが分かる。また、下層の高ラドン域には栄養塩プールが形成されていた。栄養塩プール形成への再生産栄養塩の影響を考慮したところ、DO消費で生成される栄養塩では、実測栄養塩濃度の1%も説明がつかない。それ故、海底湧水が主な栄養塩供給源になっているものと考えられる。次に、海底湧水が基礎生産過程に及ぼす影響について考える。栄養塩プールが存在する河口から約5km沖合の底層では、相対照度が1%以下であり、基礎生産は光制限となっていた。一方、河口から約2km沖合の底層では、見掛け上の栄養塩濃度はほぼ枯渇しているが、好適な光環境下に Chl-a 極大が形成されていた。このことから、海底湧水によって供給される栄養塩を利用した基礎生産が生じていたものと考えられる。

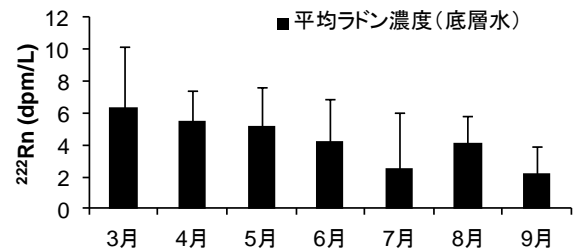


図1. 底層水中の全測点平均 ^{222}Rn 濃度の経月変化。

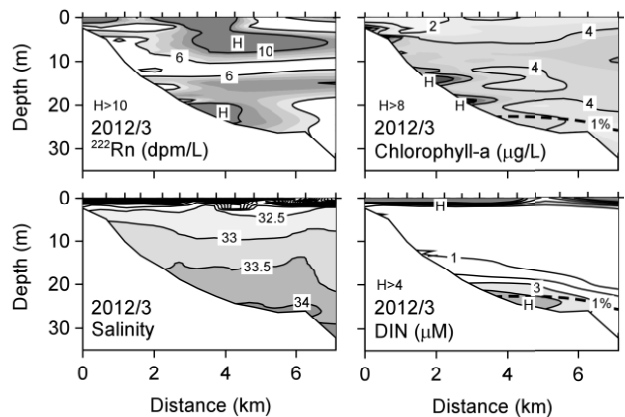


図2. 3月の Chl-a, DIN, ^{222}Rn 濃度と塩分の縦断分布。

図中破線は相対照度1%を示している。



三陸沖合における津波による漂流物 および深海底蓄積ゴミについて

○柴田晴佳*・古島靖夫**・後藤友明***・三宅裕志*・藤倉克則**

* 北里大学 **JAMSTEC ***岩手水技セ

キーワード：三陸沖・津波・漂流物・海底ゴミ

1. 背景

2011年3月11日、東北地方沖合を震源とする大地震が発生し、巨大津波が東北沿岸域を襲った。この津波により、大量の家屋、車、船などが海洋へと流された。人工衛星画像から海洋に漂流している大量の漂流物を確認することができた。しかし、どのような種類の漂流物が海洋表面を漂っているのかについては不明であった。また、船舶の航行を妨げるような大型の漂流物の情報はあつたものの、小型の漂流物に関する情報は乏しい。このため、漂流物の種類や量、特徴などの情報を収集することが必要であると考えられた。今まで海洋の漂流物の研究では、漂流物が流出した場所を特定することが困難であった。しかし、津波によって流出した漂流物であることから、流出したおおよその場所は特定できるため、追跡することが可能である。流出した漂流物は、その約7割が海底へと沈み、蓄積していると考えられている（総合海洋政策本部）。そこで、本研究では、津波により流出した漂流物と深海底のゴミの組成や量、分布を調査し、三陸沖合における海底ゴミや津波により流出した漂流物の実態を把握することを目的とした。

2. 漂流物

海洋調査船「よこすか」（海洋研究開発機構）の航海YK11-E04（2011年6月3日～6月13日）とYK11-E06 Leg.2（2011年7月30日～8月14日）において三陸沖合の漂流物の調査を実施した。「よこすか」のブリッジにビデオカメラを設置し、調査船の前方付近を漂流している漂流物の種類と個数を連続的に記録した。同時に、漂流物を目視および写真撮影で観察し、その種類や個数、特徴などの記録を行った。

全ての漂流物（>直径10cm）は、プラスチック、金属、ガラス、漁具、建築資材（家の柱や壁、屋根など）、その他（タイヤ、冷凍庫など）に分類した。その結果、主に発泡スチロールやプラスチックの破片、ビニールなどのプラスチックと家の柱や壁などの建築資材がであった。また、観察された漂流物の量は、震災後の約3か月目と5か月目では、大きな違いが見られた。



図1. 漂流物の例。

3. 深海底蓄積ゴミ

岩手県南部沖合の水深200m～600mの海底を対象に、岩手県水産技術センター保有の漁業指導船「岩手丸」において着底トロール調査を行った。

震災前は、プラスチック製品の占める割合が最も大きく、次に漁具、金属製品が多かった。しかし、震災後は、プラスチック製品と家の壁や洋服などを含むその他に分類されるものがほぼ同量で出現し、次に金属製が多かった。単位面積当たりのゴミの個数は、2010年は89.0個/km²、2011年は443.6個/km²となり、2011年の流出物は、震災前の2010年の海底ゴミに比べて約5倍に増加した。

着底トロール調査が行えない海底（水深600m以深）では、震災後に行われた海洋研究開発機構の潜航調査の際に撮影された映像を用いた。深海底にあるゴミの種類と周辺の生物を解析し、それらの分布する水深、観察された時間、海底の様子やゴミの蓄積している様子などを記録した。

現在、震災後の航海の際に撮影された潜航映像を観察・解析中である。ビニールやビン、網、プラスチックケース、スノコのようなものなどのゴミが観察された。ゴミの中には崖や岩にひっかかるように蓄積しているものも観察された。これらのゴミは、堆積物の上に蓄積していたことから、津波によって流出してきたものと考えられた。

本研究は、「東日本大震災復興支援のための水産海洋学会 PICES/ICES 基金」の援助のもとに行われた。ここに感謝の意を表す。

大正関東大震災による相模湾における 定置網の被害

○石戸谷博範*

*神奈川県水産技術センター相模湾試験場

キーワード：定置網・大正関東大震災・相模湾・津波

1. 研究の目的

はじめに、東日本大震災で被災されました定置網漁業者をはじめ沢山の皆様に心からお見舞いを申し上げます。

神奈川県水産試験場は1923年9月1日に発生した大正関東地震による水産震災調査報告を翌1924年5月に発行した。当時より定置網は県の主要漁業で本報告でも重要漁業の被害として取り上げられている。ここでは、今後の防災の参考とするため、その内容を分析する。

2. 方法

神奈川県水産試験場(1924)「神奈川県水産震災調査報告」から定置網を中心とする被害状況について分析した。

3. 結果

大正関東地震における相模湾の定置網漁場と漁村の主な被害状況は次のとおりである。

- 1 福浦漁場(湯河原町)：夏大謀網1統流出腐敗(3.2億円)、漁船破壊10隻(1.2億円)、全壊27戸、半壊87、死亡1名。
- 2 真鶴漁場(真鶴町)：夏大謀網2統沈没腐敗(6.2億円)、漁場事務所焼失、格納中の鰯大謀網の網地を津波により流出及び焼失。全焼185戸(組合員家屋の全部)、漁船流出破壊2/3、漁具流焼失殆ど全部。真鶴岬は隆起8尺(=2.5m)、高さ15尺(=4.5m)の津波来る。漁業従業は不能、日雇人として、焼け跡整理に従事する。
- 3 岩江漁場(真鶴町)：秋網1統流出、漁船5隻破壊(5千万円)、津波の為大謀網事務所流出、鰯網倉庫、船揚場破壊。全壊32戸、半壊67、流出22、埋没2。
- 4 根府川(小田原市)：山津波の為、全村埋没し地勢一変。埋没家屋83戸、漁民は死者の発掘に従事。死傷者数未詳、大部埋死す。
- 5 米神漁場(小田原市)：夏網1統沈没(4億円)、漁民は山津波による埋死者の発掘に従事。全壊18戸、半壊35、埋没26、死亡71名。鰯大謀網本年漁期従業の予定。
- 6 石橋漁場(小田原市)：秋網1統沈没(3.2億円)。全壊19戸、半壊51戸、死亡5名。
- 7 小田原・千度小路(小田原市)：漁船漁具焼失多数(6億円)。小田原蒲鉾等工場製品被害(42億円)。焼失370戸、死亡4名。
- 8 二宮漁場(二宮町)：小台網2統流出(4.2億円)。全壊1

戸、半壊22。

9 平塚市・須賀(平塚市)：大謀網地30~40反腐敗。全壊19戸、半壊9、煮干業者全壊6、死亡1名。

10 鎌倉郡川口村(藤沢市片瀬江の島)：漁船流出45隻、漁具流出503点(9.1億円)。江の島隆起2尺(60cm)、片瀬は津波の為惨害を蒙る。全壊41戸、半壊47、死亡6名。

11 長井村(横須賀市)：猪口網流出1統(3.6千万円)。全壊40戸、半壊50、漁船全壊10隻、死亡10名。

4. 被害状況の考察

- ・激震による碇網の切断：碇固定の急傾斜面が崩落、碇網が海底と擦れ損傷し、更に沖からの津波により切断。
- ・網沈没：発生漁場(真鶴、米神、石橋)は陸上・海底地形ともに極めて急傾斜、底質もヌタ(軟らかい泥)。浮子は孟宗竹、地盤の崩落と津波により竹浮子が海中に引き込まれ、水圧により圧潰、浮力を失い、網全体が沈没。
- ・網腐敗：漁民は山津波による埋没死者の発掘や陸上の復旧作業に従事、沈没した定置網はそのまま、網地(藁、綿、麻)が9~10月の海中(水深60mで18℃以上、表面では24℃)で腐敗したと見られる。
- ・漁業従事世帯の被害：漁業従事世帯の死亡者は242名、傷者280名、不明者9名であり、尚これらの数字には、小田原市根府川の山津波による被害者は含まず。建物全潰2,032戸、半潰2,648戸、流失284戸、埋没114戸、焼失394戸(横浜では全部全焼状況不明)とあり、沿岸部にある漁業従事世帯に大被害発生。
- ・東京湾の被害：横須賀海軍軍港で十数個の重油タンクが爆発、約10万トンの重油が海上流出、橘樹郡大師町(川崎市)から三浦郡松輪(三浦市)の沿岸一帯に広がり、養殖牡蠣やカジメ等有用藻類に多大な被害。
- ・間接的な被害：「本県の水産物の大消費地である東京、横浜における需要は甚だしく減少、更に湘南一帯の別荘地及び箱根伊豆方面の温泉宿の荒廃により鮮魚の要求は停止し、営業困難となり、多数の休業者を出し、魚価の低落は漁業者に非常なる不利を与えた。」とある。

89年前に先輩が残したこれらの調査結果を真摯に受け止め、人命を第一に、被害を最小限に食いとめる対策を早急に立てなければならない。

10

10年スケール水温変動とさば類漁獲量変動

友定 彰

(AORI、元中央水研・東北水研)

目的

日本周辺海域のさば類漁獲量変動と水温長期変動に相関のある海域および深度を知りたい。相関が高ければ、相関がないより両者に関係がありそうだとと言える。また東北海域の動物プランクトン湿重量のデータセットである小達コレクションとさば類漁獲量及び水温変動との関係も知りたい。

方法

Linear trendを除いて10年移動平均した緯度・経度2度柵目ごとの水温の主成分分析の第1主成分スコアおよびキーエリアの水温とさば類漁獲量変動を比較する。主成分分析では水温の年変動と漁獲量変動の傾向を把握し、キーエリアは川端ほか「平成23年度マサバ太平洋系群の資源評価」を参考に八戸沖漁場水温は7～11月平均、島廻りの産卵場の水温は2～6月の平均とした。

データ

水温データ：期間：1918～2011年、データソース：FODB, JDOSS, JMA, WOD05, Argo Float ほか公開データ、深度：0, 50, 100, 200, 300, 400, 500m、地図範囲：20～50N, 115～160E

さば類漁獲量：期間：1894～2010年、古い漁獲量は水産庁研究課資料、近年の漁獲量は<e-Stat>政府統計の総合窓口海面漁業の部より。

小達コレクション：緯度経度1度ごとで、魚類仔稚魚・クラゲ類・サルパ類・ウミタル類などの大型のプランクトンを除いた月別のプランクトン湿重量、期間：1951～1990年。

結果

表1に第1主成分時系列とさば類漁獲量の相関係数を深度別に示した。主成分分析の地点はおおむね図1左図の範囲である。図1右図は八戸沖の200m深7～11月平均水温時系列とさば類漁獲量の5年移動平均を示した。八戸沖の200m水温変動とさば類漁獲量に関係があるようにみえる。

八戸沖動物プランクトン湿重量の変動に対してさば類漁獲量は数年遅れて高い相関がある。索餌海域での栄養状態が数年後の漁獲量(=資源量?)の多寡を決めているようである。伊豆の島廻り産卵場では、いずれの深度でも水温との相関はよくない。産卵場では水温より黒潮の流況による卵・仔稚魚の輸送拡散の方が漁獲量変動に寄与していると思われる。

まとめ

さば類漁獲量の変動には索餌海域である八戸沖の水温が関係あるようである。八戸沖の水温が高い時期に動物プランクトンが多く、餌生物との関係も整合している。産卵場では水温よりむしろ卵・仔稚魚の輸送拡散条件が重要であると思われる。

表1. 1950～2000年のさば類漁獲量の5年移動平均と深度別第1主成分スコア時系列との相関係数

深度	係数	深度	係数	深度	係数	深度	係数	深度	係数	深度	係数	深度	係数
0	-0.71	50	-0.64	100	-0.67	200	-0.92	300	-0.83	400	-0.87	500	-0.78

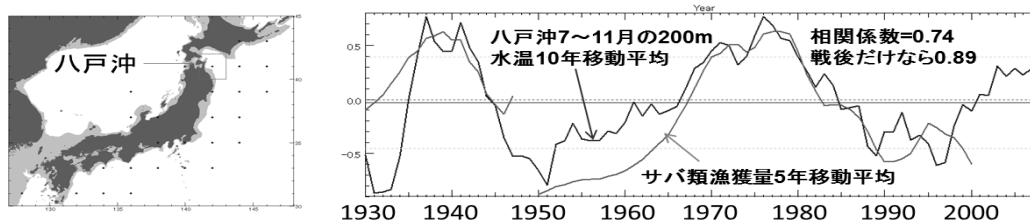


図1. 2×2度地点(左図)と八戸沖200m水温とさば類5年移動平均時系列(右図)

東北沖合におけるメバチマグロの漁場形成について

○為石日出生・本田 修・高口 俊之・細窪 迅 (JAFIC)

友定 彰・細萱 安彦 (前 JAFIC)

キーワード：メバチ漁場形成・海面高度画像・暖水塊・漁場予測

目的 カツオ・サンマ等の表層性回遊魚は、30年以上に亘って衛星画像を利用した漁場形成機構が解明されてきた。一方、200～300mを遊泳する中層メバチマグロ等の漁場形成の解明は、衛星画像では不可能とされてきた。しかし、近年海面高度画像の出現は、これを可能にし、メバチ予測漁場図として延縄漁船に提供され、燃油の節約や計画的な操業に貢献することとなった。

今回、水産庁補助事業「衛星利用漁場探索技術実用化事業(平成21年度～23年度)」により、その知見が得られたので紹介する。

資料と方法 資料として、①メバチマグロ深縄漁場位置データは、平成8年7月～平成23年12月合計14,474点、②平成21年度～23年度海面高度画像、③用船13隻で3ヵ年間XBTによる56個の暖水塊の横断観測を実施、このデータを用いた。

これらのデータを用いて、①季節の応じた平均的な漁場位置の変動、②HSI方式によるメバチの適水温・適深度の解明、③均一水塊を持つ暖水塊の特定、④暖水塊の海洋構造と漁場形成の知見(マグロ延縄の枝縄にSBTを設置し、暖水塊鉛直構造と漁場位置との関係解明)を利用して、自動漁場予測プログラム開発を行なった。

結果 (1)海面高度と200m水深との相関

海面高度画像の海面高低値と200m層の水温値との間に、相関係数が0.9以上の非常に高い有意な相関を示した。こののにより、海面高度は200層の水温パターンを

表現していることがわかった。

(2)黒潮前線以北漁場と暖水塊の位置関係

メバチ漁場を海面高度画像にプロットすると、暖水塊の縁辺部に形成されていた。さらに暖水塊でも北部水域に約88%の確率で形成されていることがわかった。

(3)均一水塊の暖水塊と漁場形成の確率

暖水塊内の均一水塊は、主に冬季の擾乱により形成され、冬を越している。このため均一水塊を持つ暖水塊は平均10ヵ月と長寿であった。暖水塊とメバチ漁場形成の確率は、均一水塊を持つ暖水塊32個中31個に形成され、97%と高いことがわかった。

(4)SBTの枝縄設置によるメバチの鉛直分布

SBTがセットされた枝縄にメバチが、漁獲された2ケースを検討した。漁獲されたメバチは、水深差100m～200mを上下するが、水温値はほとんど変化がみられていない。このことから、均一水塊の内側に分布している可能性が高いことがわかった。

考察 メバチの漁場形成は、古い漁師の言い伝えに「安定した長寿の暖水に形成される」との言葉がある。今回長寿の指標として暖水塊内の均一水塊が指標となることを発見した。その暖水塊の漁場形成の確率は、97%と高いことがわかった。これは均一水塊の暖水が栄養豊富な中層まで分布し、光合成によりメバチが分布する中層の餌条件が良くなっていると考察される。今後、均一水塊を持つ暖水塊の餌条件とメバチ漁場形成との関係を解明する必要がある。

Research and development of potential fishing zone of Japanese common squid in coastal waters of southwestern Hokkaido, Japan

○Xun Zhang * · Sei-Ichi Saitoh** · Toru Hirawake** · Yoshihiko Kamei*** · Naoto Kobayashi***

* Graduate School of Fisheries Sciences, **Faculty of Fisheries Sciences, ***School of Fisheries Sciences, Hokkaido University

Keywords: Japanese common squid · Potential fishing zone · Prediction

1. Introduction

The coastal waters of southwestern Hokkaido are commercially important for Jigging fishery of Japanese common squid (*Todarodes Pacificus*). Fishing vessels equipped with powerful lights gather in the area to fish from June to December every year. Japanese common squid are very sensitive to the surrounding environment, their distribution varies greatly in space and time, and catches are usually dependent on the experience of local fishermen. In this study, we assessed the prediction of fishing zones with habitat suitability model analysis between squid distribution and environmental factors. Results were validated with the fishing activities of T/S *Ushio-Maru*, Hokkaido University.

2. Data and methods

Figure 1 illustrates the diagram of this study. Vessel lights in DMSP/OLS nighttime images were applied as the indicator of Japanese common squid assemblages. We collected the data of daily presence and absence of Japanese common squid assemblages in the years 2000, 2001 and 2002. Corresponding environmental factors of bathymetry, SST (sea surface temperature), chlorophyll-*a* concentration and Kd490 (diffuse attenuation coefficients of downwelling irradiance at 490-nm) were considered to explain the squid distribution. Performances of predicting potential fishing zone of the year 2003 from three models were tested and compared by GAM (Generalized additive model), GLM (Generalized linear model) and BRT (Boosted regression trees). A relatively suitable model was used to predict the potential fishing zones (Fig. 2), and the prediction was validated by fishing activities of *Ushio-Maru*.

3. Results

Results showed that the performance of BRT was more robust than GAM and GLM. The BRT model revealed that the potential fishing zone was correlated to the depth of water (most), SST, chlorophyll-*a* concentration and Kd490 (least). The potential fishing zone gradually moved eastward between June and December and the movements were likely due to the SST seasonal variation. Our prediction facilitated in locating the Japanese common squid fishing grounds and increased catches during recent cruises of *Ushio-*

Maru that was consistent with captain's experience. However, the catches in some cases were really low at the predicted place when captain's experience was different.

Therefore, primary case validation of the daily prediction showed the effectiveness of our model. However, in some cases, the catches were not as expected when our model prediction stood in contrast to captains' experiences. Factors responsible for the discrepancy are being investigated with more data validation.

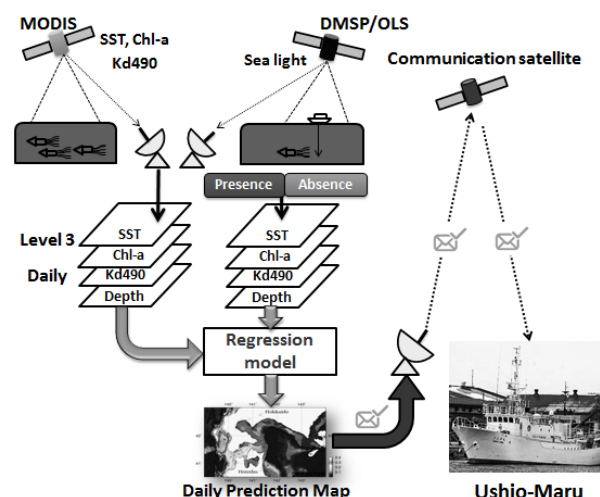


Fig. 1 The schematic diagram of the study

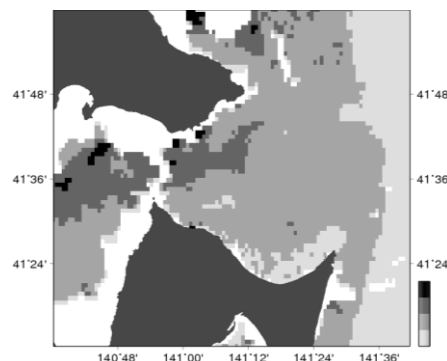


Fig. 2 An example of prediction map on Aug. 30th, 2012
(Blank area was due to cloud)

13 宇和海におけるマアジ幼魚の来遊と暖水流入の関連について

橋田大輔*

* 愛媛水研セ

キーワード：マアジ・来遊・暖水流入・宇和海

はじめに

宇和海で漁獲される尾叉長 73mm 以下のマアジ幼魚は、から揚げ等の加工品の原料として高価格で取引される。このマアジ幼魚は、黒潮起源の暖水塊の宇和海への進入（以下、暖水流入）とともに漁場へ来遊すると考えられてきたが、漁場への来遊と暖水流入の関係について、複数年に亘った検証はなされていない。そこで本研究では、マアジ幼魚の漁期、漁場を明らかにしたうえで、漁場への来遊と暖水流入との関連について検証した。

方法

深浦港と宇和島港に水揚げされたマアジ当歳魚に占める尾叉長 73mm 以下の個体の割合から、2003-2011 年の各年についてマアジ幼魚の漁期を求めた。漁場については、2009-2011 年に実施したまき網船の操業位置の聞き取り調査と生物測定結果から、緯度・経度 200 秒マス目毎に、漁期中におけるマアジ幼魚の漁獲量分布を把握し、漁場を特定した。2003-2008 年は操業位置の聞き取り調査を実施していないため、深浦港と宇和島港におけるまき網船のマアジ当歳魚水揚量およびまき網船 1 統の操業位置から漁場を把握した。

マアジ幼魚の漁場への来遊と暖水流入との関連については、2003-2011 年漁期に宇和島港に入港したまき網船のマアジ当歳魚日別水揚量から漁場への来遊期間を推定し、その期間における暖水流入発生の有無を NOAA 熱赤外画像(以下、衛星画像)および宇和海沿岸域に設置している水深 5m の日別水温から検討した。

結果

漁期は、各年ともに4月中旬から7月上旬の間に認められた。このうち 2009-2011 年漁期について、体長区分したマアジ当歳魚の漁獲量分布を図 1 に示す。各年ともに、マアジ幼魚の漁獲量は 33°10' 分付近から北の北部海域に集中的に分布していた。さらに 2003-2008 年も同様な分布であったと認められ、マアジ幼魚が北部海域へ来遊することで同海域に漁場が形成される事が分かった。

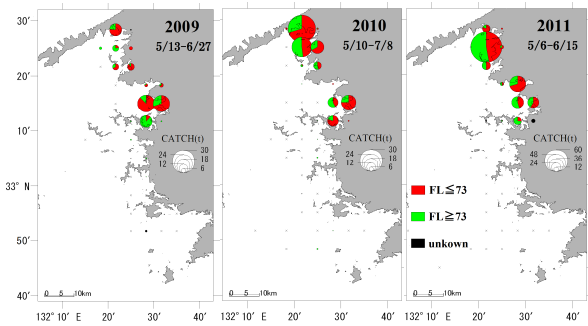


図 1. 2009-2011 年漁期におけるマアジ幼魚の漁獲量分布

北部海域を主操業域とする宇和島港に入港するまき網船 1 統あたりの日別水揚量(CPUE)の変動から、マアジ幼魚の漁場への来遊期間を推定すると、漁場への来遊は計 15 例確認された。このうち最も大きな CPUE の変動を示した 2004 年 5/21-5/27 の期間では、5/24 に暖水が北部海域へ流入している事が確認された(図 2)。そのほか 14 例のうち、衛星画像で検討可能であった 11 例全てにおいても、北部海域へ流入する暖水が認められ、マアジ幼魚が暖水流入とともに北部海域へ来遊している事が示唆された。

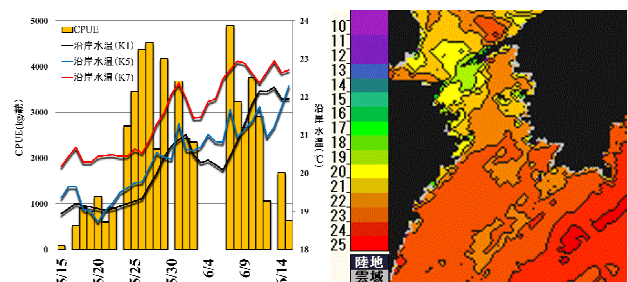


図 2. 2004 年漁期における CPUE の変動(左)と 2004 年 5/24 の衛星画像(右)

また、確認された暖水流入のうち 3 例は沿岸域に急激な昇温を伴うものであったが、残り 9 例は沿岸域の昇温を伴わない水道中央から流入する帯状の暖水であった。これまでマアジ幼魚の漁場への来遊については、黒潮系暖水が四国沿岸域を北上し沿岸域に急激な水温上昇を引き起こす急潮に焦点が当てられていたが、本研究の結果、急潮だけではなく水道中央部から流入する帯状の暖水もマアジ幼魚の来遊と密接に関連することが示された。

14

駿河湾における円石藻の5年間の出現傾向

種と細胞サイズの解析

萩原直樹*・千賀康弘*・仁木将人*・杉本隆成*

* 東海大海洋

キーワード：駿河湾・円石藻・珪藻・出現傾向

1. 目的

円石藻は光合成と石灰化による2通りの方法で無機炭酸を固定するため炭素循環を考える上で重要な微生物である。また、ジメチルサルファイド(DMS)を放出するため硫黄循環においても重要な生物である。炭酸カルシウムの殻を形成し、サイズ組成はナノプランクトン(2~20 μm)であり珪藻より小型である。

1995年東京湾, 相模湾, 1997年ベーリング海, 1999年ポースマス沖, 2007年博多湾などで円石藻のブルームが報告されている。駿河湾でも2007年に *Emiliana huxleyi* のブルームが確認された。円石藻類に関する研究は実験室で実施される基礎研究が多く, 日本近海の実海域における知見はまだ少ない。そこで本研究では, 開放的で沖合水の影響を強く受ける駿河湾を対象にして, 円石藻の個体群動態を解明することを目的に, 2007年から5年間にわたり駿河湾表層円石藻の種と細胞サイズを中心に地理的出現傾向を捉え, 栄養塩環境, 珪藻との競合関係を明らかにすることを目的とする。

2. 方法

清水港と土肥港を約65分で横断し, 昼間4往復する駿河湾フェリー航路にほぼ等間隔に4定点を設け, 船底(海面下4m)から汲み上げたエンジン冷却水から採水した。2008年より隔週で植物プランクトン同定と栄養塩定量を行った。(図-1)

植物プランクトン同定は, 採水試料10~20mlをNuclepore filter(0.2 μm)でろ過したのち走査型電子顕微鏡で計数した。栄養塩定量はWattman GF/Fでろ過

したのちParsons(1984)の方法により硝酸塩, ケイ酸塩, リン酸塩を比色定量した。

3. 結果

2007年から5年間の円石藻の変遷および種組成の出現傾向についての結果を示す。

- (1) 円石藻は水温の上昇する4月から増殖し始め5月から6月に極大を迎えた。高温の夏季には減少し, 水温の低下する10月から11月にも増殖した。
- (2) 3月と10月の珪藻増殖で表層の栄養塩が枯渇するころから円石藻の増殖がみられた。
- (3) 種組成は直径6~10 μm の *Emiliana huxleyi* が多く, 直径8~12 μm の *Gephyrocapsa oceanica* は前者の1/2程度であった。(図-2) 2012年の特徴として5月にサイズが2~3 μm と小型の *G. ericsoni* が出現した。
- (4) 地理的出現傾向として sta.3-4 に多く出現し, sta.1 は少なかった。

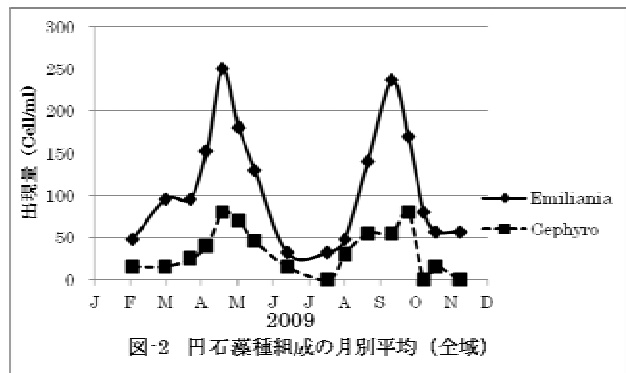


図-2 円石藻種組成の月別平均(全域)

4. 考察

駿河湾において円石藻は混合期が終了した5-6月と成層が崩れはじめる10-11月の2つの季節に増殖する。珪藻の春季ブルームにより栄養塩が減少する5月にまず *Gephyrocapsa oceanica* が増殖し減少すると細胞サイズの少し小型である *Emiliana huxleyi* が増殖する。秋季に入って栄養塩がバランスよく豊富にあると圧倒的に珪藻の増殖がみられるが栄養塩の減少とともに *E. huxleyi* と *G. oceanica* が増殖する。水温については南方系である *G. oceanica* の方が北方系である *E. huxleyi* よりも駿河湾においては低温を好み, 地理的には黒潮系外洋水の影響を受けやすい海域での増殖がみられる。

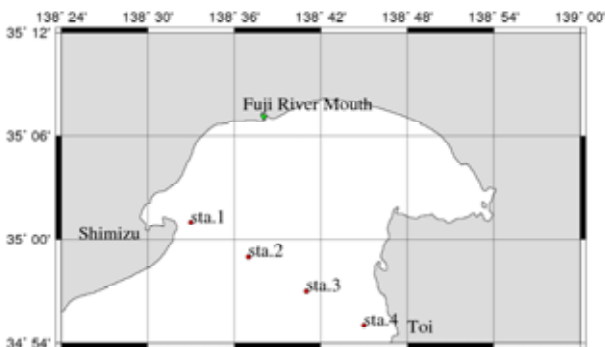


図-1 観測地点の概要

15

日本周辺水域におけるメソ動物プランクトン 標本の保存・管理および利活用

○田所和明*・岡崎雄二*・寛茂穂*・高須賀明典**・市川忠史**・日高清孝**・杉崎宏哉***

* 東北水研 **中央水研 ***水総研

キーワード：動物プランクトン・長期変動・カイアシ類・地理的変動

1. はじめに

動物プランクトンは水産資源の餌として重要な役割を果たしている。そのため水産資源の変動の考える上で、必要不可欠な生物群の一つである。さらに最近の研究から動物プランクトンは表層で植物プランクトンを捕食することで炭素を蓄積し鉛直移動によって中深層へ運ぶ、生物ポンプしても重要な役割を果たしていることが明らかとなっている。すなわち海洋の物質循環を考える上でも重要な生物群となっている。

動物プランクトン標本の特徴としては、他の生物群に比べ定量的な採集が比較的容易なこと、中性ホルマリンによって長期間低コストで保存することができること、さらに小さな標本瓶に収めることができるため、省スペースで保存出来ることといった特徴がある。これらの特徴から大規模な標本コレクションを構築することが可能である、大規模なデータの必要な気候変動や地球規模での生物多様性研究のための研究によく用いられている。東北水研でも長期にわたり収集活動を行い研究に用いてきたが、今年度からさらに、そのシステムを進展させたことから紹介したい。

2. これまで標本の管理体制の構築

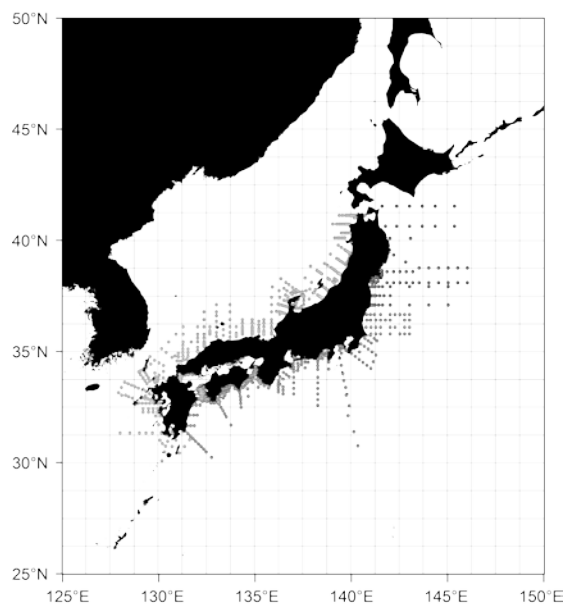
東北水研では小達和子氏らにより、その基礎となるコレクション(オダテコレクション)が既に築かれていた。さらに我々は各水研で収集した標本や気象庁等の他機関が採集した標本を集めることでさらに大規模な標本コレクションの構築を進めた。標本数は、現在までに 31687 本に達し、対象水域は北太平洋の広い範囲に及んでいる。そのなかで 4669 本について種レベルで個体数を分析しており、それらのデータを用いることによって動物プランクトンの長期変動や、生物多様性の地理的な変動についての研究を進めている。

3. 卵稚仔調査標本の体系的な収集

日本周辺水域では水産庁の委託事業として都道府県の試験研究機関が中心となって定点でほぼ毎月、ノルパックネットにより卵稚仔を採集している。しかし、同時に

採集される動物プランクトンについてはあまり活用されてこなかった。またスペースの不足や、保存瓶がプラスチックである場合、劣化して破損するという問題も生じていた。それらを解決するために、2010年3月に東北水産研究所に動物プランクトン標本を収容する専用の施設を設置し、一元的に管理する体制を整えた。本施設では約50万本の標本を収容することが可能である。そして今年度から卵稚仔調査事業で採集したほぼ全ての標本の集積を開始した。全国の定点数は760点で(図1)、今年から年間約7000本の標本が東北水産研究所へ集まる予定である。これの標本についてはまず湿重量の時空間変動について解析を行い、さらにB-VPR(Bench top video plankton recorder)により目レベルで個体数を計測し、さらに必要に応じて検鏡によって種レベルの分析を行う。これらのデータは水産資源研究、海洋生態系への気候変動の影響、海洋での物質循環、生物多様性などの研究に活用される。

図1. 卵稚仔調査定点



○田中祐志*・若林香織*・大竹周作*・石井晴人*・秋葉龍郎**

* 海洋大科学 **産総研セルエンジニアリング

キーワード:フィロゾーマ幼生・オオバウチワエビ・クラゲ

1. 目的

水産増養殖の試験研究では、イセエビ類幼生の初期餌料には主としてアルテミアやムラサキイガイ生殖腺が用いられている。しかし、セミエビ・ウチワエビ類のフィロゾーマ幼生は、しばしば天然海域においてクラゲに騎乗していることが知られている(Shojima, 1963; Thomas, 1963; Herrnkind et al., 1976)。近年、Ates et al. (2007)は、ヒメセミエビ属のフィロゾーマ幼生が管クラゲに跨がって浮遊している事実から、クラゲを餌としてまた捕食者からの防御手段として利用している可能性を指摘した。また、Suzuki et al. (2006)は、天然海域から採取されたフィロゾーマ幼生の胃内容物に刺胞動物や尾索動物などのゼラチン質生物が含まれていることを DNA 分析によって確かめた。いっぽう、Kittaka (1994, 1997)と橋高 (2005)は、ミナマイセエビ属の一種 *Jasus edwardsii* の 3 齢幼生を 6 齢にまで、クラゲを餌として成長させた。これら既往の知見から、セミエビ・ウチワエビ類やイセエビ類のフィロゾーマ幼生をクラゲを主な餌として成長させようと期待される。そこで我々は、オオバウチワエビ *Ibacus novemdentatus* を材料として、フィロゾーマ幼生とクラゲとの関係を調べた。とくに、幼生がクラゲを食うか、食うとすればどのように食うか、また、クラゲだけを食って育ち得るか否かに着目した。

2. 材料と方法

長崎県および愛媛県で漁獲されたオオバウチワエビ *Ibacus novemdentatus* の抱卵個体を東京に陸送し、東京海洋大学品川キャンパス内の水槽 (23°C, 塩分 34) で維持した。親に抱えられていた卵塊から孵出したフィロゾーマ幼生を、ミズクラゲ *Aurelia aurita* だけを与えて飼育した。ミズクラゲは、東京湾から採集したもの、および、実験室で培養したものを用いた。

さらに、東京湾をはじめ各地から得たさまざまなクラゲ (ミズクラゲだけでなく、アカクラゲ、エチゼンクラゲ、カツオノエボシなど 11 種類) を、フィロゾーマ幼生とともに水槽に保ち、幼生がクラゲに対してどのような行動をとるか、観察した。

3. 結果と考察

クラゲだけを摂餌しての成長

ミズクラゲだけを給餌された幼生の大部分は、孵出後 40-55 日でニスト幼生に変態・着底し、その 10-30 日後にもう一度脱皮して稚エビになった (図 1)。この結果は、幼生がクラゲを食うこと、クラゲだけを食って浮遊期を完結し変態着底できることを示している。

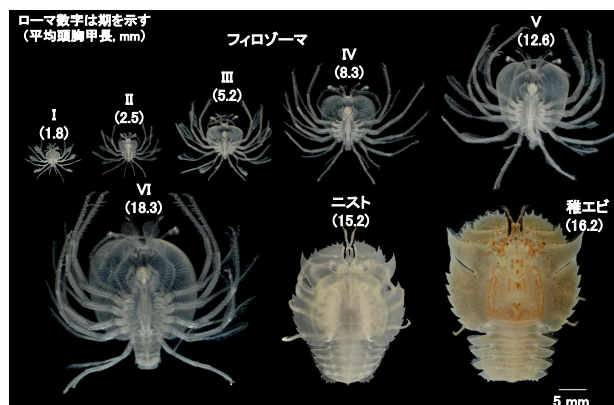


図 1. クラゲだけを餌として成長させたオオバウチワエビフィロゾーマ幼生と、ニスト幼生および稚エビ。

さまざまなクラゲに対する行動

幼生は、11 種類のクラゲを与えたところ、いずれの種類のクラゲにも取り付いて摂餌した。クラゲに接触するとまず上傘の縁まで移動して騎乗し、第 4 あるいは第 5 胸脚の指節を上傘に刺して立ち、続いて第 1 から第 3 胸脚を使ってクラゲの触手を手繰り寄せ、第 1 および第 2 顎脚、口器へと触手を渡して摂食する。多くの場合、まず触手から食べるが、クラゲの種や形などによっては口腕や傘縁から食べ始める場合もある。しかし、どの部位から摂餌を始めても、最終的にはすべての部位を食べ尽くす。以上のことから、オオバウチワエビのフィロゾーマ幼生が多くの種類のクラゲを、それらの刺胞毒に冒されることなく摂餌できることが明らかである。



図 2. さまざまな種類のクラゲを摂餌しながら騎乗するオオバウチワエビフィロゾーマ幼生。

ズワイガニ数値幼生の若狭湾 沖合域への適用性解析

○瀬戸雅文*・小西望美**・山本岳男***

* 福井県大海洋 **京都網野高 ***水研セ日本水研

キーワード：ズワイガニ・数値幼生・若狭湾・遊泳経路

1. 研究の目的

天然海域におけるズワイガニ幼生は、孵出後 2~3 ヶ月の浮遊期間内に広範囲に分散し、生息適地に着底できる個体は極僅かに限定されるものと推定される。ズワイガニ浮遊幼生の移動経路を探索できる技術が開発できれば、資源加入に有利な保護区の特定に繋がり、初期生残率の向上に配慮した保護区の選定など、本種の個体群動態に則した新たな資源管理手法の構築に向けた端緒が開ける。著者らは、ズワイガニ人工幼生のゾエア 1 齢期からメガロバ期に至る遊泳行動を運動方程式で記述し、数値仮想空間内で再現可能な数値幼生を開発した。

本研究は、若狭湾沖合域をケーススタディとして、再解析データで再現した水質・流動場に数値幼生を孵出させて移動分散過程を数値解析し、分布時期や水深帯をもとにズワイガニ数値幼生の適用性を調べた。

2. 研究の方法

ズワイガニ浮遊幼生は、孵出後、走光性に依存して表層付近まで上昇し、成長に伴い増加する水中重量が鉛直推力を上回るタイミングで、降下を開始し着底に至るものとして、その動態をモデル化した。行動実験的手法によりズワイガニ人工幼生の走光性、及び走地性を浮上・上昇・降下速度、及び遊泳頻度で評価し、水温・塩分、分光波長、及び積算水温をパラメータとして定式化して、若狭湾沖合域の日平均層別再解析データを用いて、数値幼生の遊泳行動経路を予測した。

3. 主要な結論

ズワイガニ人工幼生は、積算水温 182 日(甲幅 0.806mm)以降に第 1 期ゾエアに脱皮個体が確認され、275 日(甲幅 1.00mm)でほぼ全てが第 2 期ゾエアとなった。第 2 期ゾエアは、406 日(甲幅 1.35mm)で脱皮が始まり、432 日(甲幅 1.43mm)以降全ての個体がメガロバに変態し、615 日(甲幅 2.18mm)で全ての幼生が着底した。浮遊幼生には、どの齢期にも正の走光性が認められたが、齢期が低いほど波長依存性が顕著となり、特に第 1 期ゾエアは波長 460nm の青色光に敏感に反応し正の走光性を発現した。

若狭湾沖合域は、混合層が発達する 2 月~4 月は、ほぼ全層に亘って流れが弱く、対馬暖流第 1 分枝が強まる夏季

に水深 50m 程度を挟んで上下層で流向が逆転していた。

数値幼生の遊泳軌跡には海中光強度の日変化に応じたノコギリ波形状の上下動が認められ、成長とともに振幅は減少した(図 1 参照)。

数値幼生が遊泳により到達できる水深の最浅値(最大浮上水深)は孵出時期に強く依存し、孵出水深帯(既往知見より 225~275m)より補償深度付近まで浮上できる孵出時期は 2~4 月に限定された。更に、孵出から着底までに移動した水平距離(移動距離)も同時期に孵出した場合が最も短く、同一漁場内に回帰できる可能性が示唆された(図 2 参照)。

同時期に孵出した数値幼生の浮遊水深帯と浮遊時期は、何れも調査船による浮遊幼生の採集条件とほぼ一致しており、本研究で開発されたズワイガニ数値幼生は、実在幼生の浮遊動態を探索するための有用なツールとなることが確かめられた。

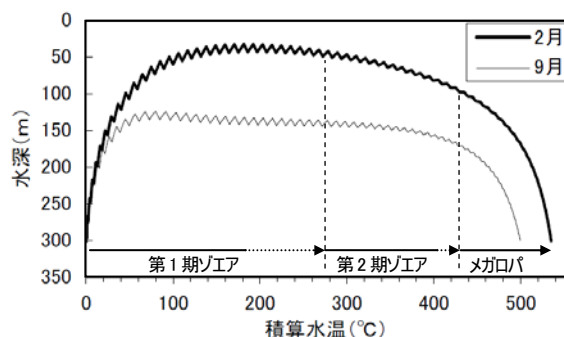


図 1. 数値幼生の浮遊パターンの一例

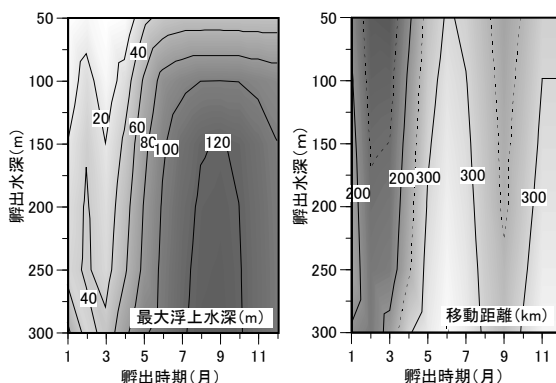


図 2. 数値幼生の最大浮上水深と移動距離

○白藤徳夫¹・中川 亨²・森岡泰三³・村上直人²・市川 卓²
 武山 悟⁴・谷内俊之⁵・安藤 忠⁶

¹水研セ東北水研・²水研セ北水研・³水研セ瀬戸内水研

⁴厚岸湾ニシン資源育成協議会・⁵厚岸漁協・⁶水研セ本部

キーワード：厚岸ニシン・仔稚魚・分布特性

【目的】

北海道厚岸周辺海域には厚岸湾と厚岸湖を主産卵場とする地域性ニシン（厚岸ニシン）が生息しており、重要な漁業資源となっている。北水研では、厚岸ニシンをモデルにニシン資源の管理手法の開発や資源量変動要因に関する調査研究に着手し、その一環として初期生活史の解明に取り組んでいる。本研究では、厚岸ニシン仔稚魚の成育場を特定するため、主産卵場と考えられる厚岸湖内において仔稚魚の採集調査を行いそれらの分布特性を解明することを目的とした。

【材料と方法】

厚岸湖内（Stn. 1～10）および湖口付近（Stn. 11）に調査地点を設定し（図 1）、2009、2010 年は Stn. 1～9 で、2011 年は Stn. 2～4、6、8、10、11 で、2012 年は Stn. 3、6、10、11 で、毎年 4 月下旬から約 1 ヶ月間隔で 3～4 回/年、ニシン仔稚魚の定量採集調査を行った。ただし、2012 年はより短い間隔での定量採集調査も実施した。採集にはフローメーターを取り付けた杵網（フレーム 0.6 × 2.0 m、袋網目合い 1 mm）を用い、船外機船によってこれを曳網した。

2012 年 6～8 月には Stn. 5～7 を中心とした複数の調査地点で小型地曳き網（片袖網部長 3 m、開口部 1.5 m、袋網目合い 5 mm）を船外機船によって曳網することにより稚魚調査を行った。

各調査とも曳網地点では水温を測定した。採集した仔稚魚類からニシン仔稚魚を選別し、採集尾数を計数、全長を測定した。なお、本研究では全長 30 mm 以上の個体を稚魚とした。

【結果と考察】

ニシン仔魚は、定量採集調査によって早い年では 4 月下旬から採集された。毎年 5 月下旬の調査で最も多く出現し、特に Stn. 3、6 の湖内奥域で分布密度が高い傾向が見られた（最高 299.6 尾/100 m³）。飼育実験に基づく既往の知見ではニシン仔稚魚の適水温の上限は 20～22℃とされる。厚岸湖の水温が 20℃を超えるのは例年 6 月中旬以降であり、6 月下旬の調査では湖内水温が 20℃より低い調査地点では仔魚が採集されたが、20℃を上回る地

点では採集されなかった。今後、湖内水温が 20℃に上昇すると仔魚は湖外へ移動するのか、もしくは死滅するのかについての調査が必要である。

ニシン稚魚は、2009～2011 年の約 1 ヶ月間隔で実施した定量採集調査では採集されなかった。そこで 2012 年には仔魚が多く出現した 5 月下旬の調査の 2 週間後に再び定量採集調査を実施したところ、Stn. 3、6 において全長 33.6 ± 2.5 mm（平均値 ± 標準偏差）の稚魚が採集された。その後 2 回/月の頻度で小型地曳き網による稚魚調査を実施したところ、8 月 31 日の最終調査を除いたすべての調査で稚魚が採集された。したがって、これまでの定量採集調査で稚魚が採集されなかったのは、調査間隔等の採集方法に問題があったためと考えられた。稚魚は湖内奥域だけでなく Stn. 2、5、7、8、10 でも採集され、それらの全長は 6 月 18 日、7 月 2 日、8 月 8 日でそれぞれ 33.2 ± 2.6、44.5 ± 4.5、53.8 ± 7.9 mm であった。稚魚調査において稚魚が採集された時の調査地点の水温はおおむね 20℃未満であったが、稚魚が採集されなかった 8 月 31 日の調査では 20℃以上であった。

厚岸湾では例年 10～11 月に行われるシシャモ桁曳き漁で全長 15cm 前後のニシン稚魚（当歳魚）が混獲されている。本研究の結果から、厚岸ニシンは仔魚期は厚岸湖内奥域を主な成育場としているが、稚魚に成長するに伴い生息範囲を湖内全域へと拡大させ、湖内水温が 20℃を上回る頃には水温の低い湾内へと移動するものと考えられた。

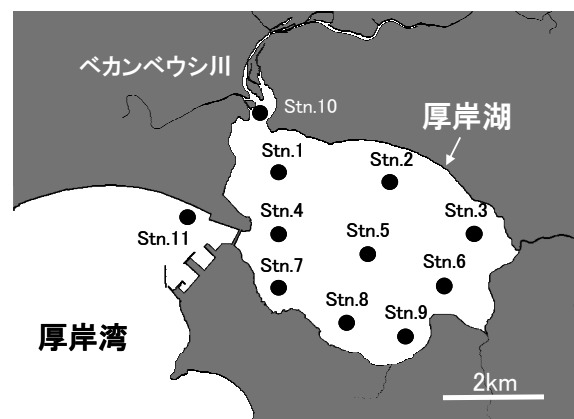


図 1. 厚岸湖内および湾内に設定した調査地点

北海道周辺モデルを用いたスケトウダラ 太平洋系群の卵稚仔輸送実験 ～噴火湾内への輸送/滞留に与える浮力の効果～

○黒田 寛*・高橋大介**・東屋知範*・三寺史夫***

*北水研 **東北大院農 ***北大低温研

キーワード：高解像度モデル・サブメソスケール・粒子追跡実験・浮力の効果

1. 研究目的

噴火湾周辺大陸棚域はスケトウダラ太平洋系群の主要な産卵場所であり、主な産卵期は12～3月である。産卵された卵や孵化した稚仔魚は海流により受動的に輸送され、その輸送過程は、卵稚仔魚の生残率の変動を通じて、加入量については資源量変動を決定する重要な要因であり、特に、噴火湾内への輸送/滞留がスケトウダラ稚仔魚の生残に好適な条件を与えると考えられている。

Shimizu and Isoda (1998)は単純化された2次元モデルと粒子追跡モデルを用いて、北西季節風による吹送流が噴火湾外から湾内への卵稚仔輸送に重要な役割を果たすことを提案している。また、Azumaya et al. (私信)は水研の旧海況予測システムFRA-JCOPE (1/12°)の長期再解析値による流動場を用いて粒子追跡実験を行い、卓越年級群の発生する年においては吹送流と沿岸親潮が弱く、両者が均衡することで日高湾内の流れが停流する傾向にあり、日高湾内に滞留する粒子の割合が増加することを示している。ただし、モデルの解像度が1/12°と粗いため、噴火湾周辺大陸棚域の流動場の再現性は十分ではない。そのため、噴火湾内への輸送と滞留については言及されていない。本研究では、噴火湾周辺での現実的な海況を再現できる高解像度モデルを構築し、受動的な粒子追跡実験を通じて、物理モデルの高解像度化が粒子追跡実験へ与える影響を調べ、さらに、粒子の鉛直位置および非受動的な運動（浮力の効果）の重要性を議論する。

2. 方法

海洋モデルの基盤にはROMS (Regional Ocean Modeling System)を用いる。1/2°北太平洋渦許容モデル、1/10°北西太平洋渦解像モデル、1/50°北海道周辺モデルをone-way nestingで接続し、年サイクルを含む気候値外力によって三つのモデルを駆動した。計20年の積分を実施し、1/50°モデルは最後の5年間で積分した。解析には2年目から5年目の結果を用いる。まず、1/50°モデルによって再現された北海道周辺における海況の季節変動を調べ、モデル出力の妥当性（冬季における沿岸親潮の挙動や夏季における津軽暖流水への水塊交換）を確認した後、モデルの三次元流速を用いて粒子追跡実験を実施した。なお、基本実験では、水平・鉛直方向への乱

流拡散過程を無視した。2月1日に噴火湾口周辺の主要な産卵場に粒子を配置し、その後、2カ月間（おおよそ卵と仔魚期に相当）、粒子を追跡する。

3. 結果と考察

まず、同じ海面外力（CORE normal year forcing）によって駆動した1/10°モデルと1/50°モデルによる粒子追跡実験（基本実験）の結果を比較して、モデルの高解像度化が粒子追跡実験に与える効果を検証した。両モデルによる粒子追跡実験結果は劇的に異なり、(1)両モデルにおいて噴火湾内へ輸送される粒子の挙動が異なる、(2)1/50°モデルにおいて粒子の水平分散が極めて大きい、(3)1/50°モデルにおいて下方への鉛直流により日高湾内の100m以深に粒子が分布する、などの違いがみられ、(1)～(3)については、1/50°モデルで再現されたサブメソスケール変動が重要に寄与している。ただし、スケトウダラ太平洋系群の卵仔魚が100m以深で観測された例はなく、(3)の結果は非現実的である。すなわち、現実の海においては、卵仔魚の鉛直運動は受動的な運動だけでは説明できないことが示唆される。

そこで、卵仔魚と周囲の海水の密度差、即ち、浮力による鉛直運動の効果を定量的に評価した。粒子の鉛直運動として、モデルの鉛直流速にストークスの式から計算される終端速度と補正されたランダムウォーク過程（乱流による鉛直拡散過程）を加え、粒子密度を[1]1023, [2]1024, [3]1025, [4]1026, [5]1026.5Kg/m³に設定し、5ケースの粒子追跡実験を実施した。[1]-[3]の密度はYamamoto et al. (2009)の室内実験結果に基づき、[4]-[5]の密度は噴火湾周辺海域における冬季混合層の密度におおよそ一致する。噴火湾内に輸送された粒子の鉛直分布（3月における頻度分布）をNakatani (1988)のMTDネットによる卵仔魚の鉛直分布（1982年3月の調査）と比較した結果、水深10-20mに垂表層極大を示す[4]の結果が観測の特徴に最も近い。また、興味深いことに、噴火湾内への粒子の輸送/滞留率は[4]が最も高く、他の4ケースと比べても極めて高い値を示していた。すなわち、卵仔魚の密度は鉛直位置を決定する重要な役割を果たし、鉛直位置は卵仔魚の水平輸送に対しても重要に寄与する。粒子の鉛直位置と流速場との関係の詳細は講演時に述べる。

夏季の道南・道東海域における カタクチイワシの産卵と仔魚の分布

林 晃・武邑 沙友里・伯耆 匠二・張 愷・中村 慎太郎・張 輝・
猿渡 敏郎・河村 知彦・渡邊 良朗（東大大海研）

キーワード：親潮系冷水域・卵仔魚分布・仔魚輸送

【目的】

カタクチイワシ (*Engraulis japonicus*) は日本近海に生息する多獲性の浮魚類である。資源量高水準期にあたる近年、親潮系冷水が波及する常磐～道東海域で仔魚の採集例が報告され、本種がこの親潮系冷水域を産卵場として利用していると考えられるようになった。しかし、この海域における本種仔魚に関する研究は少なく、分布様式や成長に関する知見は不足している。演者らが 2011 年 8 月に三陸沖で本種卵仔魚の採集調査を行った結果、調査海域の表面水温は 18.6～24.6℃と比較的高く、全 17 調査点で仔魚が採集された。そこで本研究は、2012 年の同時期に、親潮系冷水の影響がより強く及ぶと考えられる道南・道東海域において本種卵仔魚を採集し、その分布様式を明らかにすることを目的とした。

【材料と方法】

学術研究船淡青丸 KT-12-19 次航海（2012 年 7 月 29 日～8 月 5 日）においてカタクチイワシ卵仔魚を採集した。道南および道東の北緯 41 度 00 分～42 度 50 分、東経 142 度 30 分～145 度 30 分の海域内に一定間隔で設定した 15 の調査点において、夜間に目合い 0.45 mm のニューストーンネットを 2 ノットで 15 分間曳網した。停船時に表面水温を測定し、CTD 観測を行った。航海期間中を通じ、ADCP を用いて流向流速データを取得した。採集したカタクチイワシ仔魚を船上で選別し、5%中性ホルマリン溶液で 1～2 時間固定した後、90%エタノール溶液中に保存して研究室に持ち帰った。卵はその他の採集物とともに 5%中性ホルマリン溶液で固定し、研究室に持ち帰った。研究室にて卵仔魚を同定・計数し、ネ

ット濾水量を用いて卵分布密度 (粒/m³) と仔魚個体数密度 (尾/m³) を調査点別に算出した。仔魚の標準体長を実体顕微鏡下でデジタルノギスを用いて 0.1 mm まで測定し、耳石を摘出した。耳石はスライドガラス上にエナメル樹脂を用いて包埋し、耳石日輪解析システムを用いて日輪の計数と日輪間隔の計測を行った。

【結果と考察】

調査海域の海洋環境は襟裳岬南方の海底地形の影響を強く受けており、津軽暖流水が観測された襟裳岬以西の表面水温は 19.4℃～21.7℃、親潮が観測された襟裳岬以東の表面水温は 12.4℃～18.5℃であった。カタクチイワシ仔魚は表面水温が 17.0℃以上であった道南（北緯 41 度 40 分以南）の 9 調査点で、卵は道南の 9 調査点に加えて表面水温が 15.9℃であった道東（北緯 42 度 20 分以上）の 1 調査点で採集された。また、卵と仔魚の分布密度の間に相関はなく、両者は空間的に異なる分布様式を示した。採集されたカタクチイワシ仔魚の体長範囲は 1.5～19.1 mm (モード：6.0～7.9 mm)、日齢範囲は 5～27 日齢 (モード：11～15 日齢) であった。調査海域では平均 0.9 ノットの南向きの海流が観測され、卵と仔魚の分布様式の違いは、海流によって移送された期間が両者の間で異なるためと考えられた。

本研究から、カタクチイワシは下層に親潮が存在する夏季の道南・道東海域においても、表層水温が高ければ産卵を行うことが明らかとなり、孵化した仔魚は南向きの海流に乗って環境がより温暖な南方へ移動しながら成長すると考えられた。

北海道オホーツク海産マガレイ稚魚 の孵化日・成長履歴と年級群豊度との関係

○城 幹昌*・和田昭彦**

* 道網走水試 **道中央水試

キーワード：マガレイ稚魚・成長履歴・孵化日・年級群豊度

1. 目的

北海道北部日本海～オホーツク海に分布するマガレイは重要な沿岸漁業資源である。水産試験場による研究から、本系群には数年おきに高豊度年級群が発生し、これが漁獲を支えることで資源水準が維持されていることがわかっている。一般に、仔稚魚期の生残の良し悪しが加入量を概ね決定していると考えられており、それに関して孵化時期や仔稚魚期の成長と初期生残との関係が調査されているが、本種に関するこれらの知見はない。今回は本系群の2006、2007、2009年級群稚魚の耳石日周輪解析を行い、水温が孵化日や仔稚魚期の成長に与える影響を調べるとともに、加入量との関係について考察した。

2. 材料と方法

本系群の稚魚・1歳魚は2006、2007、2009年の8月下旬にオホーツク海の雄武町沖(図1)で、ソリネット(コードエンド目合13mm)を約2ノットで10分間曳網して採集した。稚魚の日周輪解析には無眼側の礫石を用いた。礫石はエポキシ樹脂でスライドガラス上に包埋し、耳石日周輪の計数と輪紋幅の計測は生物顕微鏡で400～1000倍に拡大して記録した画像を、耳石日周輪計測システム(Ratoc)に取り込んで行った。輪紋形成開始日(≒孵化日)は採集日から輪紋数を引き算して求めた。仔魚期・稚魚期の日間成長量は輪紋幅を指標とした。

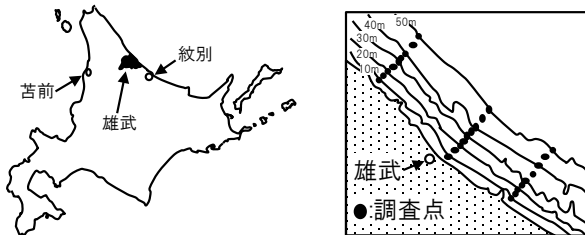


図1 調査海域の位置

オホーツク海へ卵・仔魚期に輸送されるマガレイ稚魚は北海道北部日本海沿岸で産卵されると考えられるため、苫前町沖の水温を産卵期の水温の指標とした。稚魚の生息水温としては、成育場である雄武町沖に比較的近い紋別市沖の水温を用いた。

各年級群の加入レベルは、調査で採集された1歳魚の密度(個体数/地点数)を指標とした。この値は、VPA

で推定された1歳時資源尾数と正の相関がある。

3. 結果と考察

2006、2007、2009年級群の1歳魚密度指数は、それぞれ5.3、14.9、4.0で、2007年級群の密度は1976～2009年の間で6番目に高く(図2)、高豊度年級群であると考えられた(2006:22番目、2009:24番目)。

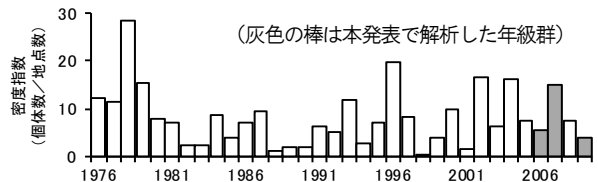


図2 雄武町沖の幼魚調査で得られた1歳魚密度指数

2006、2007、2009年の苫前町沖の5月上旬の水温は、それぞれ6.6、9.2、9.1℃で、その後も2007・2009年は高く、2006年の水温は低く推移した。2006、2007、2009年級群の輪紋形成開始日の中央値はそれぞれ、5月31日、5月17日、5月19日であり、5月の産卵場近くの海域の水温が高い年は孵化時期が早かった。中央値の日における産卵場水温は9～10℃の間の狭い範囲にあった。

仔魚期の日間成長量は15日齢までは年級群間で差はみられなかったが、20日齢以降では2006・2007年級群で速く、2009年級群が有意に遅くなった。稚魚期の日間成長量は20日齢までは2006年級群が他の2年級群よりも速かったが、30日齢には2007年級群の成長が好転したため2006>2007>2009の順で有意に異なった。40・50日齢では2007年級群の成長はさらに好転し2006年級群に並び、2009年は他の2年級群より有意に遅かった。稚魚期成長は水温が高い年ほど速く、2007年の稚魚成長の好転は水温の季節的変化と良く一致していた。

水温は、本系群の孵化時期・初期成長に強く影響していることがわかった。2007年級群(高豊度)の孵化時期・仔魚期成長・稚魚期成長の各要素に他の2年級群とは明らかに異なる特徴はみられず、これらの要素が単一で高豊度年級群発生に寄与したのではない可能性が高い。一方で、2007年級群は孵化時期が早く、かつ仔魚期の成長も速かったことから、この2つの要素の組み合わせが高豊度年級群発生の鍵となっている可能性が考えられた。

サバ類卵稚仔の伊豆諸島周辺～ 犬吠崎沖海域における出現状況（2012年4月）

○高橋正知*・本田 聡*・久保田洋*・川端 淳*・渡邊千夏子*・斉藤真美**

*水研セ中央水研 **日本エヌ・ユー・エス

キーワード：サバ類卵稚仔・主産卵場海域・出現

背景と目的

マサバ太平洋系群は主産卵場である伊豆諸島周辺海域で3～4月に孵化したものが資源の主体になると考えられ、孵化後約1ヵ月の間の経験環境や初期成長がその後の加入生残に大きく関わると考えられている。このためマサバの初期生残には主産卵場である伊豆諸島周辺から成育場である黒潮親潮移行域までの海域が注目され、黒潮に輸送される間の仔稚魚の成長や発育の実態が求められる。本研究ではそれらの実態把握のため、新たに当該海域における調査を計画し、主産卵場～続流域における卵および仔稚魚を対象としたサンプリングを行った。同時に、仔稚魚をとりまく環境を把握するため、併せてCTDによる海洋観測やクロロフィル測定による基礎生産力調査、NORPAC ネットによる餌環境の調査を行った。本報告では新たに設定した上記調査の概要および得られたサバ類卵稚仔の出現について報告する。

材料と方法

2012年4月19～25日に、伊豆諸島周辺～犬吠崎沖海域に20測点を設定し、各測点においてなるべく昼夜1回ずつ、計39回の調査を行った。仔稚魚採集のため、ニューストーンネット（網口幅1.3m、網口高0.75m、目合0.45mm）による表層曳網（3ノットで10分間）、およびMOHTネット（口径2.24×2.24m、目合1.59mm）による中層曳網（3.0～4.0ノットで30m→20m→10mで10分間階段曳き）を行った。併せてNORPACネット（100μmおよび335μm、150mから鉛直曳き）による卵稚仔・プランクトン採集、CTDによる150mまでの鉛直水温・塩分測定および採水（海面、10m、20m、50m、100m、150m）・クロロフィル測定を行った。

結果と考察

調査海域および測点は、マサバ太平洋系群の主産卵場とされる黒潮内側の伊豆諸島周辺200m以浅の海域（銭洲、三宅島、神津島、ひょうたん瀬、利島、

大室出し）に8測点を設定した。また、輸送される卵稚仔を捉えるために房総半島南部～犬吠崎沖東部海域にかけて東西方向に3本の定線を設定し、各定線上に4測点を配置、計12測点を設定した（図）。

調査期間中、当該海域は接岸傾向にある黒潮の暖水波及を受けて表面水温18～20℃台と、産卵場形成の好適条件に恵まれた。本調査においても多数のサバ類卵稚仔が入網した。NORPACサンプルによるマサバ卵の水平分布は伊豆諸島周辺から房総半島南部海域で多く、特に三宅島・利島・大室出しおよび房総半島南部海域に集中した。ゴマサバ卵の出現もこれに準じたが出現数は少なかった。一方、仔稚魚は産卵場から犬吠崎沖海域にかけて連続的に分布し、犬吠崎沖海域で多く出現した。

以上のことから、本調査で設定した測点で主産卵場を起源としたサバ類卵稚仔の輸送が捉えられたと考えられ、産卵場～成育場におけるマサバ卵・仔稚魚の実態を把握できる可能性が示された。今後は得られた仔稚魚についてDNAによる両種の種判別を進め、耳石による日齢・成長解析、胃内容物組成と餌環境の比較、発育段階毎の輸送過程等、初期生残に関わる実態を解明していきたい。また、経年的な調査を継続することで、海況変動による産卵場の移動の様子も捉えられるものと期待される。

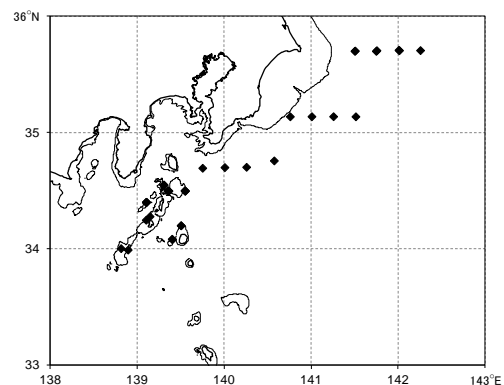


図. 2012年4月に行った調査測点（等深線は200m）.

*本研究は資源変動要因分析調査（水産庁補助事業）の一環で行われた。

資源高水準期における マダイ瀬戸内海東部系群の産卵場

○銭谷 弘*・小畑泰弘**

* 水研セ瀬戸内水研 **水産庁

キーワード：瀬戸内海東部・産卵場・マダイ・モノクロナール抗体

目的

近年、瀬戸内海東部海域に分布するマダイの資源量は高水準である。この海域のマダイの主産卵場は、淡路島周辺海域と考えられていたが、戦前の資源高水準期には、備讃瀬戸海域にも大きな産卵場があったとの情報もある。

本報では、近年の資源高水準期における瀬戸内海東部海域のマダイの産卵場を調査し、資源高水準期の主産卵場について検証する。

方法

瀬戸内海区水産研究所所属調査船「しらふじ丸」により2007年～2010年5月に図1に示した調査点でポンゴネット（口径70cm，目合い0.3mm，濾水計装着）の表層～底層-2m～表層までの斜め曳網（船速1～2ノット）を実施した。採集物から卵径8.5～11.0mmの魚卵を選別後，大西ら（2003）のモノクローナル抗体法によりマダイ卵を染色し，識別・計数した。

各調査点においてCTD観測，採水バケツおよびバンドン採水器による表層，10m，20m，底-2m層水の採取，改良型ノルパックネット（口径45cm，目合い0.1mm，濾水計装着）の底層-2m～表層までの鉛直曳網を実施した。

CTD観測で得られた表層～底層までの水温データをもとに各点の平均水温を求めた。各層毎の採集海水1リットルをメンブレンフィルターで濾過後，濾紙上の採集物を研究室に持ち帰りカイアシ類ノープリウス幼生の計数に供した。改良型ノルパックネットの標本はカイアシ類の分布密度の計数に供した。

上記の魚卵およびプランクトン採集物は5～10%海水ホルマリンで固定，保存した。

結果

前期発生卵（受精からモラル期まで）は淡路島沿岸域（AW海域）と家島・小豆島・備讃瀬戸海域（ISB海域）で採集された（図2）。後期発生卵（モラル期以降）の分布海域は前期発生卵とほぼ同じであった。

AW，ISB両海域のマダイ卵の卵径には差がないが，AW海域の方がISB海域の水温より高い傾向があった。また，カイアシ類ノープリウス幼生の分布密度には両海域で差はなかったが，カイアシ類の分布密度はISB海域の方

が高い傾向があった。

考察

資源高水準期には既報で示されていたとおり備讃瀬戸を含む海域に主産卵場があることが確認できた。ISB海域ではAW海域と同程度の卵径の卵が産み出されているものの，AW海域と比較して水温がやや低いので，卵期の生残率がAW海域と比較して低い可能性がある。しかし，摂餌開始後の餌であるカイアシ類の分布密度が高いので餌環境はAW海域と比較して良好であると判断した。

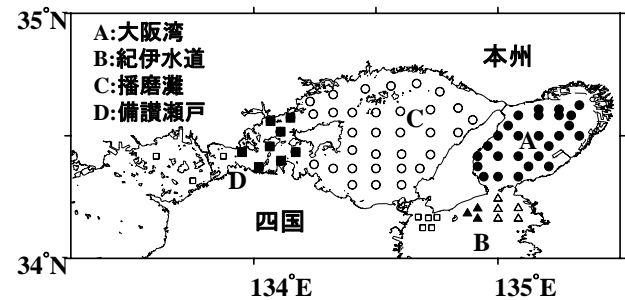


図1 調査点図

2007年のみ実施（○）；2008，2009年実施（●）；2009年のみ実施（△）；2009，2010年実施（▲）；2010年のみ実施（□）；2007，2010年実施（■）

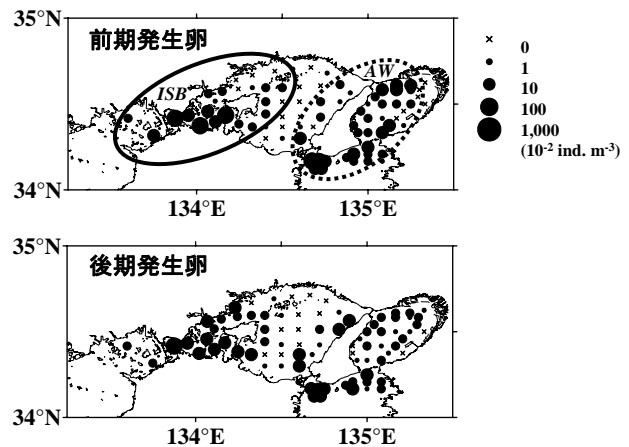


図2 マダイ卵の水平分布図

前期発生卵（上図），後期発生卵（下図）

刺網の目合と ナルトビエイの捕獲サイズの関係

○宇野 潔*, 城内智行*, 山口敦子**, 中田英昭**, 原武史***, 西村明****, 山口信司*****

* 一般財団法人 九州環境管理協会 ** 長崎大学水産学部 ***一般社団法人全国水産技術者協会

**** 独立行政法人 水産総合研究センター西海区水産研究所 ***** 農林水産省九州農政局

キーワード：有明海・ナルトビエイ・資源管理

1. 研究の目的

有明海では、アサリ、サルボウ等の二枚貝類が主要な漁業生産となっていたが、1980年代以降その漁獲量は減少している。二枚貝類減少要因のひとつとしてナルトビエイによる食害が挙げられており、農林水産省、有明海沿岸の自治体、漁協では、ナルトビエイの駆除に取り組んでいる。駆除方法は、現地の漁業者が所有するマナガツオ等を漁獲するための刺網を流用したものであり、ナルトビエイを効果的に捕獲・駆除するための目合は検討されていない。

本研究では、駆除の効果を高めるため、刺網の目合の違いによるナルトビエイの捕獲サイズ、重量の違いを明らかにし、最も捕獲量の多い目合および再生産に関する成熟個体を効率的に捕獲できる目合について検討した。

2. 材料と方法

有明海において、ナルトビエイの捕獲調査を平成21年から平成24年の各年7月から9月に実施した。捕獲には目合10cm～46cmまでの刺網を使用した。刺網の目合とナルトビエイの捕獲サイズとの関係について、30個体以上が捕獲された際の個体の体盤幅を整理し、目合との関係を求めた。

目合の違いによる捕獲量を調べるため、目合18cm、30cm、46cmの3種類の刺網を同時に設置し、目合別に捕獲個体数、体盤幅および重量を測定した。

成熟個体の体盤幅を推定するため捕獲したナルトビエイについて、雄は交接器長の測定、雌は胎仔の有無を調べた。

3. 結果および考察

刺網の目合と捕獲個体の体盤幅の関係(図1)をみると、目合15cmでは平均74cm、目合40cmでは平均104cmというように、目合が大きくなるにしたがって平均体盤幅は大きくなっているが、体盤幅のバラツキは目合にかかわらず一定であった。このことから、刺網の目合を変えることにより、特定の体盤幅の個体を捕獲できることが分かった。

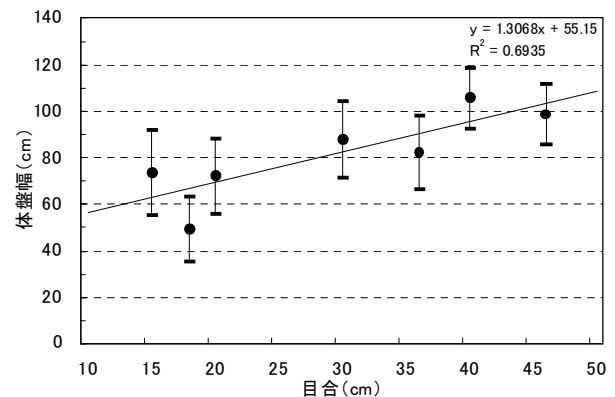


図1. 目合と体盤幅の関係 (エラーバーは標準偏差を示す)

目合の違いによる捕獲量は、個体数では目合18cm、30cmの2種類で多く、重量では目合18cmよりも大型の個体が捕獲される目合30cmで最も多かった。目合46cmで捕獲量が少なかった要因について検討するため、目合46cmで捕獲される個体の体盤幅を網の目合と捕獲個体の体盤幅の関係式から推定すると約100cmとなった。本研究では、有明海におけるナルトビエイの大型個体の減少がみられており、このことが目合46cmでの捕獲量が少ない要因と考えられた。

雄の体盤幅と交接器長の関係をみると、体盤幅が72cm～80cmで交接器長が急伸しており、雄は体盤幅80cm以上になると成熟していると考えられた。

胎仔を有していた雌の体盤幅は約100cmであり、雌ではこれ以上の体盤幅の個体が成熟していると考えられた。

そこで刺網の目合と捕獲個体の体盤幅の関係式を用いて、体盤幅80cm～100cm以上の個体を捕獲可能な目合を算出すると約30cm以上であることが分かった。

これらのことから、目合30cmの刺網を用いることで、捕獲の個体数、重量が多くなるとともに、再生産に関わり、有明海での個体数増加に寄与する成熟個体を効果的に捕獲可能であることが分かった。

ニシンの産卵親魚および卵仔魚の
サイズの海域間比較

○武邑沙友里*・白藤徳夫**・山根広大*・堀井貴司***・河村知彦*・渡邊良朗*

*東大大海研 **水研セ東北水研 ***道釧路水試

キーワード：ニシン・体サイズ・海域間比較

【目的】

ニシン *Clupea pallasii* は、北太平洋に広く分布する亜寒帯性の魚種である。日本では北海道と本州北部太平洋側の沿岸域を中心に生息しており、重要な漁業資源となっている。しかし、1950年代以降に本種の漁獲量は激減し、その要因は解明されていない。

本種は異なる海域を産卵場として利用する複数の系群から構成され、海域間で漁獲量の変動様式が異なることが知られている。北大西洋に分布するタイセイヨウニシン *Clupea harengus* では、産卵親魚とそれらから産み出された卵および仔魚のサイズに海域差があることが報告されており、仔魚のサイズはその海域での生残率や新規加入量に影響を及ぼすことが示唆されている。太平洋のニシンでも、親魚や卵仔魚のサイズに海域差があるのか、またどのような要因が海域差を生み出しているのかを調べることは、海域毎の漁獲量の変動要因を明らかにする上で重要である。本研究では、ニシンの産卵親魚および卵仔魚のサイズを海域間で比較した。

【方法】

2012年4月中旬に北海道東部の厚岸海域（厚岸湖および厚岸湾）と風蓮湖で産卵親魚を採集した。厚岸海域の親魚56尾、風蓮湖の親魚36尾について、0.1 cm単位で尾叉長を、0.1 g単位で体重と生殖腺重量を測定し、生殖腺体指数（GSI）を算出した。これらの親魚から卵および精子を得て人工授精した。一部の受精卵を5%中性ホルマリン溶液で固定し、そのうちの50粒について、デジタル顕微鏡を用いて0.01 mm単位で卵径（長径と短径の平均値）を、精密電子天秤を用いて0.01 mg単位で卵重量を測定した。親魚の生殖腺重量を平均卵重量で除した値を孕卵数とした。残りの受精卵をマブシ（シュロ製のブラシ状基質）に付着させ、これを500 Lの黒色円筒形ポリカーボネート水槽に収容して飼育した。自然

水温である5.2°Cから、調温海水を加えて毎日約1°Cずつ上昇させ、孵化時に13°Cとなるように飼育水温を調節した。また、1日あたり3回換水した。一部の仔魚が孵化していることを確認してから16時間後に、仔魚を無作為に採集して5%中性ホルマリン溶液で固定した。そのうちの50尾について、デジタル顕微鏡を用いて0.01 mm単位で脊索長を、精密電子天秤を用いて0.01 mg単位で体重を測定した。

【結果】

3歳と推定される産卵親魚のサイズを比較したところ、雌の尾叉長が厚岸海域では 28.2 ± 0.9 cm（平均 ± 標準偏差）であったのに対し、風蓮湖では 26.4 ± 0.9 cmと、厚岸海域で有意に大きかった（t-test, $p < 0.05$ ）。GSIも、厚岸海域では 28.2 ± 5.3 、風蓮湖では 22.4 ± 5.2 と、厚岸海域で有意に高い値を示した（ $p < 0.05$ ）。なお、雄では尾叉長のみが厚岸海域で有意に大きかった（ $p < 0.05$ ）。孕卵数は、厚岸海域では 44200 ± 9400 、風蓮湖では 33200 ± 7800 であり、厚岸海域で有意に多かった（ $p < 0.05$ ）。

受精卵の卵径と卵重量は、厚岸海域では 1.38 ± 0.08 mm、 1.38 ± 0.19 mgであった。一方、風蓮湖では 1.34 ± 0.07 mm、 1.20 ± 0.19 mgと、いずれも厚岸海域で有意に大きかった（いずれも $p < 0.05$ ）。

孵化0日齢の仔魚の脊索長と体重は、厚岸海域では 8.64 ± 0.38 mm、 0.54 ± 0.09 mgだったのに対し、風蓮湖では 8.00 ± 0.31 mm、 0.48 ± 0.08 mgと、いずれも厚岸海域で有意に大きい値を示した（いずれも $p < 0.05$ ）。

以上の結果より、厚岸海域のニシンは風蓮湖のニシンよりも、産卵親魚およびそれらから産み出された卵仔魚のサイズがともに大きいことが分かった。今後はどのような要因が親魚と卵仔魚のサイズの海域差に影響を及ぼしているのかを、海域数を増やして詳細に調べていく予定である。

26 濁りによるカタクチイワシ仔魚の成長率の向上

○大畑亮輔・益田玲爾・山下 洋

京大フィールド研

キーワード：カタクチイワシ・濁度・成長・シラス

1. 目的

水の濁りが仔魚の成長・生残率を向上させることは経験的に知られており、緑藻類であるナンノクロロプシスを投入し飼育水に濁りを与えることは、種苗生産の現場において常識となっている。こうした方法が仔魚の成長および生残を向上させる要因として、ストレスの軽減や摂餌効率の向上などの要因が考えられているが、実際に水の濁りと仔魚の成長との関係を直接明らかにしようとした研究はほとんどない。

カタクチイワシのシラス漁場は、濁度の高い河口域および沿岸海域に形成される。また、本種は濁水を被食シエルターとして利用し、魚食性の捕食者から身を守っていることがわかってきた。このような水の濁りを利用した生残戦略を持つ本種について、成長率に及ぼす濁度の影響について検討するために、飼育実験を実施した。

2. 方法

200Lの円形水槽に透明区および濁水区を設定し、実験終了時における成長および生残率を比較した。カタクチイワシは、親魚候補を舞鶴市田井の定置網漁船に乗船して採集した。これらを京都大学舞鶴水産実験所内で飼育し、自然産卵により受精卵を得た。

開口日から実験を開始した群および開口から10日間経過した群の2サイズ群について実験を行った。前者では受精卵を各タンクに約2000粒ずつ収容し、後者では各タンクに500尾ずつ仔魚を収容した。飼育実験の期間は両サイズともに20日間とした。それぞれの条件で3試行の実験を行った。日照時間は明条件12時間とし、明条件の時間帯において、濁度を調節するためにカオリンを4時間ごとに1g投入した。

3. 結果

開口日から実験を開始した群においては、20日間における成長率は、濁度区において有意に高かった。一方、開口10日後から20日間実験を行った群では、両区において成長に差はなかった。これらの結果から、摂餌開始期の仔魚では水の濁りが成長を促進するが、ある程度成長した仔魚では成長率に濁度はあまり影響しないことが示された。

4. 考察

本研究では、摂餌開始期のカタクチイワシ仔魚では水の濁りによって成長が促進されることが示された。先にマダイおよびクロダイ仔魚でも本研究と同様の実験を行った結果、摂餌開始期の仔魚では濁水区で成長率が有意に高く、成長した個体では濁水区と透明区で差がないという結果が得られている。これらの結果をふまえると、摂餌開始期の仔魚の濁りによる成長率の向上は、海産魚類仔魚にとって普遍的な現象である可能性が考えられる。

本研究の次なるステップとして、摂餌開始期の仔魚を複数の濁度条件で飼育し、同時期の仔魚の成長に最適な濁度を検証する必要がある。

ここで、水の濁りによって仔魚の成長が促進された理由の一つとして、適度な水の濁りによって餌のコントラストが良くなり、摂餌効率が向上した可能性が挙げられる。この点を検証するために、濁度のレベルを調製し、仔魚の摂餌に及ぼす濁度の影響を検証する実験をすでに実施しており、現在解析を進めている。

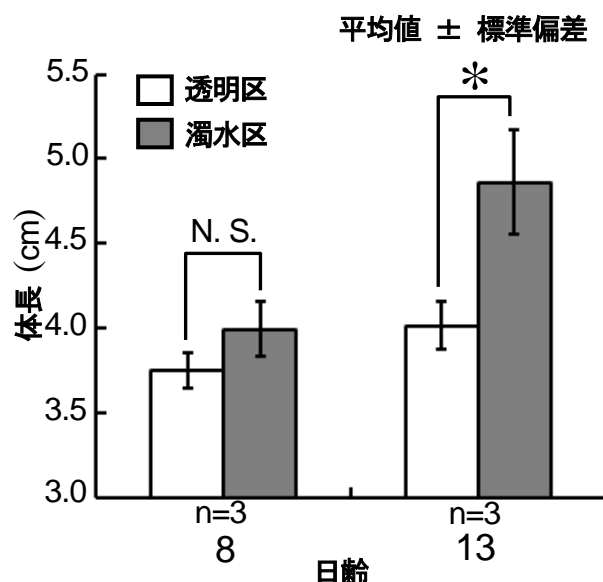


図. カタクチイワシ仔魚の成長と濁度の関係。

*は濁度間での成長率の差を表す

($P < 0.05$, t-test).

人為的環境改変がニホンウナギの 分布や成長に与える影響

○板倉光・北川貴士・木村伸吾（東大院新領域/大海研）
キーワード：ニホンウナギ，利根川水系，護岸工事，胃内容物調査

1. はじめに

ニホンウナギ (*Anguilla japonica*) は我が国の重要な水産資源であるが，その漁獲量は近年激減しており，資源の保全が急務となっている。本種資源の減少の一因として，沿岸域における生息環境の悪化が指摘されている。沿岸域は，本種が成長期にあたる黄ウナギとして数年から十数年間を生息する重要な場所であるため，生息環境の悪化は資源の動向を大きく左右するものと考えられる。実際に護岸による改修工事が進行している河川・湖沼ほど漁獲量の減少率が高いことがこれまでの研究によって明らかになっている。しかしながら，護岸工事が本種の生態にどのような影響を及ぼすか，その詳細は不明である。外洋域と沿岸域双方に跨って展開される本種の生活史の中で，成長期を過ごす沿岸域だけが人為的に管理可能であり，生息環境の変化が本種の生態に与える影響を明らかにすることは資源の効果的な保全策の立案のために極めて重要である。そこで本研究では，護岸と非護岸（自然河岸）水域におけるニホンウナギの分布特性と摂餌生態を比較することで，環境改変が本種の生態に及ぼす影響を餌料環境から明らかにすることを目的とした。

2. 材料と方法

利根川水系本流および同水系印旛沼に採集定点を設け，2011年6月から2012年10月の間，全定点において毎月2回，竹製の鰻筒を用いてニホンウナギを採集した。各定点は複数の護岸と非護岸水域からなり，それぞれに2本1組とした筒を30組ずつ設置した。得られた個体は船上にて直ちに氷締めにした後，研究室へ持ち帰って冷凍し，後日解凍して解剖を行った。

筒の設置数当たりの採集個体数からCPUEを求め，個体数密度の指標とした。また，耳石輪紋解

析によって各個体の年齢を推定し，年間成長速度を求めた。胃内容物調査によって胃内容物出現率（採集個体数に占める胃内容物が出現した個体の割合），胃充満度指数（体重当たりの胃内容物重量）を求めた。餌生物の多様性について，胃内容物の出現個体数から多様度指数を算出した。得られたパラメータを各定点内の護岸と非護岸水域において採集された個体群間で比較した。

3. 結果と考察

CPUEは護岸に比べ非護岸水域で高い値を示した。また，年間成長速度は護岸に比べ非護岸水域で採集された個体の方が高い値を示し，本水系におけるニホンウナギは護岸水域に低密度・低成長で分布する一方で，非護岸水域に高密度・高成長で分布する傾向にあることが分かった。

胃内容物分析の結果，胃内容物出現率は護岸に比べ非護岸水域で採集された個体の方が高い値を示し，摂餌個体が多かった。また，胃充満度指数も同様に，護岸に比べ非護岸水域で採集された個体の方が高い値を示し，摂餌量が多かった。胃内容物の出現個体数から両水域の餌生物の多様度を求めた結果，護岸に比べ非護岸水域で採集された個体の方が高い値を示した。これら胃内容物分析の結果から，護岸に比べ非護岸水域は餌生物の種数と量が豊富な環境であることが示唆された。

以上より，本水系におけるニホンウナギは餌生物が豊富な非護岸水域に高密度，高成長で分布する一方で，餌生物が乏しい護岸水域に低密度，低成長で分布する傾向にあることが明らかになった。このことから，餌料環境の違いに起因する食性の違いによって分布や成長に差が生じている可能性が示唆された。護岸による河川改修工事は，餌料環境を悪化させることで，本種の生態に悪影響を与えているものと考えられる。

○高科直*・舞木昭彦**

*九州大・システム生命 **龍谷大・理工

キーワード：海洋保護区・レジームシフト・個体群動態モデル・漁業政策

1. 研究の目的

漁業資源管理の失敗などに起因する乱獲や資源崩壊が世界的に報告されている。資源崩壊に伴う、漁獲努力量制限などの管理方策を適用した結果、資源状況が改善する例が見られる一方、数十年の時間スケールで見ても、資源回復の兆しが確認できない例が多く存在する。

資源の回復が見られない現象を説明するため、これまで (i) 観測時間スケールの不十分性、(ii) 個体数がある水準を下回ると再生産能力が低下するという *depensation* の存在、そして (iii) (長期観測データによりしばしば指摘されているが) 環境に複数の安定状態が存在しているためである、というような仮説が立てられてきた。資源が回復しないような現象を引き起こすメカニズムが異なれば、管理方策も異なってくるだろう。しかし、これまでに、それぞれの仮説に応じた資源回復の指針とすべき方策についてはあまり議論されてこなかった。選択肢を増やし、かつ迅速な意思決定を促す為に、外部から因果関係を与えるトップダウン的なアプローチも必要である。

本研究では、そのようなアプローチの例として、特に (iii) の複数の安定状態の存在を仮定した場合、乱獲されている漁業資源が、漁獲努力量制限のアナロジーである海洋保護区の導入に対して、どのような応答をするのかという事を理論的な枠組みから考察する。

2. 方法

漁業資源の個体群ダイナミクスを、複数安定状態の存在下での漁業活動を仮定したときに慣例的に用いられる数理モデル (May, Nature, 1977) を用いて記述する。初期条件を、資源量が低水準で安定に推移するような値をとり、海洋保護区の割合の変化に伴い、平衡個体数の値がどのように変化するか、数値シミュレーションを行う。資源管理の方策として、保護区の導入に伴い、操業可能領域において (1) 漁船が増加する場合と、(2) 漁船の数が変化しない場合を考察する。

3. 結果

資源が低位で安定的に推移している場合、海洋保護区の導入が平衡個体数の増加に寄与しない場合があることが分かった (図 1)。また回復効果がある場合には、劇的に平衡個体数の数が増加する。低位で安定的に推移している資源が回復する為には、漁場に対して保護区の割合

を一定量以上にする必要性が示唆された。また、資源管理方策の (1) を採用した結果、資源の回復を見込む為には、より大きな割合の保護区の導入を必要とすることが分かった (図 2)。

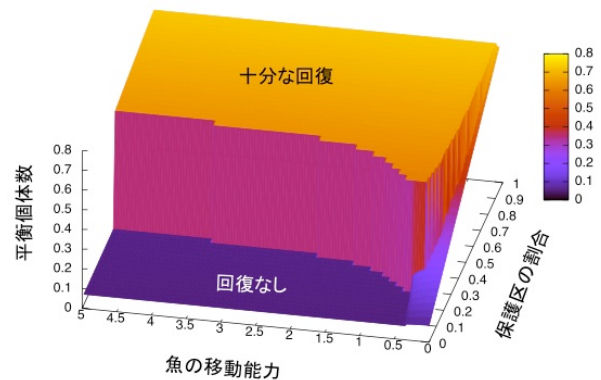


図 1. 崩壊資源に対する保護区の回復効果

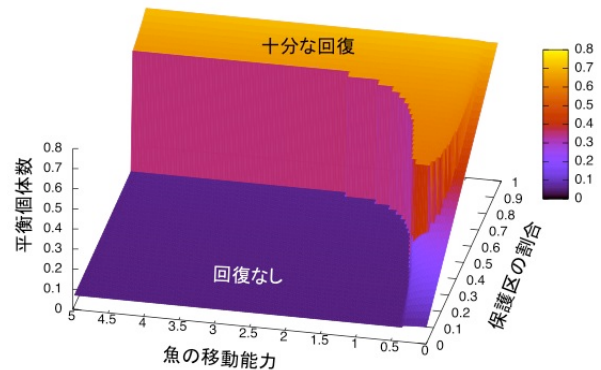


図 2. 崩壊資源に対する保護区の回復効果 (漁場で漁獲量が増加する場合)

4. 考察

数理モデルを用いて、資源がひとたび低水準に向かってしまうと、保護区を設けてもなかなか資源が回復しないという状況を数理モデルにより再現することができた。複数安定状態が存在している環境において資源回復の兆候が長期間観測されていない地域では、保護区割合を十分大きくとる事や、操業可能領域の縮退に伴う漁獲努力量の増加を制限する事で、低位で安定的に推移している資源が、回復に転じうるという結果が示された。

Boids Algorithm を用いた イカ釣り操業モデルの構築

○田丸修・高山剛・高原英生・長谷川英一・渡部俊広*

* 水研セ水工研

キーワード：Boids Algorithm・沿岸イカ釣り漁業・集魚灯・操業モデル

【目的】

沿岸イカ釣り漁業における燃料経費の約半分は大出力の集魚灯によるものであり、現在、集魚灯の効率的な利用法を確立すべく様々な研究開発が行われている。特に、従来のメタルハライド灯（MH灯）からLED灯に換装することで大幅な経費削減を目指す研究開発は盛んに行われている。しかし、LED灯にすることで燃料経費は大幅に削減できるものの、同時に漁獲が減少することが報告されている。

実験水槽でのスルメイカの対光行動観察と実海域での漁獲試験による解明が急がれている。しかし、小規模な水槽実験では個体レベルでの行動は把握できるものの、その結果からイカ群行動を予測することは困難である。また、漁獲試験には操業条件が時事刻々と変化することに加え、音響データや漁獲結果からでは船下での詳細なイカ群行動を把握が困難であるという問題もある。そのため、本研究では個体の行動メカニズムを制御することで群行動を表現するBoids Algorithmを用いて、イカ釣り操業中における操業船下のイカ群の動きおよび釣獲メカニズムを3D空間上で再現可能な操業モデルの構築を目的とした。

【方法と結果（操業モデルの構築）】

Boids Algorithm は各個体間の刺激が相互に作用することで結果的に群行動として表現されるアルゴリズムである。本研究ではBoids Algorithmを用いたイカ釣り操業モデルの構築にC++を用い、分散状態のスルメイカが集魚灯の光により船下周囲に集群され、自動イカ釣り機により漁獲されるまでを表現した（図1）。

初期状態から漁獲までのフローを以下に示す。

①モデル上でスルメイカは各個体の視界内に存在する他個体から刺激を受け、常にBoids Algorithmに従い互いに同じ方向、同じ速度、一定の距離を保って遊泳しようとする。その結果として群行動をとる。

②各個体の動きには集魚灯光により集魚灯方向への誘引力が働く。その結果として集魚灯周辺に集まる。

③各個体が感知する集魚灯光が一定の明るさを超えた

場合、忌避行動として鉛直下向きの力が働く。その結果として操業船下では高深度帯へ移動する。

④操業船直下には影部を設定し、その中には集魚灯光による誘引力が働かない。その結果として船下明暗境界域周囲をイカ群が周回する。

⑤イカ釣り針は船下を上下しており、イカ個体の視界に入った場合には誘引力として働く。その結果として船下影部内にイカ群が侵入する。

⑥イカ釣り針の影響範囲内に入ったイカ個体は一定の確率で漁獲される。

【考察】

本研究により構築した操業モデルを用いることで、操業海域において分散状態にあるイカが操業船下の船影部に集群され、周回し、時折イカ群が船影部内へ進入し漁獲されるという漁獲過程を表現することができた。操業モデルにより表された漁獲過程は実操業から推察されている漁獲過程や漁獲結果と近い傾向を示しており、一定の信頼度が確保できているものとする。

今後は各変数の取得精度の向上や、水槽実験や実操業試験の結果との詳細な比較による操業モデルの精度および信頼度の向上が必要である。

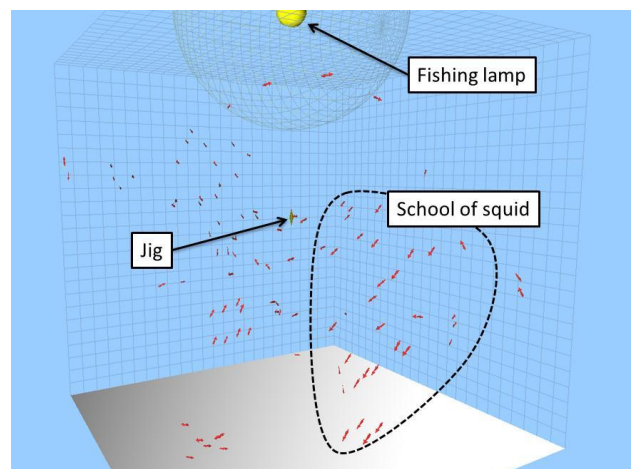


図1. イカ釣り操業シミュレーションモデル。

水産 GIS の進展、現状および展望 - 過去 5 回の水産 GIS 国際シンポジウムより -



○西田 勤 (水産GIS国際学会)・Bill Fisher (米国水産学会)・Geoff Meaden (英国カンタベリー大学)・Jim Kapetsky (国連FAO)・伊藤 喜代志 (水産GIS国際学会/環境シミュレーション研究所)

キーワード：水産 GIS・HSI・空間解析・EAF+EAA

【背景・目的】

1997 年水産 GIS の普及・発展を目的に、International Fishery GIS Society(水産 GIS 国際学会)が設立された (<http://www.esl.co.jp/Sympo/index.htm>)。主な活動は 3 年に一度の国際シンポジウムを開催し論文集を出版することである。当時(また現在でも)、水産 GIS の国・地域における会合は散発的にあるが、よりハイレベルでの情報交換・収集・人的交流の目的で、本国際シンポジウムを開催するに至った。シンポジウムで失敗・成功例を学ぶことで、参加者が各自の課題を時間・経費を節約しかつ効率的できるようにすることも副次的目的である。

シンポジウムでの情報交換・人的交流を通し、水産 GIS に関する国際共同研究・開発が毎回進展・進歩しているが、このような成果は国・地域レベルでの会合では容易に得られないため、本国際シンポジウムは所期の目的を十分に果たしていると言える。

1999 年の第 1 回シンポジウム(米:NOAA)以来、昨年 2011 年の第 5 回(ニュージーランド:NIWA)までに、22 国際・地域機関(FAO, EU, ICES, NAFO, 米国水産学会, PICES, IATTC, UNDP, SPC, UNEP ほか)・58 各国の産官学関係者 867 名が参加、発表論文総数は 580 件(概要は前記 web site 参照)であった。日本から 54 名参加した。

【方法】

過去 5 回のシンポジウムで発表された論文を分析し、水産 GIS の進展、現状および展望を考察した。

【結果】

水産 GIS には、「Habitat (生息地)」、「Site Selection (環境選択)」、「空間統計 (資源量推定など)」、「エコシステム」および「管理」の 5 分野があり、淡水(河川・湖)・海洋・養殖を対象としている。

水産 GIS の進展・現状は、図 1 のピラミッドで示される。初期(1990 年代)には、単変数の thematic map が主流であった(底辺の部分)。当時は陸上 GIS ソフトしかなく水産特有な空間情報に対応していないので、単純な map 作成でも多くの時間・経費・労力を要した。しかし視覚化された単純な Map、さらにそれを基にした時系

列・生活史別の Habitat Map は非常に有益な知見となり、水産資源・管理の基礎的知見として重宝されるようになった(事例:米国 Essential Fish Habitat 事業)。

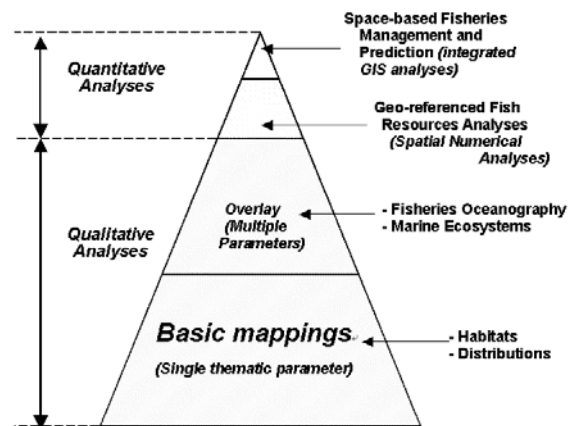


図 1 水産 GIS の進展 (下段→上段)

2000 年代前半の第 2 回(英カンタベリー大学:2002)・3 回(上海水産大学:2005)シンポジウムでは、水産分野に特化された GIS ソフト・アプリケーションが普及し始めたため、水産 GIS は急速に発展した。リモートセンシング情報を利用した多変数による生態系研究、site selection (漁場・養殖域探索)(図 1 中段)が進展したが、定性的空間解析が主流であった。第 2 回シンポジウムで「Habitat Suitability Index (HSI)」の研究事例が水産分野で初めて紹介され、定量的空間解析(図 1 上 2 段)が進展しはじめた(空間統計・資源量推定など)。

2000 年代後半の第 4 回(ブラジル:Úrsula 大学:2008)・5 回シンポジウム(前出)では、site selection・HSI が進化し、高精度空間(漁場)予測および多様な MPA 研究が紹介された。将来展望は、水産 GIS 機能を駆使した「EAF+EAA(Ecosystem Approach to Fisheries+Aquaculture)」および「他機器(GPS、VMS、標識、データロガー)と組合せた統合的資源研究・管理(IUU 探索など)」(図 1 最上段)が、user friendly な web-GIS で簡単にできることになろう。(案内)本大会展示場で、「水産 GIS 研究会」の出版物が展示されています。

31

生態学における奇妙な論理 (2)

○ 赤嶺達郎

中央水産研究所

キーワード：対数正規分布・平均・メディアン・パラドックス

【目的】

生態学にはいくつかの奇妙な論理が存在する。確率過程モデルにおける「平均値のパラドックス (吉村 2012)」もその中のひとつである。これは単純な個体群動態モデルにおいて、相加平均 (期待値) をとると増加するはずなのに、実際には相乗平均に従って減少してしまうというパラドックスである。確率分布をきちんと計算すれば、これは対数正規分布における平均とメディアンの違いに過ぎないことを示す。

【材料と方法】

個体群動態モデルを

$$N(t+1) = N(t)\lambda(t)$$

と定義する。 N は個体群サイズ、 λ は成長率である。両辺の対数をとると

$$\ln N(t+1) = \ln N(t) + r(t)$$

となる。ここで $r(t) = \ln \lambda(t)$ は内的増加率である。良い環境のときは $\lambda = \alpha = 3.9$ で増加し、悪い環境のときは $\lambda = \beta = 0.1$ で減少すると設定する。良い環境と悪い環境がランダムに起きると仮定すると、期待値は相加平均

$$E = (\alpha + \beta) / 2 = 2$$

となるから増加するはずなのに、相乗平均が

$$\sqrt{\alpha\beta} = 0.6245$$

となるため減少する、というパラドックスである。

ここで例えば

$$E^5 = \frac{(3.9 + 0.1)^5}{2^5}$$

を計算してみればよい。これは対数正規分布に従うので、相加平均が平均 (Mean)、相乗平均がメディアンになる。つまり平均 (期待値) は 2、メディアンは 0.6245 である (実際は対数二項分布なので少し異なる)。

【結果と考察】

$\ln N$ は「ランダム・ウォーク」なので「二項分布」に従う。したがって

$$\mu = \frac{\ln \alpha + \ln \beta}{2} t, \quad \sigma^2 = \frac{(\ln \alpha - \ln \beta)^2}{4} t$$

という正規分布で近似できる。しかし対数正規分布では積分区間が大きく変化するため、ちょっと見ただけでは対数二項分布の近似になっているとは判断しにくい。

もっと極端な例、例えば $\alpha = 4, \beta = 0$ のような例を考えると理解しやすい。身近な例として「宝くじ」を考えてみればよい。ジャンボ宝くじ (京極 2011) の場合、期待値は 143 円 / 300 円であるが、ほとんどの購入者にとって還元されるのは 30 円 / 300 円である。それでも誰もパラドックスとは感じない。

相加平均と相乗平均の差の解釈は、巖佐 (1990) に解説されているように「移動分散の適応的意味」と解釈するのが妥当だろう。

このような相加平均 (期待値) に関する勘違いは、推移行列モデルにおいても散見され、既に Akamine & Suda (2011) は今回と同じ指摘を行っている。

引用文献

Akamine T, Suda M (2011) The growth rates of population projection matrix models in random environments. *Aqua-Bio Science Monographs*, 4, 95-104.

巖佐 庸 (1990) 数理生物学入門. HBJ 出版局, 東京, 192-205.

京極一樹 (2011) ちょっとわかればこんなに役に立つ中学・高校数学のほんとうの使い道. 実業之日本社, 190-203.

吉村 仁 (2012) なぜ男は女よりも多く生まれるのか. 筑摩書房, 47-70.

マアジ卵の水温別発生所要時間および 大分県沿岸域における産卵量の推定

○西山雅人*・中里礼大*・堀切保志*・徳光俊二*・斉藤真美**
*大分水研 **日本エヌ・ユー・エス (株)

キーワード：マアジ人工授精卵・水温別発生所要時間・マアジ産卵量・大分県沿岸域

【目的】

豊予海峡は釣りときまき網漁業が競合する漁場で漁業調整上、マアジ・マサバに関する科学的知見が求められている。これまでの研究成果を踏まえて、釣りときまき網漁業者間で、2010年度からマアジの産卵期である4～6月の期間中、産卵親魚保護を目的とした休漁日協定が締結され、同協定に基づいて3日間の休漁が実施されている。今後は同海域におけるマアジ資源量推定値や休漁効果の試算が求められる。

Daily Egg Production Method (DEPM) では産卵量が必要となる。そのため本研究では、産卵量計算で必要となる水温別発生所要時間を推定すること、推定したパラメータを基に本県沿岸域におけるマアジ産卵量を計算することを目的とした。なお、現在のところ日本周辺海域におけるマアジ産卵量を計算した知見はない。

【材料と方法】

・人工授精：採卵には、大分県漁業協同組合佐賀関支店より購入した雌1個体、雄4個体を用い、雄3個体についてはホルモン (HCG) 投与した。人工授精は、2011年度に明らかにした天然海域に生息するマアジの産卵時間帯(午後7時～翌01時)に合わせ、2012年6月1日の午後6時から開始した。人工授精は乾導法により行い、受精時間は午後7時30分であった。得られた受精卵をウォーターバスした1リットルビーカー内に収容した。設定した水温試験区は16℃、18℃、20℃、22℃および24℃の5区で、収容した受精卵数は各試験区で約1,600粒とした。試験区への収容は午後8時であった。卵収容後の翌6月2日の午前10時から5日午前12時にかけて、卵のサンプリングを14回実施した。1回のサンプリングでは、表層に浮かんだ卵とビーカーに沈殿した死卵を分け、5%ホルマリン固定した。サンプリング後の卵は日本エヌ・ユー・エス(株)環境科学研究所へ輸送し、卵の発生段階別計数を行った。黒田(1982)を参考にして、マアジ卵のステージを定義した。

・卵の採集：卵を採集するために、伊予灘、別府湾、豊予海峡および豊後水道で改良型ノルパックネット(目合：0.335mm)の鉛直曳きを実施し、同時に表層水温を観測した。採集期間は、2007年～2011年の3～11月に毎月3回(上旬・中旬・下旬)で調査船 豊洋(75トン)で実施した。採集した標本は、船上で直ちにホルマリン固定し、魚卵選別後にマアジ卵を査定した。査定はA期、B期およびC期の3ステージ別とし、内部破損により卵黄の亀裂が確認できない卵は、産卵量の集計には含めなかった。産卵量の計算は、本県沿岸域を5分メッシュの海区に分けて、河野ら(2008)の式に従い求めた。マアジ卵期の生残率は不明なため、便宜的に0.6を用いた。なお、海区別の海上面積は(株)環境シミュレーション社製の海洋版GISソフト Marine Explorer に装備されている面積計算機能を用いて計算した。

【結果と考察】

水温別発生所要時間の推定実験では、設定した5試験区全てでふ化仔魚が得られた。受精からふ化までに要する時間は下記の式から推定された。ここでのふ化とはCb期に到達する時間とした。

$$Y_{i,t} = 113.019 \times \exp(-0.133 \times t + 0.049 \times i) \times i^{0.501}$$

t：水温(℃)、i：ステージ

調査期間中に採集されたマアジ卵は、A期990粒、B期127粒、C期146粒、類似卵2,483粒であった。産卵は3～8月の期間継続したが、産卵量が多い時期は4～6月、海域は豊予海峡周辺海域で、佐賀関半島の南部および北部沿岸域とそれに隣接する海域であった。

今後、全国で実施されている卵稚仔調査の標本からマアジ卵が査定されるとステージ別採集数が蓄積され、卵期の生残率が計算可能となる。DEPMではバッチ産卵数や産卵頻度が必要となるが、これらパラメータを産卵直前の個体の卵巣組織切片の観察等から明らかにし、DEPMによるマアジ資源量推定手法を確立する予定である。

○安道弘敏*・水野紫津葉**・小松輝久**

*鹿児島水技セ **東大大海研

キーワード：流れ藻・モジャコ・来遊量指数・東シナ海

【目的】

春季、流れ藻とともに鹿児島県海域に来遊するモジャコ（ブリ稚魚）は、本県の沿岸漁業者に採捕され、養殖用種苗に供されることから、ブリ養殖日本一を誇る本県にとって極めて重要であるとともに、漁船漁業者にとっても重要な漁業資源となっている。本県では、春季の23日間のみ操業されるモジャコ漁業の解禁日設定にかかる協議の円滑化、漁期直前の流れ藻及びモジャコ来遊状況の漁業者への速報、並びに我が国周辺ブリ資源の加入動向把握のため、毎年3、4月にモジャコ調査を実施している。ここでは、本調査で得られた1987年以降の情報から近年の流れ藻及びモジャコ来遊量の推移を報告する。また、それらの変動に関係すると考えられる資源環境指標の変動も併せて報告し、各指標間の関係を考察する。

【材料と方法】

次に定義する指標について1987年から2012年までの各値を求め解析した。

①3月および4月の流れ藻来遊量指数（DAI）

モジャコ調査時の航走距離10マイル当たり流れ藻視認個数の対数を「流れ藻来遊量指数」と定義した。

②3月および4月のモジャコ来遊量指数（JYAI）

“10マイル当たり流れ藻視認個数”と“流れ藻1kg当たりモジャコ付着尾数”の積の対数を「モジャコ来遊量指数」と定義した。

③冬季東シナ海波浪指標

石垣島における12-2月の月別平均風速（気象庁）とモンスーン・インデックス（MOI）を、冬季東シナ海波浪指標とした。

④モジャコ標本船CPUE

モジャコ漁船7隻を対象に実施している標本船調査における7隻の漁期平均CPUE（kg/隻日）を用いた。

⑤ブリ資源量及び0歳魚資源尾数

ブリ資源評価票（田・阪地2012）に基づき、ブリ資源量及び0歳魚資源尾数を求めた。

【結果と考察】

①～⑤の全ての指標が増加傾向であった（図1～4）。春季、鹿児島県海域に来遊する流れ藻の主な発生源は中国大陸沿岸域（Komatsu et al. 2007, 2008）で、中国での流れ藻発生要因の一つとして波浪が挙げられる。石垣島の

冬季月別平均風速とMOIが中国沿岸域の冬季波浪指標になり得ると仮定すれば、近年同海域の波浪の程度が上昇し、その結果流れ藻発生量が増加し、DAIの増加をもたらしていると考えられる。1月の平均風速と3月のDAIとの間の有意な正の相関関係（ $P<0.01$ ）は、中国沿岸で発生した流れ藻が輸送され東シナ海でモジャコと遭遇するまでの時間差を含み、この推測を合理的に支持している。また、流れ藻に随伴しているモジャコはそうでないもの比べて成長・生残がよいとの実験結果が報告されている（花岡ら1986）ことから、ブリの主産卵場である東シナ海における近年の流れ藻の増加がブリの再生産成功率向上に寄与し、近年のブリ資源高水準の一因となっている可能性がある。最後に、JYAI及び標本船CPUEはブリ0歳魚資源尾数の動向と一致しており、これらの指標はブリ新規加入動向の有効な指標になり得ると考えられる。

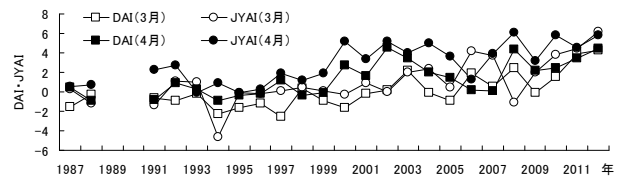


図1. DAIとJYAIの推移

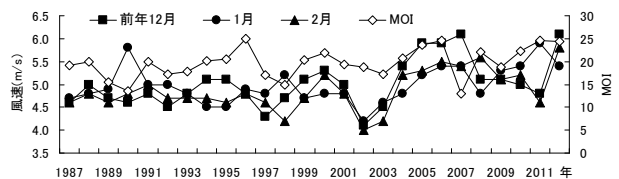


図2. 冬季東シナ海波浪指標の推移

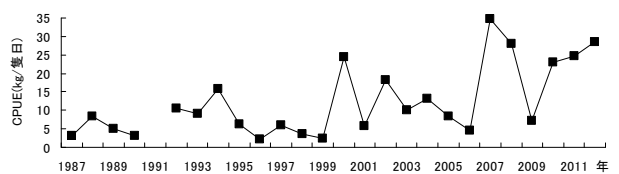


図3. モジャコ標本船CPUEの推移

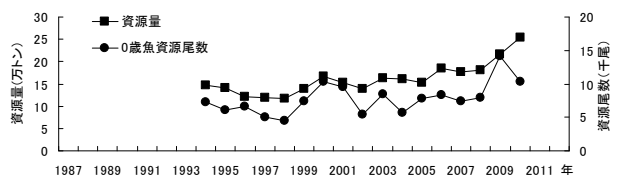


図4. ブリ資源量及び0歳魚資源尾数の推移

福田博文
宮崎水試

キーワード：小型浮魚類・漁獲動向・2000年代中期

1. 目的

日向灘における小型浮魚類（イワシ・アジ・サバ類）は、まき網主体に定置網等で漁獲される重要な資源であり、まき網では漁獲量の87%をイワシ・アジ・サバ類が占める。また、日向灘南部の定置網には、春期にイワシ・アジ・サバ類の0歳が多獲され、それらの動向は加入量の指標値にもなり得る。これら小型浮魚類の日向灘における長期的な漁獲動向をみると、太平洋における資源変動を反映し、1990年代以降は、マイワシは1980年代よりも減少、カタクチイワシ他は増加した。筆者は、これまで、日向灘における小型浮魚類の漁獲特性および漁況予測について報告してきた（黒潮の資源海洋研究 2008, 2010, 2011, 2012）。この研究の中で、小型浮魚類の漁獲動向が2000年代中期において、同期的に変化していることが明らかとなったので報告する。

2. 方法

宮崎県のまき網漁業所属主要漁協および南部の定置網の漁獲量、資源評価調査委託事業に基づく生物特性調査のデータを用いた。1990年代以降の漁獲量と魚群の性状（産卵群、0歳加入群など）から、魚種ごとに漁獲動向を整理し、その変化の資源的要因について考察した。また、漁獲動向の変化と気象・海洋環境の変化を比較するために、気象庁が公表している冬季の北太平洋指数（NPI: North Pacific Index）および太平洋十年規模振動（PDO: Pacific Decadal Oscillation）を用いた。なお、1990年以降のサバ類漁獲のうち、91%がゴマサバと推定されたため、本研究ではサバ類＝ゴマサバとした。

3. 結果・考察

1990年代以降、漁獲量が増加したマアジは、2000年代中期を境に漁獲が減少した。春期に定置網に入網する0歳、下半期にまき網で漁獲される0歳の減少が大きく、東シナ海由来の加入量が減少したためと考えられた。

1990年代以降、漁獲が増加したゴマサバは、2000年代中期を境に漁獲構成が変化した。まき網による1歳の漁況には変化がみられなかったが、定置網に入網する0歳（春期）が増加し、まき網では0歳（秋期）の漁獲が減少し、2歳+（上半期の産卵群）は増加した。日向灘～薩

南海域におけるゴマサバの産卵盛期は3～4月であるが、この時期に多獲される定置網の0歳はすでに尾叉長9～11cm台モードであることから、定置網の0歳は東シナ海由来の資源であると考えられ、その増加が日向灘の漁獲動向に影響したと考えられた。一方、まき網で漁獲されるゴマサバは、年級ごとの0～2歳+の漁況が正の相関を示すとともに、1歳の漁況が北西太平洋等における加入量指標値と関連性があることから、足摺岬以東由来の資源であると考えられ、その資源の分布・回遊の変化が日向灘の漁獲動向に影響したと考えられた。

1990年代後期から漁獲が増加したカタクチイワシは、2000年代中期を境に漁獲が減少した。1999～2004年の冬春期に多獲されていた足摺岬以東由来の成魚大型群は減少し、2005年以降は夏期を盛期とする沿岸発生群が主体となっていることから、太平洋を回遊する成魚大型群の資源状況の変化が日向灘の漁獲動向に影響したと考えられた。

1990年代以降、漁獲が減少したマイワシと増加したウルメイワシは、2000年代中期を境に0歳の漁獲が増加した。時期を同じくして宿毛湾のまき網で漁獲される産卵成魚、熊野灘のまき網で漁獲される0歳の漁獲も増加した。近年の両種の主産卵場は土佐湾であり、日向灘における生態や漁獲特性は極めて類似していることから、足摺岬周辺における両種の産卵成魚の増加が日向灘の漁獲動向に影響したと考えられた。

このように、2000年代中期に日向灘でみられた小型浮魚類の同期的な漁獲動向の変化は、東シナ海～北西太平洋に至る広範囲の資源動向の影響を受けていると考えられた。NPIとPDOは、2000年代中期にそれぞれ負から正、正から負に変化しており、小型浮魚類の漁獲動向が変化した時期と一致していた。また、マイワシの長期的な漁獲動向において、近年の足摺岬周辺における産卵成魚の増加および0歳の増加は、1960年代にみられたマイワシ「足摺系群」の漁獲動向に類似しており、両年代ともNPI・PDOは正および負の状態にあった。このことから、日向灘における小型浮魚類の同期的な漁獲動向の変化は、気候・海洋環境の変動と関連性が窺われ、日本周辺（太平洋）における小型浮魚類の大きな資源変動の予兆を示唆しているのかもしれない。

○太田 格

沖縄水海研セ

キーワード：シロクラベラ・冬期水温・加入量・

1. はじめに

シロクラベラ *Choerodon schoenleinii* (ベラ科イラ属) は、西太平洋の熱帯・亜熱帯のサンゴ礁域に分布する、全長 1m に達するベラ類最大級の大型種である。沖縄では「まくぶ」の名で親しまれ、時に沖縄三大高級魚の一つなどと賞される水産重要種である。しかし近年、八重山諸島海域では、漁獲量が低迷しており、その資源の回復が望まれている。

そのような中、西海区水産研究所亜熱帯研究センターは、「亜熱帯・熱帯地域特産種シロクラベラの資源回復に向けた研究開発 (2006 年～2010 年)」と題した交付金プロジェクト研究を立ち上げ、著者は、このうちの 1 課題を担当した。本研究では、八重山諸島海域におけるシロクラベラ、特に稚魚の分布生態を把握し、その生息環境や資源への加入過程を明らかにすることを目的として実施した。

2. 材料と方法

2005 年～2009 年にかけて、八重山諸島周辺海域に、合計 102 の観測定線 (距離 150m×幅 5m, 水深 20m までの 4 水深帯に区分) を設定し、潜水目視観察により、シロクラベラ等水産重要魚類の個体数及び体長を調査した。目視による体長測定は、全長 10cm 未満の個体に対しては 1cm 単位、それ以上は 5cm 単位で行った。特に名蔵湾 (石垣島南西部) 周辺の海草藻場では 4～12 月の期間に、毎月 1～2 回の調査を実施した。全長 10cm 未満のシロクラベラ稚魚については、観察時の全長から、稚魚期の成長式 (Yamada et al. 2009) を用いて、誕生月を逆算推定した。

3. 結果

5 年間の潜水調査の結果、シロクラベラの稚魚は限られた海域の海草藻場にはほぼ限定して出現することが分かった。稚魚が出現する海草藻場は、比較的広い潮間帯に隣接する広い海草藻場であり、特に名蔵湾湾奥部の海草藻場 6 定線 (以下、名蔵湾 6 定線) で多く出現した。名蔵湾 6 定線における 5～11 月の稚魚 (全長<15cm) の平均生息密度を各年の加入量水準の指標とすると、5 年間の加入量水準には顕著な年変動が認められた。

各年の加入量水準は、冬期の水温低下のピーク時期 (最低水温日) の変動に関連し、最低水温日が早い年ほど、加入量が少なくなる傾向が認められた。海草藻場に出現した稚魚 (全長<10cm) の誕生月を逆算推定した結果、誕生月は 1～5 月の範囲であるが、各年の組成や初めの誕生月 (誕生開始月) には違いが認められた。2006 年を除いて、各年の誕生開始月は、最低水温日直後の水温上昇期に一致した。

4. 考察

海草藻場がシロクラベラの成育場であることは以前より知られていたが (金城 1998), 最近、名蔵湾湾奥部において、本種が全長約 1cm で潮間帯の大型褐藻類に着底した後、全長約 4cm で隣接する海草藻場に移動することが報告された (Yamada et al. 2012)。本研究よって、広い潮間帯に隣接する海草藻場のみ稚魚が出現することが示されたことから、着底期に重要な潮間帯と稚魚期の成長に重要な海草藻場の連続する環境が、本種の成育場として重要であることが示唆された。

海草藻場における本種の加入量水準は、最低水温日が早まるほど低くなる傾向が認められた。また、最低水温日からの水温上昇は、親魚の産卵開始に関係し、最低水温日が早まることで、産卵期が早まることが示唆された。これらのことから、産卵期が早まることによって、産卵量の低下もしくは仔稚魚期の生残の悪化が起こっている可能性が示唆された。当海域では、特に冬期の水温の長期上昇傾向が顕著であり、最低水温日が平年より顕著に早まる事例は、2005 年以降に多く認められることから、近年の気候変動による影響を受けている可能性が示唆された。

5. References

- 金城清昭 (1998) 日水誌 64:427-434.
 Yamada H, Chimura M, Asami K, Sato T, Kobayashi M, Nanami A (2009) Fish Sci 75:1141-1146
 Yamada H, Nanami A, Ohta I, Fukuoka K, Sato T, Kobayashi M, Hirai N, Chimura M, Akita Y, Kawabata Y (2012) Fish Sci 78:809-818

夏季の対馬周辺海域における エチゼンクラゲ (*Nemopilema nomurai*) の鉛直分布

○高原英生*・高尾芳三*・松倉隆一**・貞安一廣***

*水研セ水工研 **水研セ日水研 ***水研セ開発セ

キーワード：エチゼンクラゲ・対馬・鉛直分布・T-S ダイアグラム

【目的】

日本海沿岸では、対馬海峡から流入するエチゼンクラゲ (*Nemopilema nomurai*, 以下クラゲ) による漁業被害が数年おきに発生している。クラゲによる漁業被害を軽減するためには、本種の分布状況を正確かつ迅速に把握する必要がある。これまでに、中層トロール網に装着したビデオカメラ映像やクラゲに装着した深度ロガーの解析により、クラゲは海面付近のみならず鉛直方向へも分布していることがわかっている。そこで本研究では、2009年から2011年の夏季に対馬周辺海域において、クラゲの分布状況の時空間的な変動の把握を目的とし、クラゲの連続観察を行うことで、その出現の有無、鉛直分布と海洋環境の関係について検討した。

【方法】

2009年から2011年の夏季の対馬周辺海域において、日本海洋株式会社所属の調査船により、船速5ノットで同じ定線上を繰り返し航走してクラゲの分布を調べた(図1)。クラゲ分布のモニタリングには、探知深度帯が異なる3つの手法(計量魚群探知機・目視・曳航式上向きビデオカメラ)を併用し、水面近くから深度100mまでを連続的にモニタリングできるようにした。

各手法の観察範囲内における深度方向5m毎、水平方向1マイル毎のクラゲ発見数と探知体積から、クラゲの鉛直分布密度の推定を行った。5マイル間隔で設けた観測定点では、CTD観測を行い水温と塩分の鉛直情報を得た。さらに、計量魚群探知機によってクラゲと思われる反応が多く見られた定点付近において、表中層トロール網でサンプリングを行い、魚探反応の種確認を行うと共に傘径などの生物データを得た。

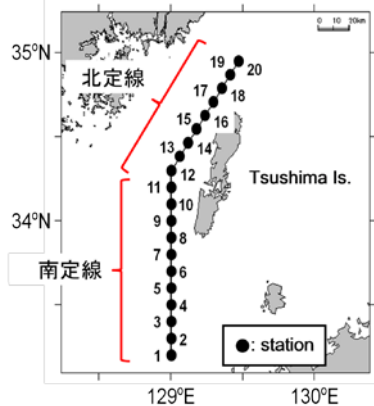


図1. 調査定線と定点

【結果と考察】

2009年から2011年にかけて行った3回の調査では、クラゲが観察されたのは2009年のみであった。クラゲ出現の有無と海洋環境の関係を比較するために、CTDデータを用いてT-Sダイアグラムを作成した(図2)。2009年調査については、図1で示した南北各定線におけるクラゲの分布が特徴的な日のT-Sダイアグラムに、クラゲの分布密度(円表示)および海水の等密度線を重ねて示した(図2a, 2b)。2010年、2011年については全CTD観測点のデータをプロットした。2009年は30-32psuの低塩分の水塊でクラゲが高密度に分布していた(図2a, 2b)。2010年は31psu, 2011年は32psu以下の低塩分水はほとんど観測されなかった(図2c, 2d)。

2009年調査において、南北定線で観察されたクラゲの鉛直分布密度を比較すると、南定線では目視による発見数が多く、クラゲは表面から水温、塩分躍層付近まで比較的均等に分布していた。一方、北定線では目視による発見数は少なく、水温、塩分躍層付近で分布密度が最大となった。これらの結果から、クラゲは低塩分水に分布すること、またその鉛直分布は海面から躍層付近までである事が確認された。

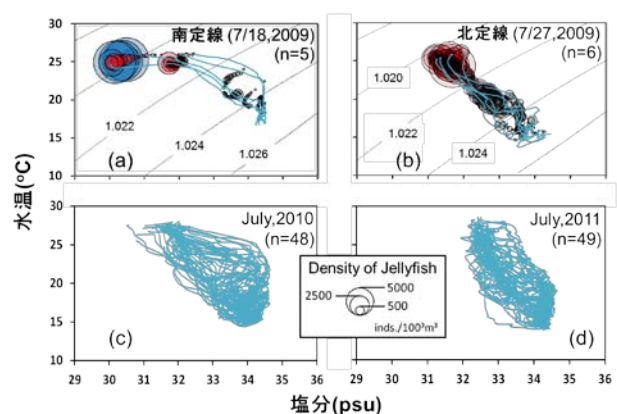


図2. 調査水域のT-Sダイアグラム。クラゲの観察された2009年調査については、(a)南定線、(b)北定線におけるクラゲの分布が特徴的な日のCTD観測データに、クラゲの分布密度と海水の等密度線を重ねて示した。(c)2010年、(d)2011年については全CTD観測データをプロットした。nはCTD観測数を表す。

春季の水温が日本海産カタクチイワシ 仔魚・成魚の餌料環境に及ぼす影響

○森本晴之・後藤常夫・井口直樹
日水研

キーワード：日本海・カタクチイワシ・餌料環境

【目的】

日本海の能登半島周辺海域は、カタクチイワシの重要な産卵場・成育場であり、春季4～6月が主産卵期であることが知られている。カタクチイワシなどの多獲性浮魚はその資源変動が著しく、科学的根拠に基づいた資源変動の予測が求められている。春季を主産卵期とするカタクチイワシの加入量変動機構の解明の一環として、当該海域において仔魚、成魚の採集及び餌料環境の調査を実施し、胃内容物分析により特定された重要餌生物の個体数密度と水温との関係を検討し、春季の水温変動が仔魚、成魚のそれぞれの餌料環境に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

【材料と方法】

新潟沖～能登半島周辺海域～若狭湾の26定点において、2006～2008年4～6月の各月約1週間の昼間に、CTD(シーバード社製)による表層～海底直上の水温観測、改良型ノルパックネット(目合0.33mm, 0.10mm)による水深150mからの鉛直曳及びボンゴネット(目合0.50mm)による水深75mまでの傾斜曳(5月を除く)による動物プランクトン及びカタクチイワシ仔魚採集を行った。また、改良型ノルパックネット(目合0.06mm)の水深50mからの鉛直曳によるカイアシ類ノープリウス幼生の採集を行った。

改良型ノルパックネット(目合0.10mm)採集物の10%中性ホルマリン固定試料を用いて動物プランクトンの種査定・計数を行い、同ネット(目合0.06mm)採集物の5%中性ホルマリン固定試料を用いてカイアシ類ノープリウス幼生の種査定もしくは属査定を行った。

採集したカタクチイワシ仔魚の10%中性ホルマリン固定試料を用いて胃内容物について種査定・計数を行った。

若狭湾において定置網で漁獲されたカタクチイワシ成魚(大羽)を入手し、胃を10%中性ホルマリンで固定し、胃内容物について種査定・計数を行った。

仔魚、成魚の胃内容物から重要餌生物と判断されたカイアシ類の現存量と水温との関係を目別に検討し、春季水温が仔魚、成魚の餌料環境へ及ぼす影響を考察した。

【結果と考察】

胃内容物査定(n=566)の結果、2007年4～6月におけるカタクチイワシ開口直後の仔魚の主たる胃内容物はカイアシ類の卵とノープリウス幼生及び有鐘纖毛虫類で、そのうちノープリウス幼生の体積割合が66.8～88.9%と最も重要な初期餌料と考えられた。胃から出現したノープリウス幼生は4～5月ではキクロプス目幼生が50%以上を、残りをカラヌス目幼生が占め、4～5月の海域に分布するノープリウス幼生の個体数割合と概ね一致した。一方、6月の仔魚はハルパクチクス目幼生が56%を占め、残りをキクロプス目幼生が占めた。6月の海域に分布するノープリウス幼生の個体数割合はポエキロストム目、キクロプス目、カラヌス目、ハルパクチクス目、それぞれ43%、34%、20%、2%で、胃内容物の目組成との対応が認められず、ポエキロストム目幼生への選択性が低いことが示唆された。仔魚にとって4～6月の間、キクロプス目幼生が初期餌料として最も重要と考えられた。

若狭湾で2006年4～6月に漁獲されたカタクチイワシ成魚(n=29)の胃内容物はカイアシ類が主体で60～80%(個体数%)を占めた。摂餌されたカイアシ類はポエキロストム目が主体で、5～6月では83～95%を占めた。キクロプス目は胃から出現しなかった。一方、若狭湾に出現したカイアシ類はキクロプス目が主体で25～72%を占め、ポエキロストム目は9～42%と低かった。このことから、カタクチイワシ成魚はポエキロストム目を好んで摂餌し、分布密度が高いキクロプス目は餌の対象とならないと考えられた。海域におけるカイアシ類平均密度と10m層平均水温との関係を検討した結果、水温10～22℃の範囲ではキクロプス目、カラヌス目は11～13℃、ポエキロストム目は14～17℃、ハルパクチクス目はより高温の海域ほど分布密度が高かった。

仔魚、成魚がそれぞれ好んで摂餌するキクロプス目、ポエキロストム目カイアシ類の現存量が春季の水温上昇の早晚で拮抗することから、春季の水温上昇の早晚が仔魚(成長・生残)と成魚(栄養蓄積・成熟)に及ぼす影響の良否も相反することが判明した。

常磐海域のヒラメ成育場における アミ類をめぐる魚類の食物関係

○富山 毅*・上原伸二**・栗田 豊***

*広大院生物圏科 **水研セ日水研 ***水研セ東北水研

キーワード：異体類・種苗放流・競合・環境収容力

1. 目的

種苗放流は、放流場所における食物生物の余剰生産力の範囲内で行われるべきである。しかし、余剰生産力を把握するために必要な食物生物の利用実態でさえ、理解されていないまま放流が行われている場合が多い。

ここでは東日本大震災以前の常磐海域（福島県沖）におけるヒラメをモデルとして、成育場における魚類の食物関係、特にヒラメ稚魚の主要な食物であるアミ類をめぐる関係を明らかにすることを目的とした。また、大震災以前は福島県において、全長 10cm のヒラメ人工種苗が毎年およそ 100 万尾放流されていたが、この放流を許容できるほどアミ類の生産力が十分に高いかどうか検討した。

2. 方法

2001 年～2006 年に、常磐海域の水深 15m 以浅の場所で、水工研 II 型桁網および広田式ソリネットを用いて、それぞれヒラメ等の魚類およびアミ類を採集した。魚類については全長、体重、胃（消化管）内容物の重量と種類を記録した。ヒラメ天然当歳魚については、耳石日周輪の解析により成長速度を推定した。アミ類は種ごとに個体数と重量を記録した。

魚類の胃内容物について、種間での類似度からクラスター解析を行い、アミ類を主に捕食する魚種を選定した。また、ヒラメ天然魚の成長速度を目的変数とした線形モデルにおいて、魚類のアミ類推定消費量が説明変数として採択されるかどうかを検討した。

3. 結果

成育場に出現した主要 26 魚種のうち、19 種の胃からアミ類が観察され、ヒラメを含む 11 種がアミ類を主な食物としていた。このうち特に現存量が多かったのは、ヒラメ、ニベ、サブロウであった。ヒラメを含めて 11 種の分布量には大きな年変動が観察された。

調査海域のヒラメ成育場において主要なアミ類であるミツクリハマアミの分布密度はいずれの年も高く、ヒラメ天然稚魚の成長速度はほとんどの個体で 1mm/日以上と速かった。ヒラメの成長速度を説明するモデルにおいて、主要な説明変数はヒラメの体サイズと水温であったが、アミ類の分布量と魚類によるアミ類消費量のいずれも説明変数として採択された。

4. 考察

常磐海域のヒラメ成育場においてアミ類の生産力は高いものの、常にヒラメ天然稚魚の成長が最大となるわけではなく、アミ類を捕食する魚類の分布量が大きい場合にはヒラメの成長が低下する可能性が示唆された。このような状況においては、余剰生産力は小さく、ヒラメの種苗放流は好ましくないと考えられた。

アーカイバルタグを用いて推定した ブリの太平洋東北海域からの回遊様式

○阪地英男¹・片山俊之²・平井一行³・中瀬 優⁴・梶 達也⁵・福田博文⁶・宍道弘敏⁷

¹水研セ中央水研 ²神奈川水技セ相模 ³静岡水技研伊豆 ⁴三重水研 ⁵高知水試 ⁶宮崎水試 ⁷鹿児島水技セ

キーワード：ブリ・アーカイバルタグ・回遊・東北

1. 目的

我々太平洋ブリ回遊研究チームは、太平洋側におけるブリの回遊様式を明らかにするため、アーカイバルタグを用いた標識放流調査を行ってきた。これまで、成魚には、外房～足摺岬回遊群、紀伊水道～薩南回遊群、豊後水道～薩南回遊群、根付き群が存在し、これらの間には交流があることが明らかとなった。また、未成魚は、相模湾や熊野灘では大きな移動をしないが、東北海域と外房の間では水温変化に伴う季節的な南北回遊を行うことも確認された。本研究では、これまで観察されていなかった東北海域からの成魚の産卵回遊を報告する。

2. 方法

2009年3月17日および2011年3月9日に千葉県鴨川市、2011年2月24日に宮崎県串間市において、定置網で漁獲されたブリにアーカイバルタグを装着して放流した。放流したブリの個体数・尾叉長 (FL) 範囲は、2009年鴨川では10個体・72-81cm、2011年鴨川では10個体・65-72cm、2011年串間では20個体・80-92cmであった。用いたアーカイバルタグはLotek社製LTD2310で、データ記録間隔は水温と水深で2分、照度で1分とした。アーカイバルタグの装着にあたっては、放流魚の肛門前部を切開してタグを腹腔内に挿入・縫合した。回収された経度データを11項移動中央値によって平滑化し、記録された表面水温を人工衛星による表面水温と比較することによって、回遊経路を推定した。用いたデータは、2012年8月末現在の再捕分までとした。

3. 結果・考察

2009年鴨川放流群では5個体が再捕され、4個体からデータが回収された。それら4個体は放流後に相模湾にまで南下し、うち2個体は夏から秋に三陸沖まで北上して、12月頃までに外房に南下したと推定された。その中の1個体は、2010年2月にさらに南下し、3月4日に室戸岬東岸で再捕された(再捕時FL 83cm)。もう1個体は、2010年3月に相模湾から南下して足摺岬および薩南に達し、5月に北上して6月には三陸南部に達して11月頃ま

で滞留、その後南下して12月～2011年1月には外房から相模湾に滞留したと推定され、さらに南下して2月25日に室戸岬東岸で再捕された(再捕時FL 91cm)。

2011年鴨川放流群では8個体が再捕され、7個体で回遊経路を推定できた。そのうちの5個体は、夏～秋に東北水域にまで北上したと推定された。それらは秋～冬に外房沖まで南下し、うち4個体が、2012年1月28日に房総半島南端(再捕時FL 80cm)、3月25日に紀伊半島南東岸(再捕時FL 77cm)、4月2日に志摩半島(再捕時FL 83cm)、4月18日に室戸岬東岸で(再捕時FL 78cm)、それぞれ再捕された。残りの1個体は、2012年3月頃に外房沖から南下して4月には薩南に達し、5月に太平洋側を北上して6月に三陸沖に達したと推定され、6月27日に青森県三沢市で再捕された(再捕時FL 不明)。

2011年串間放流群では4個体が再捕され、うち3個体は薩南に南下して5月頃まで滞留した後に北上したと推定された。そのうちの1個体は、6月には三陸沖にまで達して11月頃までそこに滞留、12月に南下して2012年1月に相模湾に滞留、2月にさらに南下したと推定され、3月7日に大分県佐伯市で再捕された(再捕時FL 不明)。

春の南下は、ブリの産卵期に対応することから、産卵に関連した回遊と推定された。5月頃に外房から相模湾に移動した個体は十分に成熟サイズに達しており、相模湾で産卵を行った可能性が高いと考えられた。

以上から、ブリの太平洋東北海域からの成魚の回遊様式を次のようにまとめることができた。外房沖で越冬後に生涯最初の成熟に達した小型個体 (FL 76cm 以下) は、5月頃に相模湾～外房で産卵を行い、夏～秋に東北海域に戻る。翌年の冬に外房沖に南下した大型個体は (FL 76cm 以上)、3月頃にさらに南下して薩南海域で産卵し、5～6月には東北海域に戻る。

相模湾以西の未成魚は大きな移動を行わないのに対し、東北海域の未成魚は外房との間の季節的な南北回遊を行う。東北海域と薩南の間の大回遊を行う成魚は、おそらく未成魚時代に東北と外房の間を季節的に回遊していた個体であろうと思われる。

スケトウダラ日本海北部系群の高豊度年級群について

○千村昌之*・田中寛繁*・山下夕帆*・本田聡**

*水研セ北水研・**水研セ中央水研

キーワード：スケトウダラ・日本海・高豊度年級群・耳石日周輪

【目的】

スケトウダラ日本海北部系群では、1984～1988年級群の加入量(2歳加入尾数)が高豊度であったが、1989年級群以降加入量が減少傾向にあったため資源量が減少し、2007年度の資源量は7.5万トンとピーク時(1990年)の1割を下回った(図1)。その後2006年に発生した高豊度年級群が加入したことにより資源量は2008年度に11万トンまで回復したが、2007～2009年級群の加入量が低豊度であったため2011年度には8.7万トンに減少したと推定されている。(独)水産総合研究センター北海道区水産研究所は、センター所属の漁業調査船北光丸によって2005年以降、毎年5月に当系群の幼稚魚の育成場でスケトウダラ若齢魚を対象とした音響調査を行っている。2012年に行った調査で推定された0歳魚の現存量は高豊度年級群が発生した2006年を少し上回り、調査開始以来2度目の高豊度年級群が発生したと考えられる。また2012年度の親魚量は5.0万トンと2006年度(5.1万トン)とほぼ同じと推定され、2012年級群の生活史初期における生き残りは2006年級群と同様もしくはそれ以上に良かったと考えられる。しかし、当系群の初期生残過程に関する知見は少なく、高豊度年級群の発生機構はよく分かっていない。

本研究は、高豊度年級群の発生要因を検討するため、5月の音響調査時に採集された0歳魚の耳石日周輪を解析し、2012年級群のふ化日、初期成長履歴を推定するとともにそれらを高豊度年級群(2006年級群)と低豊度年級群(2008年級群)と比較することを目的とした。

【材料と方法】

2006年から2012年の5月に石狩湾以北の北海道西部日本海において音響調査を行い、スケトウダラ0歳魚の現存量を推定した。0歳魚の強い魚探反応が観察された地点で中層トロール網による0歳魚の採集を行った。採集された0歳魚の尾叉長を測定し、耳石(扁平石)を摘出した。耳石日輪数を計数してふ化日を推定するとともに耳石日輪間隔を計測して初期成長を調べた。

【結果と考察】

0歳魚の現存量は2012年に最も多く、次いで多かった2006年の1.4倍、2007～2011年の18～826倍多かった。2012年級群のふ化日のピークは3月上旬であり、高豊度であった2006年級群と一致した。一方、低豊度であった2008年級群のふ化日は、2006、2012年級群よりも長期間にわたっており、1月下旬と3月上旬の2回のピークがあった。ふ化日から逆算推定した産卵日は2006、2012年級群では2月に集中していたが、2008年級群では1月と2月がほぼ同じ割合であった。ふ化後2ヶ月間における耳石日輪間隔は、2012年級群と2008年級群のふ化時期後半にふ化した個体がよく似た推移を示し、次いで2006年級群、2008年級群のふ化時期前半にふ化した個体の順に狭かった。当系群の産卵期は12～3月とされているが、高豊度年級群の個体は、産卵期後半の2月に産み出された卵に由来しており、初期成長が比較的良好であったという共通点があった。今後水温など卵・仔魚が経験した環境についても調べ、高豊度年級群と低豊度年級群とで比較、考察する予定である。

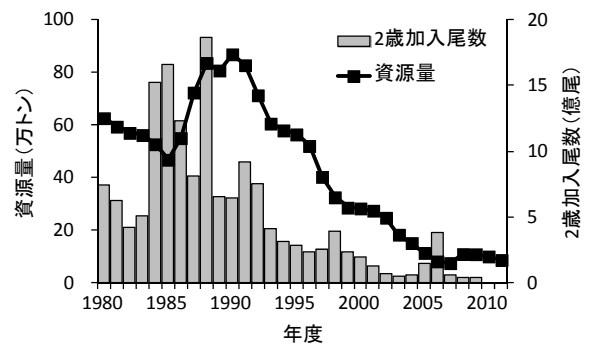


図1. スケトウダラ日本海北部系群の資源量と加入量(2歳加入尾数)の推移。加入量は0歳時の年度にずらして示した。

41 九州西岸域におけるカタクチイワシ資源と環境変動の関係

○竹茂愛吾*・三宅陽一**・中田英昭**・北川貴士*・木村伸吾*

* 東大院新領域/大海研 **長大院水環

キーワード：九州西岸域・カタクチイワシ・卵仔魚輸送・数値モデル

1. 背景

カタクチイワシ (*Engraulis japonicus*) は、日本沿岸域に広く分布する我が国の主要な水産資源であるが、九州西岸域における本種の漁獲量は 1960 年代から減少傾向を辿っている。本種は環境水温の変化に伴う産卵・成長・生残率等の生態学的要因によって資源量が数十年規模で変動することが知られている。しかしながら、本海域における本種の資源変動は水温と対応関係を示さず、主産卵期における北向き風応力の低下に伴うエクマン輸送量の減少が本種卵仔魚の輸送量の減少を通して、近年の漁獲量減少の要因の一つとなっていることが示唆されている (竹茂ら, 2011)。

本研究では、加入量を左右する環境要因として、生活史初期の輸送過程に着目し、卵仔魚輸送環境の長期的な変化が、本種の漁獲量に及ぼす影響を数値実験により検討することを目的とした。

2. 方法

九州西岸域 (北緯 31-35 度, 東経 128-131 度) の流動モデルには Delft3D-FLOW (WL | Delft Hydraulics) を用い、空間解像度は水平 2km×2km, 鉛直 5 層とした。初期値と側面境界条件には、OGCM for Earth Simulator (Masumoto et al., 2004) の水温, 塩分, 水平流速値を時空間方向に線形補間した値を与えた。海面境界条件には熱フラックスと風応力を与え、1960 年から 2007 年における各年 1-6 月までの流動場を計算し、粒子追跡実験には 4, 5 月の出力値を用いた。既往研究に基づき、粒子は五島灘周辺の海面水温が 15.6°C に達している領域に対し、10 日毎に投入した。投入した粒子のうち、長崎県が定める漁業小海区に到達したものを輸送成功とし、その輸送成功率と実際のカタクチイワシ漁獲量を比較した。

3. 結果と考察

長崎県における 8 つの漁業小海区のうち、沿岸域に位置する大村湾, 西彼, 橘湾海区のカタクチイワシ漁獲量はいずれも 1970 年代のピークを境に長期的に減少し、2000 年代には 1970 年代の半分程度の水準で推移していた。一方で、沖合に位置する五島海区および北方の北松海区では、1980 年代中頃から急激に漁獲量が増加し、1960 年代の 2 倍程度となっていた。粒子追跡実験の結果、大村湾, 西彼, 橘湾海区における輸送成功率は 1960 年代から長期的に低下傾向にあった。一方で、五島および北

松海区への輸送成功率は 1980 年代から増加傾向にあった。沿岸域における輸送成功率の高い年と低い年では、前者の方が五島灘内に滞留する粒子が多い一方で、後者では南部や五島西方へ流出する粒子が多く、五島灘内に滞留する粒子が減少する傾向にあった (Fig. 1)。また、実際に輸送成功率の高い年では低い年に比べ、沿岸海区での漁獲量が多く、輸送環境の経年的な変動によって漁獲量が左右される可能性が示唆された。

輸送成功率に関わる流動場の変動要因を検討した結果、大村湾, 西彼, 橘湾海区への輸送成功率の低下は、北東向きの風応力の長期的な低下によるものであることが明らかとなった。すなわち、産卵期における強い南西風によって五島灘内に卵仔魚が滞留することが、沿岸域における本種の加入量を左右する条件の一つであることが明らかとなった。一方で、五島, 北松海区における輸送成功率の増加は 1980 年代以降、北緯 33 度以北の海水温が上昇し、産卵場が北方へと拡大したことが要因であることが示唆された。

5. 引用文献

Masumoto *et al.* (2004) A fifty-year eddy-resolving simulation of the world ocean—Preliminary outcomes of OFES (OGCM for the Earth Simulator). *J. Earth Simulator*, **1**, 35–56.

竹茂ら (2011) 2011 年度水産海洋学会研究発表大会

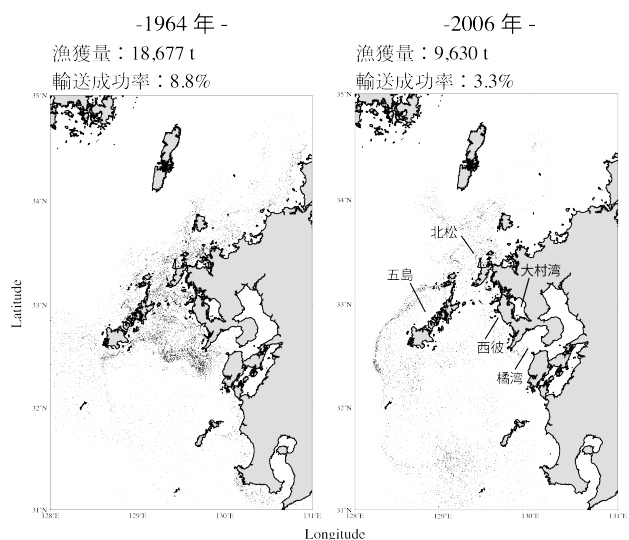


Fig. 1 九州西岸域における粒子の分布 (左：1964 年, 右：2006 年)

—地震・津波前後での比較—

○山根広大*・長倉義智**・河村知彦*・渡邊良朗*

*東大大海研 ** 水研セ東北水研

キーワード：宮古湾・ニシン・初期生態・耳石

1.目的

岩手県宮古湾にはニシンの産卵場が形成される。2011年においては、ニシンの産卵盛期にあたる3月11日に地震・津波が発生し、これらによる産卵場の攪乱がニシンの産卵や仔魚の発生に大きな影響を及ぼした可能性が考えられる。本研究では、宮古湾でのニシン仔稚魚の発生量、受精日、孵化日および成長履歴について、地震・津波発生直後の2011年から翌年の2012年にかけて調査を実施し、地震・津波以前の知見と比較することにより、具体的影響を明らかにすることを目的とした。

2.方法

2011年7月9日から8月31日までの期間においては宮古湾の湾奥部に設置された磯建網(1地点)、2012年4月12日から8月31日までの期間においては磯建網(2地点)および船曳網(5地点)で仔稚魚の採集を試みた。これらに加えて、2012年1月下旬から3月には、宮古湾奥に設置された磯建網(1地点)で産卵親魚の来遊時期と来遊量を調査した。採集された仔稚魚の体長と体重を測定し、耳石(扁平石)を摘出した。耳石をエナメル樹脂に包埋後、サンドペーパーとラッピングフィルムを用いて扁平面に平行に研磨し、耳石日輪数の計数と耳石日輪間隔の計測を行った。得られた結果から、採集された仔稚魚の孵化日、受精日および成長履歴を推定し、それらの結果を地震・津波前の知見と比較した。

3.結果と考察

2011年には、7月14日に50個体(体長60.6-82.0mm)、2012年では、5月から7月にかけて440個体(21.2-83.8mm)の仔稚魚が採集された。耳石日輪解析の結果、2011年に採集された稚魚は、地震・津波直後の3月中旬から下旬に産卵され、4月上旬から中旬に孵化したと推定された。なお、地震・津波発生前の2~3月に産卵直前のニシンが来遊し漁獲されていたにもかかわらず、地震・津波前に産卵・孵化して生き残った個体は採集されなかった。2012年に採集された仔稚魚は2月上旬から3月下旬の比較的長い期間にわたって産卵され、3月上旬から4月中旬に孵化したと推定された。

地震・津波以前の2001、2003年と以後の2011、2012年を比較すると、産卵期中のごく限られた時期に孵化した個体が生残した2001年(4月下旬から5月上旬)および2003年(3月中旬から下旬)に対し、2011年には地震・津波直後(4月上旬から中旬)に孵化した個体が生残していること、2012年には産卵期中の長い期間(3月上旬から4月中旬)に孵化した個体が生残していることがわかった。また、耳石日輪間隔から推定した個体の成長履歴を比較したところ、地震・津波以前と以後で大きな差はなかった。これらの結果から、地震・津波によって沿岸環境が攪乱された後に宮古湾においてニシンが産卵し、天然の仔稚魚が発生したこと、受精日や孵化日の組成は地震・津波以前と以後で異なったが、いずれの年にも過去数年と近似した成長過程を辿ったことわかった。

陸奥湾におけるマクロベントス密度と 群集型の経年変化

○篠田晃司・高津哲也・梶谷俊介・井上翔一・瀬田智文・稲垣祐太
北大院水

キーワード：ベントス・貧酸素・強熱減量値・経年変化

【目的】

マクロベントスは底生魚類の重要な餌生物であると同時に、その乏しい移動能力のために汚濁等の環境変化を把握する良い指標となる。また、マクロベントスは海底基質と密着して生活を行っているため、特に基質の特性がその分布密度に大きな影響を及ぼすが(林, 1992)、水温や溶存酸素濃度などの環境変化にも左右される。本研究は半閉鎖水域で水温の季節変化が大きい陸奥湾において、2009年から2012年までマクロベントスの分布密度と群集型、水温や溶存酸素濃度、強熱減量値などの環境パラメータを調査し、それらの経年的な変化を明らかにすることを目的とした。

【材料・方法】

調査は2009–2012年の毎年6月と2011年の8–9月に、北海道大学水産学部附属練習船うしお丸(179t)を使用して行った。マクロベントス標本の採集と有機物の指標となる強熱減量値の測定のために、Smith–McIntyre型採泥器を用いて採泥を行った。3回分の底泥(0.30 m²)を1.0 mm目合の篩にかけ、残存物を10%ホルマリン溶液で固定して研究室に持ち帰った。水温塩分はCTDで測定した。また、6L型バンドン採水器を用いて海底直上水を採水し、Winkler法によって溶存酸素濃度を測定した。研究室ではマクロベントス標本の抽出と同定、個体数の計測と重量の測定を行った。その際、個体あたり1g以下の生物をマクロベントスとして扱った。底質に含有する有機物の指標である強熱減量値は、底泥を乾燥後加熱し、質量減値として求めた。マクロベントスの密度に影響をおよぼす環境パラメータとその強さを明らかにするために、パス解析を行った。

【結果および考察】

全マクロベントス密度の中央値は、2009年6月が216.7個体/m²、2010年6月は155.0個体/m²、2011年6月は241.7個体/m²、2012年6月は133.3個体/m²を示し、2012年に低かった(クラスカル・ウォリス検定： $p<0.001$)。また、2011年8月に616.7個体/m²、2011年9月には241.7個体/m²を示し、8月に高く9月に低かった(クラスカル・ウォリス検定： $p<0.001$)。全年を通じて多くの地点でギボシイソメ科の*Scoletoma* sp.が優占した。また、カザリゴカイ科の一種が2010年6月の西湾で、トノサマゴカイが2009年6月の西湾と2011年6月の湾中央部で局所的に高かった。

パス解析の結果、マクロベントス密度に対して水温と溶存酸素濃度は正の効果($\beta=0.480$, $p<0.001$; $\beta=0.298$, $p=0.032$)を、強熱減量値は負の効果($\beta=-0.368$, $p=0.001$)を示した。2011年9月には溶存酸素濃度 <2.0 ml/lの貧酸素水塊が陸奥湾のほぼ全域の海底上で観察され、強熱減量値も東湾で22%以上を示し、高い有機物量を示した。また水温は平年より高い最高23.1°Cを記録した。マクロベントス密度は水温の上昇に伴って6月から8月にかけて高くなるが、2011年9月発生した貧酸素水塊によって低下し、翌2012年6月にはまだその影響が残っていたため比較的low密度を示したものと考えられる。また、低下後の2012年6月でも種組成には大きな変化がみられなかったことから、貧酸素によるベントスの死亡は種選択的ではなく、群集全体に影響を及ぼしていたものと考えられた。

44 Discussion on food availability for Japanese scallop in Funka bay

○Seokjin Yoon* · Satoshi Nakada** · Yoichi Ishikawa*** · Michio J. Kishi* · Sei-Ichi Saitoh*

* Faculty of Fisheries Sciences, Hokkaido University · ** Institute for the Promotion of Excellence in Higher Education, Kyoto University · *** Data Research Center for Marine-Earth Sciences, JAMSTEC

Keywords: Funka bay, scallop aquaculture, bioenergetics model, ecosystem model

1. Introduction

The scallop industry plays an important role in the economic and social welfare of the coastal communities and has grown to become the most successful marine shellfish farming venture in Japan. Recently, there has been a decline in the growth of cultured scallop, caused by overpopulation and environmental conditions. We aim to estimate the optimal density for scallop aquaculture in Funka bay, the southwestern part of Hokkaido. The bay is semi-closed and connected to the northwest Pacific. Scallop aquaculture is economically important to coastal communities in the bay. Previous studies in Funka bay have emphasized environmental characteristics and the effects of environmental factors on biota under culture. Therefore, the specific objective is to quantitatively evaluate the effects of environmental factors such as water temperature and food availability on the growth of scallop in Funka bay. To achieve this objective, we developed an ecosystem model by coupling a scallop bioenergetics model with a lower trophic level model.

2. Model description

In the scallop bioenergetics model, the daily growth rate of an individual scallop was described as the difference between the consumption and losses due to the respiration, egestion, and excretion:

$$\frac{dW}{dt} = C - R - F - U$$

where W is the ash-free dry weight (gDW) of scallop, C is the food consumption, R is the respiration or losses through metabolism, F is the egestion or losses due to feces, and U is the excretion or losses of nitrogenous excretory wastes. The bioenergetics model was coupled with a lower trophic ecosystem model (NEMURO; Kishi et al., 2007) (Fig. 1). The NEMURO consists of 11 state variables, which are small phytoplankton (PS), large phytoplankton (PL), small zooplankton (ZS), large zooplankton (ZL), predatory plankton (ZP), nitrate (NO_3), ammonium (NH_4), particulate organic nitrogen (PON), dissolved organic nitrogen (DON), silicic acid ($\text{Si}(\text{OH})_4$), and particulate silica (Opal). Scallops feed PS, PL,

PON, and ZS and excrete NH_4 and egest PONsc, which is distinct from PON, in the coupled model.

3. Results and discussion

The model results for PS, PL, ZS, and PON, i.e., food sources, and tissue biomass of scallop for five years are shown in Fig. 2. The modeled tissue biomass of scallop (initial tissue biomass is about 1 gDW) decreased rapidly in the first year due to food deficiency, and that changed seasonally between 0.2 and 0.5 gDW from the second year (marketable tissue biomass is about 20 gDW). *In situ* chlorophyll a concentration was also low, below $1.0 \mu\text{g l}^{-1}$, except during the spring bloom. Is there really insufficient food availability to scallop aquaculture in Funka bay? What make it possible for scallop aquaculture in this bay? We will discuss on the food availability for Japanese scallop and the applicability of the bioenergetics model.

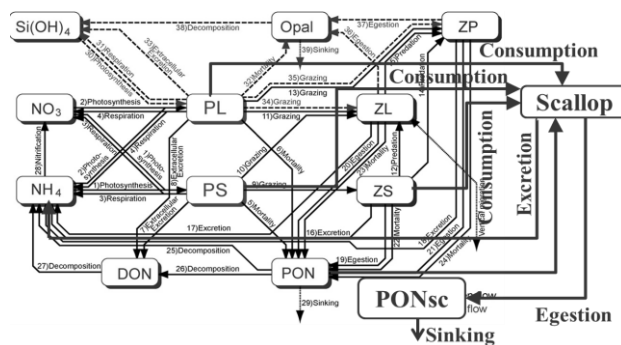


Fig. 1. Schematic of scallop bioenergetics model coupled with a lower trophic ecosystem model (NEMURO).

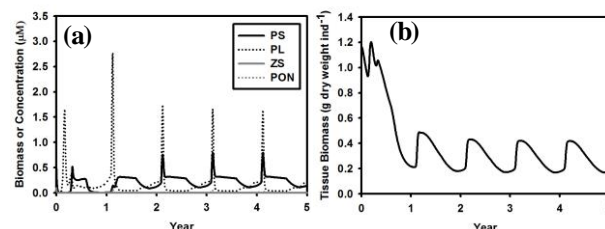


Fig. 2. Model results for (a) PS, PL, ZS, and PON ($\mu\text{molN l}^{-1}$), i.e., food sources for scallop, and (b) tissue biomass of scallop (g dry weight) for five years.

カキ殻による底質改善における 物理的効果と化学的効果

○山本民次*・田中丈裕**

* 広大生物圏 **海洋建設

キーワード：カキ殻・底質・改善・リサイクル

1. はじめに

カキ養殖に伴い発生するカキ殻の量は 2009 年で約 18 万トンである。廃棄物処理法（廃棄物の処理及び清掃に関する法律）のうえでは、陸揚げされて”むき身処理”により発生する貝殻は食料品製造業者が排出した場合は産業廃棄物、漁業者など食料品製造業者以外の者が排出した場合には一般廃棄物となる。

排出量の約 6 割を占める広島県では、以前よりカキ殻を加工して飼料・肥料とする専門業者があり、これらを用いて環境の改善に用いることで、カキ殻を廃棄物とせず、リサイクルが可能となり、循環型社会形成に一役買うことが可能である。

ここでは、有機質含量が高い底質の改善に対してカキ殻を利用することを考え、その物理的・化学的効果について検討する。

2. 底質改善におけるカキ殻の物理的効果

岡山県では、カキ殻の物理的特性を利用し、以前から多くの実証試験が行われてきている。例えば、地先の軟泥海域に 10cm 以上の厚さでカキ殻を敷設した実験では、半年以上経過後、底生生物が数十個体/m²から数百～数千個体/m²に増加することを確認した。また、COD, ORP, IL など底質環境の改善や濁度の軽減が認められた。これは、カキ殻による粒度組成や透水性の改善などの物理的効果によるものと考えられる。これらの成果により、同県では 2006 年に「カキ殻の有効利用に係るガイドライン」を策定し、第六管区海上保安本部との協議を経て漁場造成事業を行っている。

3. 底質改善におけるカキ殻の化学的効果

カキ殻の主成分は炭酸カルシウムであり反応性は低いが、これを焼成すると酸化カルシウムになり反応性が高まる。酸化カルシウムは水中では溶解して、水酸化カルシウムになり、アルカリ性を呈する。有機質の底泥は酸性なので、焼成カキ殻を適用すれば中和される。還元的な底泥では硫酸還元により硫化水素を含む場合があり、室内実験や疑似現場試験により、焼成カキ殻が硫化水素

を低減する効果が高いことが明らかとなった。そのメカニズムは単にアルカリ性にすることによって硫化水素の存在比が低下するというだけでなく、カキ殻への吸着や酸化による硫酸イオンへの変化があることが分かった。さらに、泥干潟での小規模実証試験では、焼成カキ殻を泥に混合後、3 日で硫化水素がほぼゼロとなり、数か月後には試験区の生物相が対照区に比べて 5 倍程度増加した。

4. カキ殻による底質改善効果のまとめ

カキ殻による底質改善効果に関し、図にまとめた。有機物含量の高いシルト質の泥に混合することで、粒度組成を上げ、透水性を高め、COD や IL に代表されるように、有機物含量を下げる。このような物理的な作用に加え、焼成したカキ殻では、酸性を呈する泥を水酸化カルシウムの作用で中和し、硫化水素は吸着、酸化などで低減する。以上のことから、生物息が困難であった底泥において、生物量が増加し、生物多様性も上昇する。増加する生物は魚類の餌となるなど、最終的には水産生物の増加につながる。このことは、漁獲量の低迷に悩む汚濁海域の環境修復であり、さらには捨てれば廃棄物になってしまうカキ殻を有効利用することで、循環型社会形成の一助ともなる極めて有用な手段である。

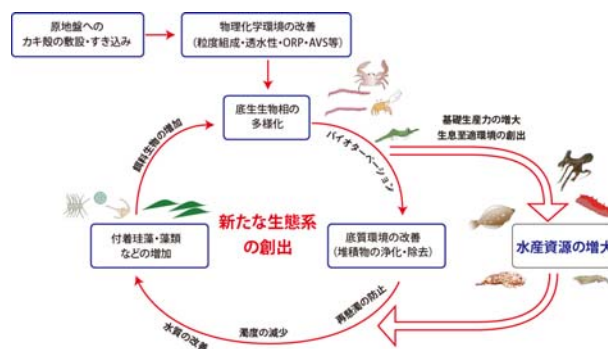


図. 農林水産省農林水産技術会議「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」より引用。

○石井光廣*・片山知史**・小島大典***・内藤大輔****・柳川竜一****

* 千葉水総研セ **東北大院農 *** (財) 漁港漁場漁村技術研究所 **** (株) 中電シーティーアイ

キーワード：マコガレイ・東京湾・産卵期・浮遊仔魚・粒子追跡シミュレーション

目的

東京湾のマコガレイは、底びき網、刺網の重要魚種で、昭和60年代に1000tを超える水揚げがみられたが、その後減少し、低迷が続いている。底びき網の漁獲から分布をみると、夏季は貧酸素水塊の発生により南遍するが、産卵期の冬季には湾奥に多く分布する(図1)。産卵親魚は柴〜走水、内房海域でも漁獲されるが、産卵場の主体は湾奥にあり、その海域での再生産が東京湾の資源変動に重要であると推定される。そこで、東京湾におけるマコガレイの産卵場を特定し、その特性を検討するため、産卵場調査、浮遊仔魚の移動・分散の検討をおこなった。

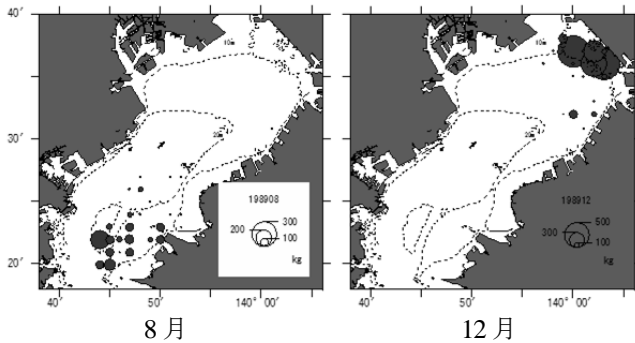


図1 マコガレイ漁獲密度分布(底びき網, 単位; kg/網)

方法

産卵期の推定 内湾(底びき網)と内房海域(刺網)で漁獲されたマコガレイを買い取り、精密測定(体長, 生殖腺重量など)を月1回程度実施した(生殖腺熟度指数=卵巣重量/体長³×10³)。

産卵場調査 標本船調査および魚体調査(成熟, 漁獲位置)のデータ, 漁業者からの聞き取りから, 産卵場を推定し, 現地調査をおこなった。調査は, 潜水によりマコガレイ卵の採集をおこない, 採集された卵の一部は実験室に持ち帰ってふ化試験をおこなった(水産生物の生活史に対応した広域的に連携する漁場環境形成手法検討委員会)。

流動モデルによるふ化仔魚の分散推定 3次元流動モデル(東京湾貧酸素水塊予測システム)の流動計算結果を用いて, 特定したマコガレイ産卵場ほかからふ化仔魚の粒子追跡計算をおこなった。初期配置は, マコガレイ卵が採集された船橋航路横に加えて, 盤洲干潟沖, 富津岬沖北側の水深8mの3か所(図4), 粒子数は1

か所あたり1000個, 計算開始日はふ化確認日の2012年1月8日とした。

結果

生殖腺熟度指数の変化 内湾と内房のメスの生殖腺熟度指数を比較すると, 内湾では12月の後半にピークがあり, 1月はじめには急激に低下したのに対して, 内房では1月以降にピークがある傾向がみられた(図2)。

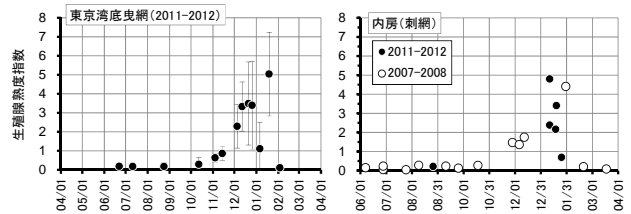


図2 メスの生殖腺熟度指数の季節変化

産卵場の特定 2012年1月4日に湾奥の産卵場推定海域(水深5~7m)で調査をおこなったところ, 9調査点中8点から, マコガレイ卵(11~7900個/m²)が採集された。10℃で保管した卵は, 1月7~13日にふ化がみられ, その形態からマコガレイと同定した。

浮遊仔魚の移動・分散 1週間後の粒子配置を比較すると, 船橋航路横の粒子は内湾に滞留するのに対して, 富津岬北側の粒子はほとんど, 盤洲干潟海域の粒子はその多くが湾外へ放出された(図5)。



図4 粒子の初期配置



図5 粒子追跡計算の結果(1週間後)

考察

以上のことから, 湾奥に産卵場が形成されていることは, マコガレイの浮遊仔魚の生残および加入に重要であるものと考えられる。

○片山知史*

* 東北大院農

キーワード：内湾資源、中長期変動、同調性

1. 目的

マコガレイは、北海道南部から九州沿岸、東シナ海の各地沿岸に分布する。水深 100m 以浅の沿岸域や内湾息を生息場とし、代表的な沿岸資源である。しかし、瀬戸内海・周防灘における資源解析例（井本ら 2007）があるものの、その他の海域では資源水準や動向が把握されていない。一方、近年漁獲量が状態が低迷している海域が多く、資源回復計画等による資源管理方策も取り組まれている。本報告では、漁獲量変動の海域間比較を行い、資源動向の情報を整理すること目的とする。

2. 方法

農林統計においてヒラメ以外の異体類は「かれい類」として記載されているため、公表されているマコガレイの漁獲量は限られている。本研究において整理した漁獲量データは、青森県（津軽海峡、陸奥湾、日本海側、太平洋側）、宮城県（三陸沿岸、仙台湾）、茨城県（常盤海域）、神奈川県（東京湾）、兵庫県（瀬戸内海）、愛媛県（松山市場）、香川県（庵治漁港）および前出の周防灘におけるものである。なお今回は、対象漁業として小型底びき網と刺網が混在しており、また操業隻数も若干変動しているが、各海域年間漁獲量を用いて検討した。

3. 結果

マコガレイの漁獲量経年変化を海域間で比較した。今回調べた多くの海域において、1999 年前後の時期を境に、大きく漁獲量が減少していた。そこで、1999 年を基準年とした偏差の経年変化を基に、漁獲量の動向を整理した。青森県太平洋側から宮城県、茨城県、そして東京湾においては、いずれの海域においても、1990 年代後半から漁獲量が減少し 2000 年代前半に低水準の時期があったが、その後回復し 2005-2008 年は高水準であったという同様の中期的変動傾向を示した。近年は再び減少している点も共通している。青森県の津軽海峡は一貫して減少しているものの、日本海側、陸奥湾では比較的安定していた。

瀬戸内海の兵庫県、香川県、愛媛県では、1998 年から減少し始め、1999 年以降は著しい低位水準が継続している。大分県・伊予灘、周防灘各県もほぼ同様であり、1990 年代後半以降の漁獲量の減少が顕著である。

4. 考察

最近の研究により、マコガレイは海域毎に遺伝的な独立性が非常に強いことがわかっている。しかし、漁獲量変動を広く変動傾向をまとめると、青森県太平洋側～東京湾、瀬戸内～周防灘において海域間で同期していた。

これら多くの海域においては、2007 年度から資源回復計画が策定・実施され、小型魚の保護、漁獲圧の削減、操業場所の制限等の資源管理方策が取り組まれている。しかし、上記のような漁獲量変動傾向は、資源管理の効果を示したもとはなっていない。東京湾では、シャコについて 4 年以上の禁漁措置がとられている（一時試験操業期間あり）。またマコガレイについても、小型底びき網漁船の出漁日数（柴支所）が、2006 年以降それまでの 7 割弱に縮小した（一色ら 2011）。しかし、シャコもマコガレイも、依然として資源は回復していない。漁業管理（＝漁獲圧力減少）にも関わらず資源が回復しないことは、漁獲圧力に対する個体群の平衡理論では説明できないことを意味している。

東京湾、伊勢三河湾、瀬戸内海における小型底びき網漁業の漁獲量は、いずれも 1990 年前半から減少して低位となっている。内湾域のマコガレイの低位横ばい状態は、内湾底魚資源全体の減少と同調していると考えられる。マコガレイに象徴される内湾域の底魚資源の減少については、海洋環境の中長期的変動によるのか、開発や貧酸素といった人為的な環境変化によるのか、水質総量規制による栄養塩不足によるのか（藤原 2010, 反田・原田 2011）不明であるものの、浅海域や内湾域における底魚・底性生物の生物生産の中長期的な変動要因解析が必要であると考えられる。

一色竜也・片山知史・櫻井 繁（2011）東京内湾におけるマコガレイについて、水産海洋研究, 75, p240.

井本有治・木村 博・吉岡直樹・銭谷 弘（2007）加入量当たり産卵資源量を用いた周防灘マコガレイの資源管理. 日水誌, 73, 684-692.

反田 實・原田和弘（2011）貧栄養化への対策事例と将来への課題, 水環境学会誌, 34, 54-58.

藤原建紀（2010）閉鎖性内湾の循環構造, 第 10 回東京湾シンポジウム報告書, 211-220.

アリューシャン列島周辺海域における 海鳥の海上分布とその海洋環境

○西沢文吾・綿貫豊・齊藤誠一

北大院水産

キーワード：アリューシャン列島・海鳥・海上分布・海洋環境

1. 研究目的

海鳥は小型魚類、プランクトン、イカ類などを餌とする海洋生態系の高次捕食者である。海洋フロント、渦、湧昇などの物理構造や異なる海洋環境は餌生物の分布や生物量に影響を及ぼすため、ひいては海鳥の分布にまで影響すると予想される。本研究では、北太平洋、アリューシャン列島の海峡およびベーリング海の3つの異なる海域において、海鳥の分布・種構成を調べ、海洋環境との関係を明らかにすることを目的とした。

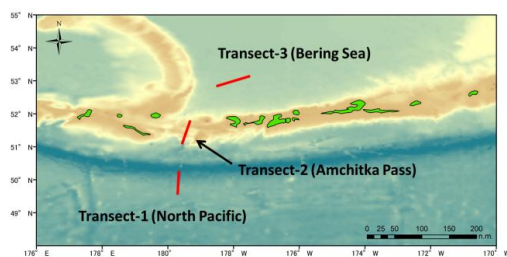


Fig. 1. 調査海域

2. 研究方法

海鳥の海上分布を明らかにするために、2012年6月に北海道大学練習船おしよる丸から海鳥の目視観測を行った。目視観測は日中の航走中に、左舷・右舷いずれかの太陽光の反射や風の少ない側において、前方から垂直方向までの90°・奥行き500mの範囲内に出現した海鳥の種類および個体数を飛翔と着水を分けて1分単位で記録した。目視調査海域表層の海洋環境情報として同船に装備されたサーモサリノメーターによる水温・塩分・クロロフィルa濃度を使用した。海鳥の海上分布と海洋環境との関係を調べるために、海域間での(1)海鳥の分布密度、(2)種組成、(3)海洋環境を比較した。

3. 結果・考察

海鳥の分布密度はアムチトカ海峡(255.6羽/海里)、ベーリング海(92.82羽/海里)、北太平洋(3.3羽/海里)の順に高く、種類数も同様の傾向を示した(Fig. 2a)。アムチトカ海峡では動物プランクトン食性の小型ウミスズメ類(エトロフウミスズメ、コウミスズメ、シラヒゲウミスズメ、

アメリカウミスズメ、ウミオウム)が全個体数の96%を占め、一方ベーリング海ではオキアミを主食とするハシボソミズナギドリが92%を占めていた(Fig. 2b)。また、アムチトカ海峡での水塊特性は北太平洋とベーリング海のそれらとの中間的な特徴を示し、同海峡中央部では水温・塩分が急激に変化するフロント構造が認められた。各海域の表層におけるクロロフィルa濃度はベーリング海で最も高く、アムチトカ海峡、北太平洋と南下するにつれ低くなった(Fig. 2c)。

アムチトカ海峡は、潮汐流と複雑な海底地形により強い鉛直混合が引き起こされ、小型の動物プランクトンが集まりやすい。同海域に集中分布していた小型ウミスズメ類はアムチトカ海峡周辺の列島で繁殖するため、周辺の海洋構造を経験的に知っており、局所的で複雑な物理過程が生み出す餌利用可能性の高い海域で餌探索を行っていたと考えられる。一方、ハシボソミズナギドリは南半球からの渡り鳥であり、表層のクロロフィルa濃度の高い海域でオキアミを採食していたものと考えられる。

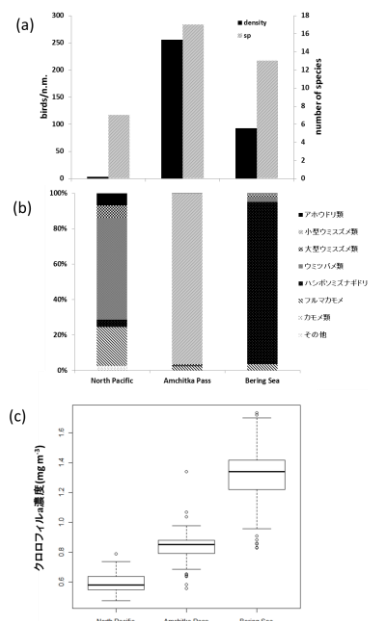


Fig. 2. 海域別の観測結果 (a)海鳥の密度および種類数、(b)海鳥の種組成、(c)クロロフィルa濃度

北西太平洋におけるイワシクジラおよび ニタリクジラの空間分布と季節変動の解明

○佐々木裕子*・村瀬弘人**・松岡耕二***・齊藤誠一*

*北大院水産 **国際水研 ***日鯨研

キーワード：イワシクジラ・ニタリクジラ・生息域・統計モデル

1. はじめに

夏季の北西太平洋は、多くの海産哺乳類の摂餌域となっている。本研究の対象であるイワシクジラ (*Balaenoptera borealis*) およびニタリクジラ (*Balaenoptera brydei*) の餌生物は動物プランクトンや小型浮魚類であり、両種の捕食量を考慮すると海洋生態系に一定の影響を与えていると考えられる。そのため、両種の摂餌域における空間的な分布やその季節変化を明らかにすることは、北西太平洋の海洋生態系を理解するうえで非常に重要である。近年、高次回遊生物の分布データと衛星リモートセンシングデータを用い、生物の空間における生息要因を把握する生息地モデリングの有用性が示されてきた。そこで、本研究は衛星リモートセンシングによって得られた海洋環境要因を説明変数として、北西太平洋の夏季におけるイワシクジラおよびニタリクジラの生息地モデリングを行い、両種の生息域の季節変化を明らかにすることを目的とした。

2. 材料と方法

本研究は、2003 - 2007 年 5 - 8 月に実施された第二期北西太平洋鯨類捕獲調査による目視データと調査距離データを用いて解析を行った。船舶調査データより得られた両種の目視データ (緯度、経度) および調査距離データ (緯度、経度) は 25 km のグリッドに集計した後、発見のあったピクセル (Presence) と調査努力のみのピクセル (Absence) に分類し、それぞれの海域の海洋環境特性を調べた。使用した海洋環境データは月平均海面水温 (sst) および chl-a 濃度 (chl)、海面高度アノマリー (ssh)、渦運動エネルギー (eke)、海底地形データ (top) であり、それぞれ衛星などのリモートセンシングデータより取得した。さらに、両種の生息確率を目的変数、海洋環境データおよび年・月の効果を説明変数とし、一般化線形モデル (GLM) および一般化加法モデル (GAM) を用いて、両種の分布に影響を及ぼす海洋環境要因を明らかにするとともに、選択されたモデルを用いて両種の生息域を推定した。モデル選択には赤池情報量規準 (AIC) を用いた。また ROC 曲線下面積 (AUC) により、GLM と GAM によって推定された生息確率の誤差を評価した。

3. 結果と考察

目視データを集計した結果、イワシクジラは Presence: 775 Absence: 7395 であり、ニタリクジラは Presence: 461 Absence: 7709 であった。両種の分布に寄与する海洋環境要因を明らかにするために、GAM および GLM に対し AIC を用いてモデル選択を行った結果、両種ともに sst、chl、ssh、top を変数とするモデルが最適であると選択された (Table 1)。さらに、AUC を用いて推定誤差を評価した結果、GAM の方が生息確率の推定が優れていた。さらに、最適モデルを用いて両種の生息予測マップを製作した結果 (Fig. 1)、イワシクジラの推定生息域はニタリクジラの推定生息域の北側に位置していた。また、両種ともに 5 月の生息確率が低く、5 月は両種にとって最適な環境ではなかったことが考えられる。ニタリクジラの生息確率は 6 - 8 月にかけて高くなっており、イワシクジラの生息確率は 6 - 7 月が高かった。本研究では船舶調査データと海洋環境データから両種の生息域を明らかにすることができた。将来的に他の生物と重ね合わせることで、北西太平洋における海洋生態系の理解に貢献できると考えられる。

Table 1. AIC を用いたモデル選択結果および AUC を用いた推定誤差の評価

Species	Model	Variables					AUC
イワシクジラ	GAM-best		log(chl)	sst	ssh	top	0.76
	GLM-best	EKE	log(chl)	sst	ssh	top	0.64
ニタリクジラ	GAM-best		log(chl)	sst	ssh	top	0.94
	GLM-best		log(chl)	sst	ssh		0.92

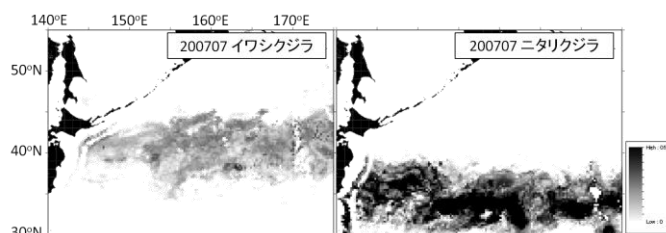


Fig. 1. 2007 年 7 月における予測分布図の比較 (カラーバーは生息確率を表す。)

○永延幹男*・蓮沼啓一**・轡田邦夫***

*国際水資研・**海洋総研・***東海大

キーワード：南極海・資源環境生態・MTEM-200・DPOI

水産海洋学の曙ともいえる宇田道隆著（1960）「海洋漁場学」は、「南氷洋クジラエサ」としてナンキョクオキアミ（*Euphausia superba*）分布図（Marr, 1956；図1）を引用している。当時、南極海での博物学的調査ともいえる英国 Discovery Report シリーズが刊行。南極海全体スケールのオキアミ分布生態に関しては、集大成的な成果として Marr（1962）が貴重だ。その分布と海洋環境の関連では、Mackintosh（1960, 1973）および Deacon（1982）などが南極海の周極構造に着目した統合的アプローチを試みた。しかし当時の状況から、マクロな海洋環境の把握に留まった。

その後、オキアミ漁業が行われるようになり、南極海洋生態系の要であるオキアミ環境生態研究が重視された。コンピュータ観測システムの発達もあり、精密な地域スケールのオキアミ環境生態調査が世界的に継続されるようになった。しかし地域調査のみでは、全体の周極構造との連関を把握しづらい。

そこで、全体と地域との相互連関を明らかにする目的で、環境指数として表層平均水温 MTEM-200（Mean TEMperature from the surface to 200m；℃）とオキアミ分布との関係を調べた（Naganobu *et al.*, 2008, 2010）。

用いたオキアミ分布データは科学調査（図2）と世界漁獲資料（図3）である。オキアミの主地理分布は MTEM-200 が約 0℃ を境とする以南である（図2）。一方、漁業的に魅力のある濃密なパッチが形成される海域は、MTEM-200 が 1~2℃ の範囲で狭く限定された海域に集中する（図3）。ロス海域やウェッデル海域のように、この温度帯が緩やかな場所では、濃密なパッチは形成されていない。つまり好適水温帯が狭い範囲に絞られた海域で濃密パッチが出現し、漁場が形成される。

他方、南極半島海域におけるオキアミ加入比率と、偏西風変動を捉える DPOI（ドレーク海峡振動指数；Drake Passage Oscillation Index）との間に有意な相関を捉えた（Naganobu *et al.*, 1999）。DPOI は生物へ影響する気候変動指数として着目され（IPCC, 2001）、我々は解析を続けている。中でも、MTEM-200 と DPOI との間に有意な相関があり（Kutsuwada *et al.*, 2010）、さらに DPOI は南極海の太平洋区およびインド洋区の海上風の変動と高相関を示すことを確かめた（Yoda *et al.*, 2012）。

Discovery 以来の史的展開として、南極海のオキアミなどの生物資源の分布生態に対応させて、地理空間的な海洋環境指数 MTEM-200、および時系列的な気候変動指数 DPOI を環境座標とすることで、生態傾度と変動が捉えやすくなる。

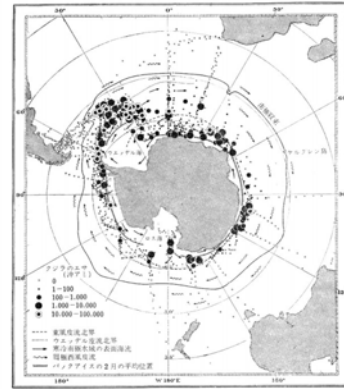


図1. 英国 Discovery 南大洋調査での網採集によるオキアミ分布と概略的な海洋環境（Marr, 1956）。さらに Marr（1962）はオキアミ分布生態に関する大冊の集大成的論文を刊行。Marr 分布図は貴重な歴史的基本資料。

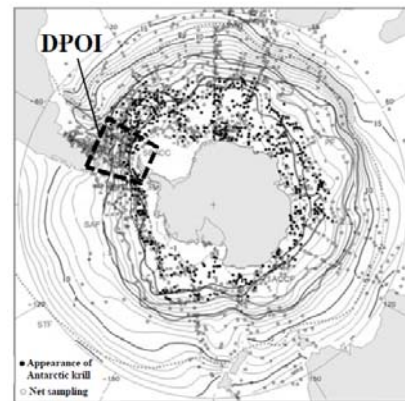


図2. MTEM-200 とオキアミ分布（from Marr, 1962）と諸海洋前線（from Orsi *et al.*, 1995）。オキアミの自然地理分布と環境傾度が分かる。MTEM-200 を環境座標とすることで生態傾度アプローチへ繋がる。

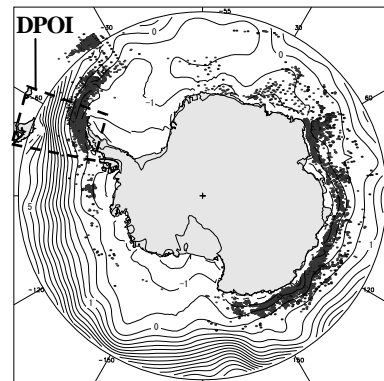


図3. MTEM-200 と世界オキアミ漁獲実施点分布（1973~2005年）。環境傾度が急な海域で漁場が形成される。逆に環境傾度が緩やかなロス海域やウェッデル海域では漁場は形成されない。（after Naganobu *et al.*, 2008）。

魚鱗堆積量に見られるマイワシ アバンダンスの数百年スケール変動

○加 三千宣*・武岡英隆**・杉本隆成

* 愛媛大上級 **愛媛大沿岸 **東海大海洋

キーワード：マイワシ・堆積魚鱗・数百年周期・太平洋東西資源

1. 背景

マイワシ・カタクチイワシは世界で最も漁獲される水産資源上重要な魚種である。ペルー・チリ沖・カリフォルニア沖・日本列島周辺といった太平洋における有数漁場の資源が数十年スケールで大変動を繰り返す現象が知られていた(Kawasaki, 1983)。これは、PDO(Pacific Decadal Oscillation)に代表される大気海洋変動が駆動しているとされ、世界のマイワシ資源予測は大気-海洋-海洋生態系に見られる 50-60 年周期性に基づいて議論されてきた(Klyashtorin, 2001)。しかし、太平洋の大気-海洋-海洋生態系の動態に百年スケールの周期成分が存在するかどうかについてはカリフォルニア沖の一海域で議論されてきたものの、大洋規模で検討された研究はない。そうした長周期成分の動態が大洋規模で実際に存在するとすれば、今後のイワシ類資源予測に考慮される必要がある。

2. 目的

本研究では、大洋規模の長周期成分のマイワシの動態を明らかにするため、別府湾から ^{14}C -wiggle match dating 法による高精度年代に基づくマイワシ魚鱗堆積量記録を復元し、カリフォルニア沖のマイワシ魚鱗堆積量記録(Baumgartner *et al.*, 1992)、復元 PDO index (MacDonald and Case, 2005)と比較した。

3. 結果・考察

別府湾で復元された過去 2800 年間のマイワシ堆積魚鱗堆積量記録を wavelet 解析した結果、20 世紀で指摘されていた 50-60 年周期が見られた。しかし、これは年代精度(±25 年)を考慮すると意味のある周期性とは言えない。一方、100 年周期、250-350 年周期が記録に認められ、特に AD1000 年以降では、250-350 年周期が長期間継続している特徴を示した。こうした 250-350 年の周期性は、カリフォルニア沖の魚鱗堆積量記録に認められ、太平洋東西間でアバンダンスが同期するパターンが認められた。北米大陸の年輪から復元された PDO index (MacDonald and Case, 2005)には、300 年の周期性が全期間にわたって認められるわけではないが、AD1400 年以降では、太平洋東西マイワシアバンダンスと連動するという特徴が認められる。これまで太平洋規模の大気海洋変

動とマイワシに代表される海洋生態系変動の連動性は、数十年スケールでのみ起こる現象であると考えられてきたが、本研究結果は大気海洋と海洋生態系の連動性が数百年スケールでも起こりうることを示唆している。

本研究によって、PDO と太平洋東西マイワシアバンダンスに見られる数百年周期成分の連動性が明らかとなったが、仮に 250-350 年周期が現代もなお続いているとすれば、PDO とマイワシアバンダンスは 21 世紀前半には百年以上に及ぶ負のアノマリ時代を迎えることになる。負アノマリ期における数百年スケール変動の影響が、数十年スケール変動の最大値の低下として現れることを考慮すると、50-60 年周期で起こるマイワシレジームは、今後マイワシ最大資源量の低下として現れるかもしれない。この解釈がマイワシ資源予測の再考に値するものかどうか今後さらなる検討が必要であるが、本研究で示された数百年周期成分の PDO とマイワシアバンダンスの連動性は、今後の気候や生態系変動を占う重要な知見の一つであると考えられる。

文献

- Baumgartner, T.R., Soutar, A. and Ferreira-Bartrina, V. (1992) Reconstruction of the history of Pacific sardine and northern anchovy populations over the past two millennia from sediments of the Santa Barbara Basin, California. *CalCOFI Report* **33**:24-40.
- Kawasaki, T. (1983) Why do some pelagic fishes have wide fluctuations in their numbers? Biological basis of fluctuation from the viewpoint of evolutionary ecology. *FAO Fisheries Report* **219**:1065-1080.
- Klyashtorin, L.B. (2001) Climate change and long-term fluctuations of commercial catches. Rome. 86pp.
- MacDonald, G.M. and Case, R.A. (2005) Variations in the Pacific Decadal Oscillation over the past millennium. *Geophys. Res. Lett.* **32**:L08703.

○堀井善弘*・牧 茂*

* 東京島しょ農林水産センター

キーワード：カツオ・標識放流・肥満度・回遊モデル

1. 目的

日本周辺海域におけるカツオの回遊経路のうち、黒潮北上群、紀南北上群、伊豆小笠原海嶺北上群の3ルートの来遊量が日本近海におけるカツオ漁業の漁獲変動に大きく影響していると考えられている。また、八丈島におけるカツオ曳縄漁の漁獲量変動は日本周辺のカツオ総漁獲量変動と同調する傾向にあるが、黒潮域から黒潮移行域や黒潮・親潮混合域への移動過程など不明な点が多いのが現状である。そこで、八丈島周辺海域に代表される黒潮域からのカツオ移動特性の把握を目的として、八丈島周辺海域においてカツオの標識放流を実施するとともに、カツオの魚体測定結果と併せて、再捕位置と魚体特性の関係からカツオの回遊モデルについて検討した。

2. 方法

標識放流は、2006年から2011年にかけて、東京都島しょ農林水産総合センター所属漁業調査指導船「たくなん」により、八丈島を中心とする半径40マイルの範囲内で実施した。標識魚は、曳縄により漁獲し、標識台上で尾又長を測定後、ダート式タグを装着し、放流した。標識魚の放流位置は、放流時刻を記録し、「たくなん」の航海情報システムから放流時刻のGPS位置データを抜き出した。標識魚の再捕時には、漁法、漁獲日、漁獲位置、標識番号、尾又長の情報を情報提供機関から収集した。

また、カツオの魚体特性を把握するために、「たくなん」によって標識放流以外で漁獲された個体について、尾又長(FL)、体重(BW)を測定し、下記式により肥満度(CF: Condition Factor)を算出した。

$$CF = BW(g) / FL(cm)^3 \times 10^3 \dots\dots (1)$$

3. 結果

標識放流と再捕結果 八丈島周辺海域において漁業調査指導船「たくなん」により、2006年から2011年にかけて、延べ833尾のカツオの標識魚を放流した。このうち、31尾が再捕され、再捕率は3.51%となった。

また、100尾以上放流した年で比較すると、2008年に140尾放流10尾再捕(再捕率7.14%)、2009年に188尾放流7尾再捕(再捕率3.72%)、2011年には445尾放流

10尾再捕(再捕率2.25%)となり、標識カツオの再捕率は、年により変動があるものの比較的高い値を示すことが確認された。

標識カツオの再捕位置 標識カツオの再捕位置は、年により大きく異なり、2008年放流群、2009年放流群には多くの個体が北上傾向を示したのに対し、2011年放流群は多くの個体が八丈島より南下傾向を示した。

4. 考察

海域間移動個体率 北緯36度より北側の海域を「東北沖」、北緯36度以南北緯32度以北東経142度以東の海域を「東沖」、同緯度帯東経142度以西の海域を「伊豆諸島一沿岸域」、北緯32度以南の海域を「南方沖」と定義し、八丈島周辺海域からの移動個体率を検討した結果、「東北沖」への移動個体率は2009年放流群で100%を示したが、2008年29%となった。その一方で、2011年放流群では「東北沖」への移動個体は確認されず、「南方沖」への移動個体率が30%を示した。また、「東沖」および「伊豆諸島一沿岸域」への移動個体率は、2008年放流群と2011年放流群ともに約30%を示し、年によって移動個体率に変動があることが確認された。

カツオの体型と回遊モデル 上記3年の八丈島におけるカツオの尾又長組成は、2008年、2009年は43cmモードに対し、2011年では46cmモードとやや大型の傾向を示した。また、肥満度組成のモードは2008年、2011年で20.5前後であったのに対し、2009年には19.5とやや小さい傾向が確認された。以上のことから、カツオの体型の特徴と再捕位置との関係から2009年に代表される小型で肥満度の小さい個体が主群となる時には、東北沖すなわち黒潮・親潮移行域まで北上するものが多くなるのに対し、2011年に代表される大型で肥満度の大きい個体が主群となる時には、黒潮前線を越えず、滞留もしくは南下するものが多くなるというカツオの回遊モデルが推定された。この結果から、春季において八丈島周辺でのカツオの魚体測定を継続し、漁獲状況や尾又長、肥満度の組成をモニタリングすることで、日本周辺海域へのカツオ来遊状況および漁場形成の指標となる可能性が示唆された。

53 2012年3月の銭洲海域におけるマサバ漁場形成

○岡部 久*・清水顕太郎*・石井 洋*・川島時英**・黒田敬子**・岡本 隆**・馬淵康彦**・
吉田 彰***・高木康次****・前田洋志*****・東元俊光*****

*神奈川水技セ **千葉水総研セ ***静岡県水産振興課 静岡水技研**** 東京島しょ農林水セ*****

キーワード：銭洲海域・マサバ漁場

【目的】

一都三県さば漁海況検討会は、2010年の発表大会において、2009年に観察された三宅島周辺海域での産卵親魚の集群、漁獲がマサバ太平洋系群の資源回復の兆しであるらしいことを報告した。2011年には同年の銭洲海域におけるマサバ卵の採集があったものの、親魚の集群はなく、更なる回復の兆しをとらえるためのモニタリング継続の重要性を指摘した。そして2012年3月、銭洲海域でもすくい網漁によるマサバ主体の漁場形成があった。本報告では、2012年漁期前半の漁海況経過を振り返り、銭洲でのマサバ漁場形成と海況変動の関係、マサバの資源変動におけるこの現象の意義について考察する。

【材料と方法】

2012年1月から3月の漁海況経過について、関東・東海海況速報、たもすくい網の標本船調査の結果から解析し、黒潮流路とマサバ漁場≡産卵場の位置の関係を検討した。試験操業で漁獲したマサバの成熟度を雌のKG値の推移から把握した。銭洲北東部に一都三県が設置したネットサンプル採集定点において、2012年の2月から6月に各都県調査船が改良型ノルパックネットによる採集で得たマサバ卵の数を比較検討した。

【結果】

2012年のたもすくい網漁は1月9日に利島で初漁を迎え、同下旬までヒョウタン瀬や三宅島周辺海域もゴマサバ狙いの漁場となった。1月29日にヒョウタン瀬でマサバの割合がゴマサバを上回り、1夜1人あたり1トンを超えて、今漁期最初のマサバ主体の漁場形成となった。同海域での操業は3月上旬まで続き、時に1夜1人あたり3トンに迫る好漁も見られた。こうした中、3月1日にヒョウタン瀬から銭洲海域へ移動した大型船1隻がマサバの群れを発見、翌々日の3日に同海域へ出漁し、11.0トンの漁獲のうち8.6トンがマサバだった。この船はその後の5航海はヒョウタン瀬に向けたが、3月14日に銭洲で操業し、1トンと少ない漁獲の8割がマサバだった。

1月から2月上旬の黒潮流路は、小規模な変動はあるものの概ね三宅島から御蔵島付近を北東～東北東に流去するN型で推移した。2月中旬以降は遠州灘沖から伊豆半島沖で32°10'～30'N付近まで南下した後、八丈島

付近を北上するようになった。この間、マサバ漁場となったひょうたん瀬への断続的な暖水波及が見られた。2月下旬から3月上旬には、蛇行北上部からの内側反流が、銭洲海域への暖水波及をもたらしたが、同中旬の黒潮は大きく蛇行し、C型流路となった。

ヒョウタン瀬、銭洲で漁獲されたマサバは、銭洲で36、37cmの魚の割合が高いが、尾叉長34cmにモードがあり、これまでの年齢査定の結果、2009年級群が主体であるとみられた。雌の平均KG値の推移から、今漁期の伊豆諸島海域に来遊したマサバは2月22日に産卵前期を迎えたと推定された。2月から6月の銭洲定点のネットサンプルから得られたマサバ卵は、4月のC型卵1粒だった。

【考察】

今漁期の伊豆諸島海域では、1月下旬から新島の西に位置するヒョウタン瀬でマサバ漁場が形成された。1夜1人あたり3トンに迫る好漁は、来遊した親魚群の規模が大きかったことを示唆する。その後、2月下旬以降の海況図は、銭洲海域への黒潮系暖水の波及を捉えており、2月下旬に産卵期を迎えた親魚の集群に適した条件となった。銭洲におけるマサバ主体の漁場形成は、産卵期前の親魚が単発的に漁獲された1986年を除けば、1978年以来、37年ぶりとなる。3月3日の操業では、40トン以上積載可能な大型船で11トンの漁獲にとどまり、その8割はマサバだったが、1夜1人あたりでは0.66トンと多くはなかった。このことは、今回の銭洲における集群は、ヒョウタン瀬ほど濃密ではなかったことを示唆する。3月中旬の黒潮はC型流路となり、ヒョウタン瀬への暖水の影響も弱まってCPUEも低下した。銭洲での3月14日の操業でも、マサバの割合は8割と高いが、漁獲は1トン程度と少なく、その後銭洲への出漁はなくなった。

漁業者による漁場の選択は、集群の規模だけでなく、漁場までの距離とそこにかかる燃油の量も影響する。伊豆諸島海域のマサバ漁場では最も南に位置する銭洲への出漁は、千葉県船や神奈川県船にとってかかるコストが大きく、それよりも近いヒョウタン瀬に濃い群れがあれば、これを優先的に利用する。マサバの本格的な資源回復によって、銭洲への来遊量が増えて、そこへの出漁が増えることを期待する。

マイワシ mtDNA 変異のコアレセント シミュレーションによる個体群動態の推定

○丹羽洋智・柳本 卓・梨田一也

水産総合研究センター 中央水産研究所

キーワード：遺伝子系図・有効集団サイズ・近似ベイズ計算・土佐湾

生物集団に過去に生じたイベントは、直接観測されていない場合、人間が知ることは困難であるが、DNA 配列に残された多型パターンから個体群の歴史を読み解く試みがなされてきた。本研究では、現在の生物集団からサンプリングした DNA 多型情報を初期状態とし、遺伝子系図 (genealogy) を現在から過去に遡り、サンプル DNA 配列が共通祖先に合着 (coalesce) する過程をシミュレーションすることで過去に生じた個体数の増減を推定する。

1990 年から 2012 年にかけて土佐湾で採集したマイワシからミトコンドリア DNA の調節領域である D-loop をシークエンスした。サンプル数は 1990 年 2 月の 65 個体、1990 年 3 月の 41 個体、2010 年の 20 個体、2012 年の 30 個体で、挿入欠失部位、および 2 回以上の置換がある部位を除外した配列長 L は 1,166 bp である (無限サイトモデルを仮定)。ミトコンドリアは母系遺伝を行うことから雌の個体群動態を考える。

Wright-Fisher 集団に塩基置換 (突然変異) と遺伝的浮動の平衡状態 (MDE) を仮定し coalescent シミュレーションを行い、mtDNA 配列データから求めた多型サイト数および塩基多様度 (平均塩基相違数) とマッチした試行 (系図) の拾い出し (棄却サンプリング) をした結果、マイワシ集団は MDE から外れており (多型サイト数 (低頻度のアレル) が多いわりに塩基多様度が小さい)、最近 (進化的時間で) の集団サイズ激増が推測された。

そこで、個体群動態を Stepwise モデルで近似する。すなわち、祖先集団 (個体数 N_1) は現在から t_1 世代前に個体数が $1/k_1$ 倍に変化、 $N_0 (= N_1/k_1)$ になったとし、観察された塩基多型データに最もよく合うパラメータ N_0 、 t_1 および k_1 を探索する。個体群動態パラメータの推定は、遺伝的浮動は集団サイズによって決まること、また、塩基配列に蓄積する変異の数は系図の枝の長さ (塩基配列が coalesce するまでの待ち時間) によって決まることを利用する。 N_0 は進化的時間スケール (long-term) にわたる各世代の集団サイズの調和平均 (有効集団サイズ) で、海産魚では実際の集団サイズの $10^{-8} \sim 10^{-2}$ 倍と推定されている (Hauser & Carvalho 2008)。

Stepwise モデルに基づき coalescent シミュレーションを行い、近似ベイズ計算 (多型サイト数および塩基多様度がマッチしない試行を棄却) により個体群動態パラメータをベイズ推定した結果は以下の通りである。塩基置換率を μ (世代あたり・サイトあたり) とし集団突然変異率を $\Theta = 2N_0\mu L$ と定義する。2012 年のデータ解析からは

$$\Theta = 29 \text{ (95\%CI: 17 - 51)}$$

$$t_1/2N_0 = 0.11 \text{ (95\%CI: 0.03 - 0.36)}$$

$$k_1 = 0.01 \text{ (95\%CI: 0.003 - 0.26)}$$

となる。マイワシの世代時間を 2 年、塩基置換率を 10% per million-year とすると、現在から 27,000 年遡った更新世後期 (最終氷期以降)、100 倍 ($= 1/k_1$) の集団拡大があり雌の有効集団サイズ (long-term) は 62,000 個体に膨張したことが推定された。

一方、1990 年 3 月と 2012 年のサンプルのアレル (ハプロタイプ) 頻度の時間的変化から最近 20 年間ほど (short-term) の有効集団サイズを計算すると、その推定値は $N_s = 1,823$ 個体 (95%CI: 1,043- ∞ 、上端は不定) となる。この集団サイズは歴史的に見て極めて小さく (long-term の有効サイズの 1/30)、個体群動態が対数正規分布に従って無相関に変動し N_0 を調和平均とする集団においては、 N_s の出現は高々 250 年に 1 回のイベントである (この出現確率を与える個体群変動は極めて大きく、2.5% および 97.5% 分位点の集団サイズ比が 30,000 で、分布の変動幅が小さくなると出現確率は急激に小さくなる)。

近年 ($< t_1$) の有効集団サイズ縮小を仮定して coalescent シミュレーションを行うと、平均効果によって N_0 に現れない程度の時間 (過去 200 年程度) にわたって、有効サイズをこのような低水準にする資源動態が続いていた可能性がある。ここ 200 年間の環境収容力を激減させるほど、海洋環境がそれ以前に比べ大きく変化したとは考え難い。環境収容力あるいは集団サイズの算術平均はこの間変化せず、集団サイズの変動幅が著しく拡大し、調和平均 (有効サイズ) を低下させたと考えられる。

○川端 淳*・須原三加*・本田 聡*・久保田洋*・高橋正知*・渡邊千夏子*

*中央水研

キーワード：マイワシ太平洋系群・資源評価・加入量・再生産成功率

マイワシ太平洋系群は、レジーム・シフトと同期して資源変動し、寒冷レジームにおいて資源が増大したことが知られるが、前回の1980年代の増大では、寒冷レジームへシフトする前の1960年代～1970年代前半から資源の増加がみられた。最近の資源状況は、2000年代の極めて低い資源水準を脱して増加傾向にある。環境指標の動向からみて、寒冷レジームへのシフトは認められないが、この増加傾向が、資源増大の前段階の1960～70年代の状況と類似しているとの指摘もある。本報告では、水研センターおよび関係機関による資源調査とそれらに基づく資源評価の結果から、近年明らかになってきている加入群の特性と最近の加入動向について、直近の調査結果による2012年級群の加入量評価も含めて、総括する。

マイワシ太平洋系群の主たる産卵場は産卵量からみると2～3月を中心とする冬春季の四国沖であり、ここでふ化した稚魚が、一部は沿岸域に滞留し、多くは黒潮によって黒潮-親潮移行域へ運ばれて成長して主たる加入群になると考えられていた。しかしながら、近年の調査によって、加入群の特性はこれとは異なることがわかってきた。ふ化後、黒潮に運ばれて移行域で成長するもの(以下、沖合加入群)には、稚仔魚期が春季ブルーミング時期と一致する、ほぼ3月後半～5月前半(4月中心)にふ化した個体だけがみられた。沖合加入群は、本邦近海から170°Eに及ぶ移行域で成長して道東～千島列島東方沖の亜寒帯域で夏秋季の索餌期を過ごし、冬季に南下して漁場へ加入する。分布範囲は海流の移送に依存するため、加入量の多寡を反映せず、低くても広域に分布する。索餌期の秋季亜寒帯域における分布密度、現存量が豊度の指標となる。稚幼魚期に広大な海域を生育場とすることで資源量を増大させることができる一方、環境変化を受けやすいことから豊度の年変化が大きく、太平洋系群の資源動向を左右するが、4月を中心とするごく限られた期間の産卵に依存する。また、そのふ化時期からみて、主たる冬春季の産卵場よりも、春季の産卵の多い潮岬以東由来のものが多いと考えられる。一方、ふ化後、沿岸域への流れに取りこまれて沿岸域で成長するもの(以下、沿岸加入群)には、長期間に亘る産卵期を反映して、様々なふ化日の個体が出現し、2～3月の個体も多い(落合2009, 長谷川・日越2011)。このような特徴から沿岸加

入群と沖合加入群はそれぞれ従来考えられていた足摺系群と太平洋系群(旧)に相当すると思われるが、いずれになるかはふ化日と産卵場周辺の海況条件に因って偶然に決まり、独立した群ではないと考えられる。

以上のように、沿岸加入群と沖合加入群は主たる発生時期や生育場が異なることから加入動向は必ずしも一致しない。2008年級群は、シラス～幼魚期から沿岸各地で十数年ぶりの水準で好漁であり、沿岸加入群の豊度が高かったが、秋季亜寒帯域の分布密度は高くなく、沖合加入群はとくに高くはなかった(図)。沿岸加入群が主体となった2008年級群の加入量は、近年において卓越して高いものではなかったが、その後の親魚量の増加につながり、2002年以降10万トン未満であった親魚量は2010年に12万トンに増加した。2010年級群は、沖合加入群の豊度が高く、近年では卓越して加入量が高かった(図)。RPS(再生産成功率, 加入量/親魚量)が高く、好適な環境によって稚仔魚期の生残率が高かったためと考えられる。2011年級群は、2008年級群同様に幼魚期までに沿岸各地で好漁で沿岸加入群の豊度が高かった。沖合加入群もRPSは高くないが、親魚量が増加したことで豊度が比較的高かった(図)。このような2008年以降の加入量の増加により、2012年の親魚量は1990年代前半の水準の50万トン以上に増加した。成魚の索餌回遊域は拡大し、道東まき網漁場が形成されるようになった。2012年級群は、沿岸での好漁の情報はなく、沿岸加入群の豊度は高くはないが、秋季亜寒帯域の分布密度は2011年に次いで比較的高いことから、沖合加入群の豊度は比較的高く、加入量は近年において比較的高いと評価される。RPSは低く、親魚量の増加によるものと考えられる。マイワシ太平洋系群の増加傾向は続いていると判断される。

