

## アカイカ秋生れ群資源変動と北太平洋における海洋環境変動との関係について

○五十嵐弘道\*・淡路敏之\*\*・石川洋一\*・西川悠\*・増田周平\*・酒井光夫\*\*\*・  
加藤慶樹\*\*\*・一井太郎\*\*\*・齊藤誠一\*\*\*\*

\* JAMSTEC \*\*JAMSTEC・京大 \*\*\*国際水研 \*\*\*\*北大

キーワード：アカイカ・PDO・TZCF

## 1. はじめに

北太平洋に広く生息する外洋性のアカイカは、秋生れ群と冬春生れ群に大別できるが、このうち秋生まれ群については夏季の40Nを中心とする北太平洋中央部が主漁場の一つとなる。アカイカ資源変動は、北太平洋の海洋環境変動の影響を強く受けていることが指摘されており (Ichii et al.,2011), 確度の高い資源推定を行う上で、アカイカ資源変動に影響を及ぼす海洋環境変動要因を明らかにする事が重要である。

アカイカ秋生れ群資源は、流し網漁が行われていた1979-1992年には、7月調査での捕獲量は低水準であったが、国際モラトリアムにより流し網漁が行われなくなった1994年以降には調査での資源量に回復が見られた(図1) (Ichii et al.,2011)。しかしながら1999年以降に再び資源の減少が見られ、その原因として北太平洋の海洋環境変動が影響を及ぼしている可能性が過去の研究で指摘されている (Bograd et al.,2004)。

本研究は、北太平洋におけるアカイカ秋生れ群の資源変動に影響を及ぼす海洋環境変動を明らかにし、資源推定モデル構築につながる知見を得ることが目的である。

## 2. 使用データ・方法

本研究では、北海道大学水産科学研究院及び国際水産資源研究所により175.5E, 38.5-47.5N 測線で毎年7・8月に行われる調査流し網によるアカイカ秋生れ群CPUEデータ、及びJAMSTEC/DrCで作成された4DVAR海洋長期再解析データを用いた。流し網漁が行われなくなった1994-2006年を対象期間として、アカイカ秋生れ群資源変動データと北太平洋における海洋環境変数に対して相関解析を行った。特にIchii et al.(2011)で重要性が指摘されている冬季の海洋環境に注目し、栄養塩供給の指標として診断的に見積もったエントレーンメント量、

$$ENT = (w_{mb} + \bar{u}_{mb} \cdot \nabla h_m + \frac{\partial h_m}{\partial t}) \quad (1)$$

との関係を調べた。ここで  $w_{mb}$  は混合層下面での鉛直流速、 $u_{mb}$  は同水平流速、 $h_m$  は混合層深である。

## 3. 結果

対象期間 (1994-2006年) におけるアカイカ秋生れ群CPUEは、産卵後の初期成長期となる冬季 (2-3月) の30-40N, 180-210E 領域の海面水温と有意な負の相関関係を示すが、この領域はPacific Decadal Oscillation(PDO)の変動中心を含んでおり、アカイカ秋生れ群資源変動がPDOに伴う海洋環境変動の影響を強く受けていることが示唆される。またアカイカ秋生れ群CPUEと1月のエントレーンメント量との間に有意な正相関が北太平洋の広域に見られることから、冬季における亜表層からの栄養塩供給量の年々変動がアカイカ秋生れ群の初期生活期の摂餌環境に影響を及ぼし、その後の資源変動に反映されることが考えられる。

\*本研究は、文部科学省「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」による成果である。

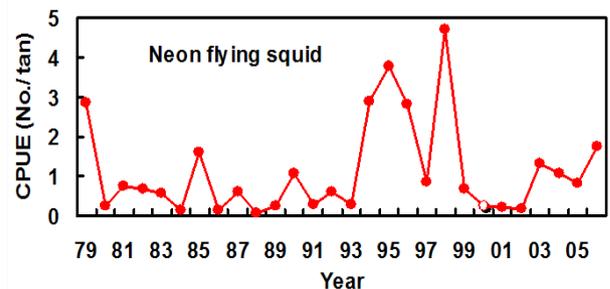


図1. アカイカ秋生れ群資源変動時系列(Ichii et al.,2011).

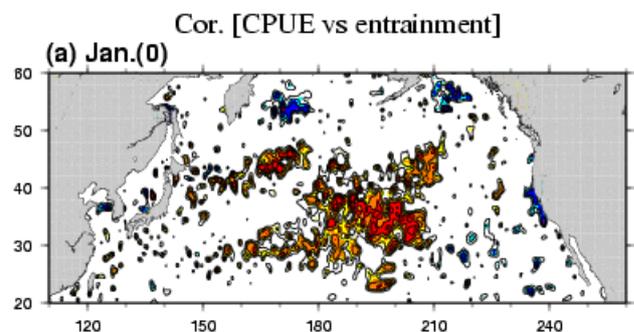


図2. 1994-2006年におけるアカイカ秋生れ群資源変動と、同年1月のエントレーンメント量との相関分布。コンターは相関係数が0.4以上の領域を示す。

## アカイカ冬春季産卵群の初期餌環境が資源量変動に及ぼす影響

○西川悠\*・石川洋一\*・五十嵐弘道\*・酒井光夫\*\*・加藤慶樹\*\*・佐藤晋一\*\*\*・碓氷典久\*\*\*\*

\* JAMSTEC \*\*国水研 \*\*\*青森水総研 \*\*\*\*気象研

キーワード：アカイカ・資源量変動・粒子追跡実験・データ同化

## 1. 目的

アカイカ (*Ommastrephes bartramii*) は北太平洋に広く分布する重要な水産資源であり、大型の秋季産卵群と小型の冬春季産卵群に分けられる。産卵適水温は産卵群によらず海表面水温 (SST) 21°C から 25°C の範囲である。21°C の等温線が比較的生産性の高い日本東方海域に位置する秋季産卵群の場合、餌の豊富なクロロフィルフロントと成育場の位置関係が資源水準の多くを説明することが知られている (Ichii *et al.*, 2011)。一方で冬春季産卵群については、日本における漁獲重量が年によって数十%も変動するにもかかわらず、産卵場が日本のかなり南方に形成され調査が困難であることもあって、漁獲量変動に影響する要因がわかっていない。

本プロジェクト「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」は、アカイカ漁獲量経年変動の原因を好適漁場の形成および資源量そのものの変動から明らかにし、さらにその結果をデータ同化によって精度を向上させた海洋環境予測モデルに適用し、将来の漁獲量を予測することを目的としている。このうち、本研究は冬春季産卵群の資源量変動要因の解明を担当した。

## 2. データと方法

データ同化システム MOVE/MRI.COM-WNP (Usui *et al.*, 2006) から得られた流速、海面水温(SST)データ、および地球観測衛星 TERRA/AQUA 搭載センサの MODIS によって観測されたクロロフィル a 濃度データを組み合わせた粒子追跡実験を行うことにより、産卵から受動輸送期までのアカイカ冬春季産卵群の初期餌環境を、北太平洋全域に現れる SST21–25°C を指標とした推定産卵海域で調べた。さらに、青森県産業技術センター水産総合研究所が集計した中型いか釣り漁船のデータからアカイカ冬春季産卵群の 2004 年から 2011 年までの CPUE (漁獲重量/隻数/日) を求め、粒子追跡実験から得られた初期餌環境の経年変動と比較し、初期餌環境と CPUE 変動の関係を調べた。また冬春季産卵群の初期の生育場周辺の基礎生産が変動する要因を、クロロフィル a 濃度と MOVE/MRI.COM-WNP の混合層深度 (MLD) データの比較から検討した。

## 3. 結果

北太平洋の産卵可能海域の中でも、産卵期である 2–5 月、140–160°E の海域から放した粒子が経験する、産卵後 0–30 日の平均クロロフィル a 濃度と CPUE の間に有意な正の相関関係が見られた (図 1)。

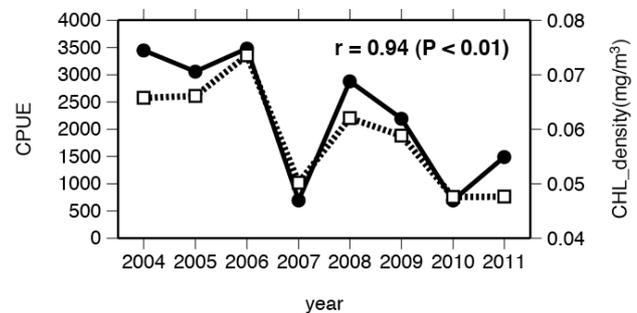


図 1. 毎年 2 月 3 日に 156.6°E, 25°N から深度 5m で放流した粒子の経験する、放流後 30 日間の平均クロロフィル a 濃度 (破線+□) と CPUE (実線+●) の時系列。CPUE が算出された年に対し産卵は前年になるため、クロロフィル a は 2003 年から 2011 年の値となっている。

このような SST21–25°C、140–160°E に位置する冬春季クロロフィル a 濃度経年変動は、時間を遡って逆追跡を行った結果、前年秋季から同年冬季にかけての MLD 経年変動と有意な正の相関関係を持つことがわかった。アカイカの冬春季産卵場は亜熱帯反流に挟まれた海域であり移流は大きくない。従ってこのクロロフィル a 濃度と相関を持つ MLD は、冬春季産卵群の産卵場付近で記録されたものである。

## 4. 考察

アカイカの CPUE データには、漁期中の海洋環境に影響を受ける資源水準とは独立した漁場形成要因が含まれるものの、本研究の結果は CPUE がある程度初期の餌環境 (初期の生残) に影響されることを示唆する。また、初期餌環境は前年秋季から冬季にかけての産卵場付近の MLD に依存している可能性も示された。これらの結果から、アカイカ冬春季産卵群の漁獲量決定に対し気候変動は重要な要因の一つであると考えられ、海況変動予測技術の向上により正確な漁獲量予測モデルが開発されることが見込まれる。

# 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 (4)

P03

## Seasonal potential fishing grounds of neon flying squid in the western North Pacific from GAM and Maxent models

○Irene D. Alabia\* · Sei-Ichi Saitoh\* · Robinson Mugo\*\* · Hiromichi Igarashi\*\*\* ·  
Yoichi Ishikawa\*\*\* · Norihisa Usui\*\*\*\* · Masafumi Kamachi\*\*\*\* · Toshiyuki Awaji\*\*\*\*\*  
\*Hokkaido University \*\*KMFRI \*\*\*JAMSTEC \*\*\*\*MRI \*\*\*\*\*Kyoto University  
Keywords: Neon flying squid · GAM · Maxent · North Pacific

### 1. Introduction

Neon flying squid is an internationally-exploited fishery in the western North Pacific and plays an ecological role in the marine pelagic ecosystem. The North Pacific population is comprised of two seasonal-spawning cohorts that exhibit strong meridional migration patterns. In this study, we investigated squid-environment interaction to elucidate seasonal potential squid fishing grounds using two statistical models, constructed from available fishery data, satellite and model-derived oceanographic factors.

### 2. Data and methods

Monthly-resolved environmental layers used included sea surface temperature, sea surface salinity, sea surface height, eddy kinetic energy and wind stress curl compiled from January-February and June-July 2001-2004. Available squid fishery data with fishing locations and catch per unit effort were also compiled monthly and resampled to 0.25° resolution. GAM and Maxent monthly models were developed using mgcv package implemented in R (ver. 2.15.1) and Maxent software (ver. 3.3.3k), respectively.

### 3. Results

During winter, fishing activities were confined in waters contiguous to the coast; when rough sea conditions were likely to impede offshore fishing. Hence, the model designs accounted for these regional differences. Model results from the different platforms showed that potential fishing grounds were within the transition zone in winter (Figure 1) moving past the subarctic frontal boundary towards subarctic domain in summer (Figure 2). This pattern is likely linked to the northward retreat of frontal zones in summer. Moreover, we also observed spatial correspondence with actual CPUE and fishing positions for GAM and Maxent models, based on correlation coefficients ( $R^2$ ) derived from the models.

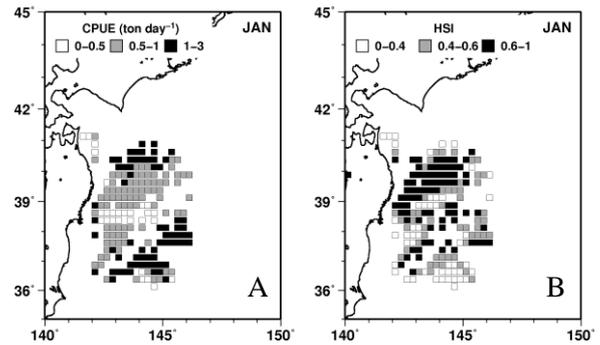


Figure 1. Potential squid fishing grounds for January inferred from (A) GAM and (B) Maxent winter models.

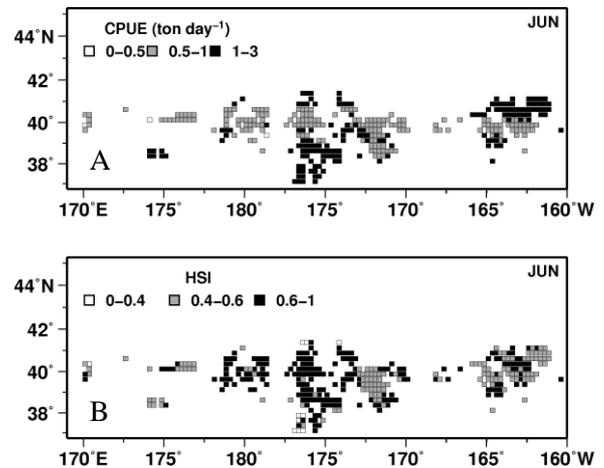


Figure 2. Potential squid fishing grounds for June inferred from (A) GAM and (B) Maxent summer models.

### 4. Discussion

Inferred potential squid fishing grounds vary on both the spatial and temporal dimensions. This pattern gives insights on the mechanisms, promoting formation and persistence of potential squid fishing areas off the different regions of the basin. Moreover, positive relationship between observed CPUE and habitat suitability index, presented Maxent models as complementary tool to GAM for potential fishing ground mapping.

## GLM を用いた北太平洋アカイカ漁場の時空間解析

○ 加藤慶樹\*・酒井光夫\*・松浦浩\*\*\*・五十嵐弘道\*\*\*・石川洋一\*\*\*・

碓氷典久\*\*\*\*・蒲地政文\*\*\*\*・淡路敏之\*\*\*\*\*

\*水研七国水研 \*\* CRI \*\*\* JAMSTEC \*\*\*\* 気象研 \*\*\*\*\* 京大・JAMSTEC

キーワード：アカイカ・GLM・漁場予測

## 1. 目的

外洋性種であるアカイカ *Ommastrephes bartramii* の産卵場は日本（南西諸島～小笠原諸島）や米国（ハワイ諸島）の 200 海里水域を含む亜熱帯海域で、索餌場は亜寒帯境界から移行領域であると考えられている。北太平洋における系群は、発生時期により秋生まれ系群、冬春生まれ系群に区分できる。寿命は約 1 年、最大外套長は雌 60 cm、雄 45 cm 程度となり、秋生まれ系群が冬春生まれ系群より大型化することが分かっている。

本種は、我が国において重要な漁業対象種であり、主に中型イカ釣り船によって漁獲されている。その漁期は 1-3 月に出漁する冬漁と 7-9 月頃に出漁する夏漁があり、冬漁期の漁場は日本沿岸三陸沖に形成され、夏漁期の漁場は日付変更線を越えた西経域付近に形成される。そのため、夏漁期の出漁は、燃油代や人件費等のコストが大きな負担となり、夏漁期に出漁することは漁業者にとって大きな経済的リスクを伴う。

以上の背景から、漁場の形成の有無を出漁前に知ること、中型イカ釣り漁業の安定的な経営に寄与する重要な知見といえる。そこで、本研究では文科省委託事業（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）の一環として、高解像度の海洋モデルと過去の漁獲データを用いた漁場の形成要因に関して時空間的に解析を行った。

## 2. データと方法

一般化線型モデル (GLM) を用いた統計解析を行い、CPUE (トン/日・隻) と海洋環境の関係を解析した。

漁獲データは青森県水産総合研究センターより提供を受けた中型イカ釣り漁船による漁獲データ (1999 年～2010 年) を用いた。海洋環境データは、データ同化システム MOVE/MRI.COM-WNP (Usui *et al.*, 2006) から得られた流速、各層水温データ、海面高度データおよび表面塩分データ、混合層水深デー

タを使用した。さらに、この流速データを基に渦運動エネルギー-EKE を計算し、この値も説明変数としてモデル作成に用いた。

## 3. 結果と考察

AIC を用いた変数選択の結果、最適なモデル式の変数として、表面水温、混合層深度、表面塩分などが選択された。特に、表面塩分とは強い関係があることが示唆された。一方、Igarashi *et al.* (2011) による HSI (Habitat Suitability Index) モデルを用いた漁場解析の結果と比較すると、冬漁期での三陸沖の漁場は渦の位置と強い関係性が示されたが、本解析では対象海域に中規模渦の発生も少ないことから、これらの変数との関係性は低く、変数選択されなかった。

また、この GLM モデルを用いた水平マップを作成し、実際の漁場位置にオーバーレイをしたところ、予想された操業位置は漁船の操業位置と非常に近いことが認められ、今後データを積み重ねて行くことで漁場予測に寄与できる可能性が示された。しかし、モデル解像度の関係から、現段階では実際の操業現場で必要とされる精度の漁場を推測することはできず、更なる改良が必要であると考えられた。

さらに、変数選択で採用された説明変数を詳しく見ていくと、表面塩分、表面水温の二次項の係数が負の値を示していることから、これらのパラメータは漁場形成において最適な値をもつドーム型の関係であることが分かった。

今後は、HSI モデル、ENFA モデルなどの他の統計モデルによる結果との比較を進めていき、統合モデルも視野に入れた漁場予測を推進するとともに、本モデルで推定される漁場の経年変動を解析することにより、長期の環境変動との関係についても解析を進めていく。

# 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 (6)

## VMS データと衛星データを用いたアカイカ生息域特性解析

○齊藤誠一\*・Irene D. Alabia\*・五十嵐弘道\*\*・伊藤喜代志\*\*\*

\*北大院水産 \*\* JAMSTEC \*\*\*ESL

キーワード: VMS データ・アカイカ・衛星データ・生息域

### 1. 研究背景

船舶位置管理システム (Vessel Monitoring System : VMS) は、漁業活動の指標として利用されてきた(Lambert et al. 2012). 本研究では、VMS によって得られたデータを用いて、アカイカ (*Ommastrephes bartramii*) の釣獲活動および生息域特性を解析した。夏季、アカイカは索餌のために亜熱帯の産卵域から北へと回遊する。索餌域と推定される海域の海洋環境変化は漁獲量に影響を与えると考えられる。そこで、本研究は VMS データおよび衛星リモートセンシングデータを用いて、アカイカ潜在索餌域における同種の漁獲変動に影響を与える海洋環境を明らかにすることを目的とする。

### 2. 資料と方法

2011 年 6 - 7 月、青森県八戸船籍の 2 隻のアカイカ漁船にデータロガー付きの VMS システムを設置して VMS データを収集した。得られた船速ログ (緯度・経度・船速) を基に各漁船の行動を漂流 (船速 < 0.1 knot)、漁獲 (0.1 - 3.0 knot) および移動 (>3.0 knot) に分類し、両漁船の行動を日毎に集計した。この漁船行動情報に基づいて 2003 年および 2011 年の 6-7 月における漁獲位置の海表面水温 (SST)、海面高度 (SSH) を抽出した。

### 3. 結果

2003 年および 2011 年の 6-7 月における SST および SSH の等値線マップ (図 1, 2) を作成した結果、夏季の SST 上昇による等温線の北向きのシフトが見られ、アカイカ漁場も海洋環境のパターンに一致していた。また、2003 年に比べて、2011 年は海表面水温が高かった。2011 年は、2003 年に比べて漁獲量が少なかったことが報告されており、海洋環境の変化が 2011 年 6 - 7 月のアカイカ索餌域における漁獲の低下に影響していたことが示唆された。

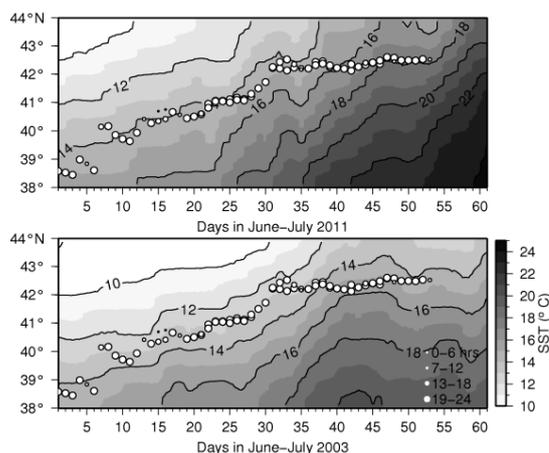


図 1. 2011 年 (上) および 2003 年 (下) における SST 等値線マップ。白点は日毎の漁船位置。

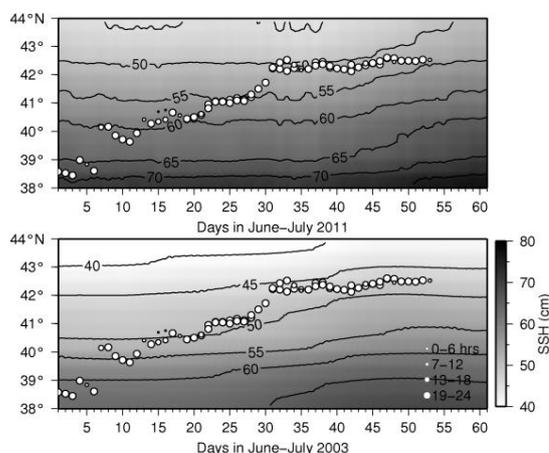


図 2. 2011 年 (上) および 2003 年 (下) における SSH 等値線マップ。白点は日毎の漁船位置。

### 4. 考察

VMS から得られたデータと衛星リモートセンシングデータを組み合わせることによるアカイカ生息域環境調査の応用可能性を示し、2003 年に比べて 2011 年のアカイカ漁獲量低下のメカニズムを説明することを試みた。2011 年は水温が温かかったため、潜在的に生産力が低下し、ひいてはアカイカ索餌域に適さない環境となったと考えられる。

## 漁場予測のためのバイオテレメトリーによる アカイカ鉛直分布の把握

○酒井光夫\*・加藤慶樹\*・中神正康\*\*・若林敏江\*・五十嵐弘道\*\*\*・淡路敏之\*\*\*

\* 国際水研 \*\*東北水研 \*\*\*JAMSTEC

キーワード：アカイカ・バイオテレメトリー・日周鉛直行動・Pinger

### 1. 目的

アカイカ (*Ommastrephes bartramii*) は北太平洋に広く分布する重要な水産資源であり、主にイカ釣りで漁獲される。その漁業は、大型の秋季産卵群を対象とした北太平洋中央部での夏漁と中小型の冬春季産卵群を対象として三陸沖漁場で展開される冬漁 (1月から3月) に分けられる。本プロジェクト「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」では、HSI (Habitat Suitability Index: 好適生息域) モデルを用いて冬漁における数日スケールのピンポイント短期漁場予測を試みているが、このためには生物学的根拠に基づいた漁場におけるイカの生息環境情報、特に水深情報が不可欠である。このため、バイオテレメトリー手法により得られたアカイカの昼夜鉛直分布水深などデータを解析し、北西太平洋の冬季アカイカ漁場となる三陸沖におけるアカイカのミクロな分布域 (ハビタット) としての遊泳分布水深の特性を検討した。

### 2. 材料と方法

バイオテレメトリー手法を用いて三陸沖の冬季アカイカ漁場近傍におけるアカイカの日周鉛直行動把握するため、水産庁調査船『開洋丸』による手釣りによる生きたアカイカの採集調査を実施した。釣り調査は 2011 年 1 月 16 日～19 日にかけて北緯 39 度-東経 143 度の海域で行い、約 10 名の釣り手によってアカイカを釣獲した。釣獲したイカは全部で 10 尾 (雄 4、雌および性別不明 6) であり、このうち 5 尾を超音波発信器 (Pinger) 追跡に用いた。

超音波発信器追跡に用いた Pinger は、VEMCO 社製の V16P-1x (水中重量 9g)、V16P-3H (水中重量 12g)、V16TP-6x (水中重量 16g) であり、V16TP-6x は水深だけでなく装着したイカの環境水温を測定できるタイプである。また、Pinger 追跡は『開洋丸』に搭載されている VEMCO バイテレシステム (VR28) を用いた。

### 3. 結果

Pinger を装着したイカの追跡実験では、装着放流した

5 個体のうちの 4 個体の追跡に成功し、冬季漁場におけるアカイカの日周鉛直行動を観測できた (例、図 1)。この結果、下記のことが示された。

- 1) 追跡に成功した 4 個体すべてが放流後、南西もしくは西南西方向に移動。
- 2) 遊泳速度は約 1 ノット。
- 3) 夜間は水温躍層もしくは躍層上の水深 50～75m、またはごく表層 (10m) を遊泳。
- 4) 日中は水温躍層下層の水深 100～150m、水温域は 9～10℃付近を遊泳。

### 4. 考察

本調査によって三陸沖の冬季アカイカ漁場におけるアカイカの遊泳分布水深は、夜間では 50～75m もしくは表層付近、昼間では 100～175m の水深であることが示された。特に、昼間の遊泳水深は調査例数が少ないものの、この水深層は漁業者がアカイカの好漁場探索時に生息水温の代表として利用する 100～200m 水深層に一致している。HSI モデル開発に適用する水温として、本調査で得られた昼間の生息水深 100～175m は生物学的に重要な意味を持つと考えられる。

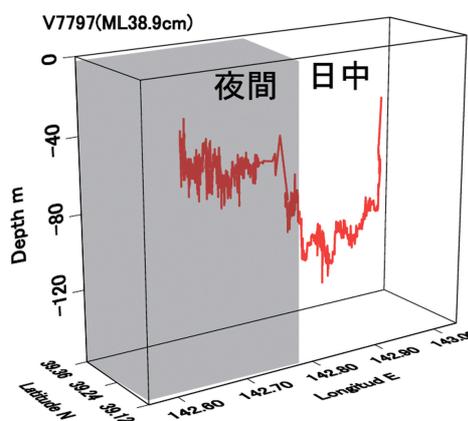


図 1. アカイカに装着した Pinger を水産庁調査船「開洋丸」で追跡して得られた日中鉛直行動

# 東北水研着底トロール調査 CTD 観測に基づく東北近海域の底層水温変化

○清水勇吾\*・伊藤正木\*\*・服部 努\*\*・成松庸二\*\*  
 \*水研セ中央水研 \*\*水研セ東北水研  
 キーワード：東北沖・底層水温・大陸斜面・時間変化

**1. 目的：**東北地方太平洋側近海域の表層では、数 10～100km の水平規模で親潮系冷水，黒潮系暖水，津軽暖水が帯状，渦状に見られ，水温が水平方向に大きく変化するだけでなく，これらの冷水・暖水の移動や出現，消長などに伴い，数日程度で大きく変化する様子が人工衛星水温画像などで見られる．一方，大陸斜面域底層の水温の季節変動や年々変動については，観測資料不足のため十分に解析されているとは言い難い．特に三陸～常磐近海の底層には，漁獲対象として重要なマダラ，スケトウダラなどの底魚類が多く見られ，これらの資源変動と海洋環境変動との関係を明らかにするためには，底層の水温変化を調べる必要がある．

東北水研では，東北近海の大陸棚～斜面域において春季，秋季に着底トロール調査を行い，海底直上まで CTD（水温，塩分）観測を実施している．本研究では，この海底直上の CTD 水温観測値を用いて，東北近海域の底層水温の変化を調べたので，その結果を報告する．

**2. 資料：**東北水研の春季（4月；但州丸），秋季（10～11月；若鷹丸）着底トロール調査では，A～H の観測群を設け，150m，250m，350m，450m，550m，650m，750m，900m 深を目安に実施されたトロール調査点において，海底直上までの CTD 観測を行っている．海底直上での CTD 水温観測値を底層水温として，観測状況等から，春季調査については 2004～2010 年の 200～500m 深，秋季調査については 1998～2010 年の 200～800m 深の観測資料を解析した．

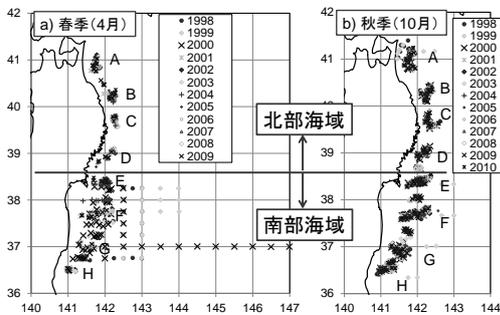


図1 東北水研着底トロール調査のa)春季、b)秋季におけるCTD観測点分布。

**3. 結果と考察：**A～D 群を北部海域，E～H 群を南部海域と分け（図 1），鉛直的には 500m 深を境に，200～500m

深を底層上部，500～800m 深を底層下部と分けて（図 2），北部・南部海域の底層上部・下部それぞれの領域で平均した底層水温値の変化を解析した．

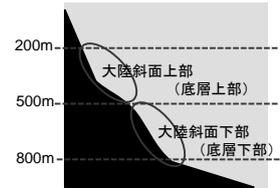


図2 底層水温解析水深帯分類の模式図。

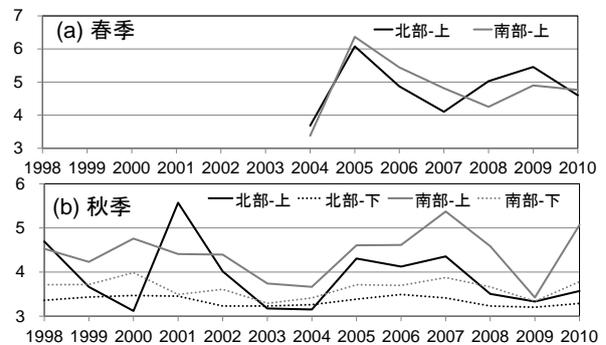


図3 北部・南部それぞれの海域における大陸斜面上部(200m～500m)、下部(500m～800m)の平均底層水温の時系列。

表1 春季調査における底層上部平均水温の2004～2010年までの平均、標準偏差(°C)。

	北部	南部
平均	4.83	4.84
STD	0.81	0.93

表2 秋季調査における底層上部、下部の平均水温の1998年～2010年までの平均、標準偏差(°C)。

	北部		南部	
	斜面上部	下部	斜面上部	下部
平均	3.89	3.34	4.41	3.64
STD	0.72	0.11	0.55	0.20

春季調査の底層上部水温は，北部・南部とも 2004 年を除き 4°C 以上で変化していた一方（図 3a），秋季調査の底層上部水温は北部・南部とも 3°C 台の値を取ることもあり（図 3b），平均値を比較しても底層上部での水温は秋季のほうが春季よりもやや低いことが分かる（表 1，2）．この結果は，秋季の平均期間を春季に合わせて 2004 年～2010 年にしても変わらなかった．

その一方で，東北海区 100m，200m 深水温図などと比較すると（<http://tnfri.fra.affrc.go.jp/kaiyo/temp/temp.html>），底層水温の変化は，東北太平洋側近海域での親潮系冷水，黒潮系暖水，津軽暖水の分布を良く反映していることも分かった（図は示さず）．

一般的に，親潮系冷水は春季に東北近海に南下してくるため，春季よりも秋季に底層水温が低いことを簡単には説明できず，塩分も含めた空間的な海洋構造を調べる必要があると思われる．秋季調査における底層下部の水温変化も含め，詳しくは講演時に述べる．

# P08 仙台湾における ADCP 往復調査による残差流の推定

○ 筧 茂穂<sup>1</sup>, 佐々木浩一<sup>2</sup>, 伊藤進一<sup>1</sup>, 和川 拓<sup>1</sup>  
(1: 水研セ東北水研, 2: 東北大院農)

キーワード: ADCP・往復観測・残差流・仙台湾

## 1. はじめに

仙台湾は, 名取川や阿武隈川などの大川が流入する湾であり, その大部分が 50 m 以浅の大陸棚となっており, 異体類や二枚貝類の主要な生息域となっている. 外洋に開口した仙台湾において, 移動力の乏しいこれらの生物が再生産を繰り返して個体群を維持するためには, 湾内にとどまる機構が存在し, これには流動の影響が少なからず寄与していると考えられるが, 詳細については不明な点が多い. また, 東北地方太平洋沖地震やこれに伴う大津波により, 陸上起源物質や人為起源物質が海域に流出し, 湾内の生態系に影響を及ぼしていることが懸念されている. このような物質の移流・拡散過程を明らかにするためにも仙台湾における流動構造に関する知見は不可欠である. そこで本研究では, 仙台湾において, 船舶に取り付けた ADCP を用いて約半日間の往復観測を行い, 残差流の断面分布を算出した.

## 2. 観測

ADCP 往復観測は, 2010~2012 年に実施しているが, 本発表では 2010 年の結果について述べる. 観測線を 38° 12.69' N の 141° 0.81' ~ 10.81' E に設定し, 経度 2 分ごとに測点を設けた. 観測には舷側に 600kHz の ADCP (RD Workhorse Sentinel) を取り付けた貝ケタ漁船を用いた. 測点では船を停船させて測流を行い, 測点間は ADCP を水上に揚収して全速力で航行した. このようにして 9 時間で 4 往復のデータを得た.

## 3. 残差流の推定方法

観測時間が短いため最小二乗法調和分解の適応ができない. そこで, 予報潮位の時間変化量を説明変数として, 各測点・各深度の時刻  $t$  における観測流速の東方成分 ( $u$ ), 北方成分 ( $v$ ) を推定する手法を用いた.

## 4. 結果

S05 の 8 m 深の東方成分の観測値と推定値の相関係数は 0.996 であり, 非常に高い精度で流速を推定できた (Fig. 1). 北方成分についても,

東方成分に比べると観測値と推定値に誤差はあるものの, 相関係数は 0.949 と高い値であった. 他の測点・層においても, 観測値と推定値の相関係数は概ね 0.9 以上であり, 予報潮位の時間変化量を用いて高い精度で流速変動を推定することができた.

推定した残差流は上層で南流, 下層で南西~西流となっていた (Fig. 2). 残差流の南北流の分布と ADCP 観測中に実施した多項目水質計 (AAQ1186) による密度分布から推定した地衡流はよく一致した.

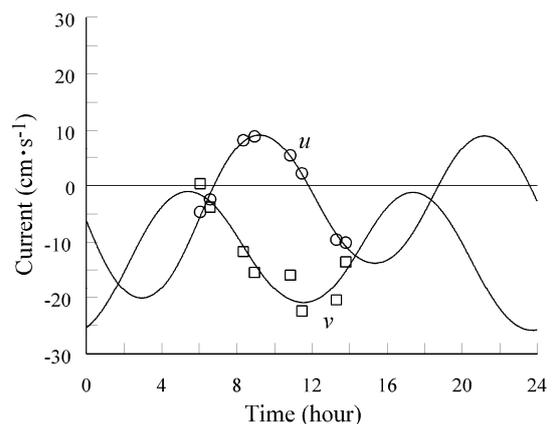


Fig. 1 測点 S05 の 8m 深の観測流速 (○, □) と推定流速 (実線).

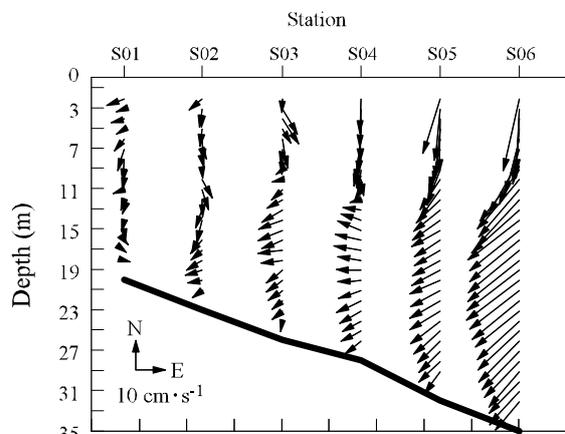


Fig. 2 残差流の断面分布.

○都築 純\*・兼田 淳史\*・鮎川 航太\*\*

(\*福井県大・海洋生物資源 \*\*福井県水試)

キーワード：若狭湾，対馬暖流，環流，陸棚

1. はじめに

若狭湾の流動構造は、環流が形成されるなど複雑なことで知られている。湾内の流動は卵、稚魚などの輸送や、底引き網漁業や定置網漁業の漁場環境に影響を与えていると推察されるものの、十分な知見はない。近年、調査船の船底に ADCP が備えられるようになり、多層の流速データが連続的に測定されるようになった。福井県水産試験場の福井丸は調査時に ADCP を用いて出航から入港までの流向・流速の測定を行っており、取得したデータを蓄積している。本研究では、福井丸が蓄積してきた ADCP データをとりまとめて解析を行った。湾内の流動構造の年や季節による違いなどについて解析した結果について報告する。なお、本研究は新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「日本海沿岸域におけるリアルタイム急潮予測システムの開発」の助成をうけて行われている。

2. 方法

福井県水産試験場の調査船・福井丸に搭載されている ADCP(RD 社 BBVM150kHz)を用いて取得した 2003 年から 2010 年までのデータを用いた。調査船は若狭湾全域に設定された観測地点(図 1)を結ぶように航行し、海面下 16m から 8m おきの流向・流速データを 2 分おきに取得した。なお 2007 年のデータは異常値の割合が高かったため、今回は解析に用いなかった。解析範囲を東経 136°00'~136°30'、北緯 35°24'~36°24' に設定した。解析範囲内を経度方向に 6°、緯度方向に 4° ごとのメッシュに区切り、メッシュごとに異常値の除去を行ったあとに平均流向・流速を算出し、年や季節による違いについて調べた。季節による違いを明らかにする際には、3ヶ月ごとに平均の流動場を算出した。なお、1, 2, 12 月は観測数が少なかったため、平均の流動場の計算には用いていない。

3. 結果

年による流動構造の違いについて確認した。各年のデータを用いてメッシュごとに流向、流速の平均値を計算し、年による違いをみた結果、環流構造が明瞭に形成されている年もあれば、そうでない年もあった。年による違いは大きく、解析期間中では 2005 年、2010 年に環流構造は多く出現したことを確認した。

流動構造の季節変化についての解析結果の一例として、図 2, 3 には 8-10 月、9-11 月の平均の流動構造を示している。図 2 をみると、湾口付近から沖合にかけては対馬暖流第一分枝流が東に向かって流れており、湾内には時計回りの環流が確認できる。一般的にこの環流構造は年間を通して明瞭にみられるわけではなく、6 月頃から 10 月頃まで形成されていた。9-11 月頃になっても環流の構造は確認できるものの(図 3)、湾の西部には東向き成分が強くなるなど、8-10 月とは変化がみられた。環流が形成された時期は湾口付近の流れも強くなる時期であったこと

から(図は省略)、環流の形成には若狭湾の沖合を流れる対馬暖流の流路・流速の条件によって変化しているものと推察された。

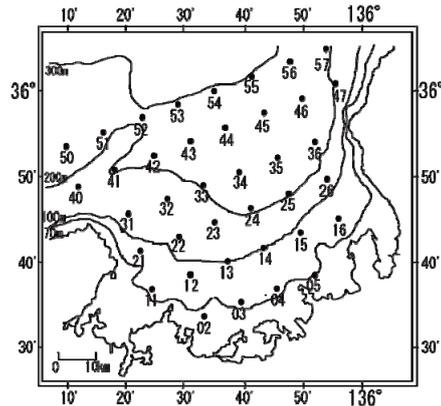


図 1 福井丸の観測点図

これらの観測点で調査を実施する際、ADCP を用いて多層の流動データが取得されている。

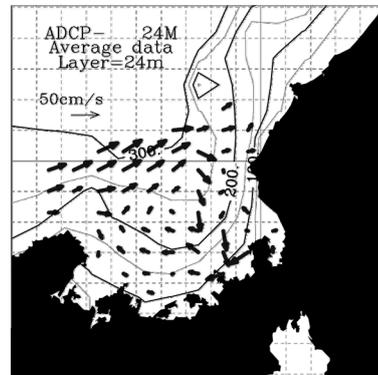


図 2 8-10 月の平均流況(海面下 24m)

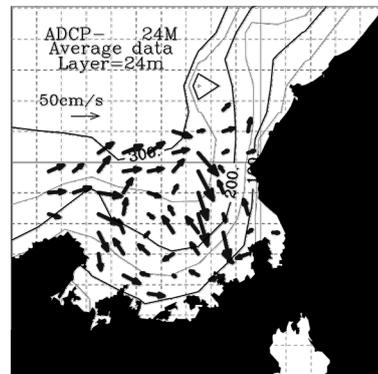


図 3 9-11 月の平均流況(海面下 24m)

# P10

## クロマグロ産卵期の琉球列島周辺海域における海洋環境

○亀田卓彦<sup>1</sup>・鈴木伸明<sup>1</sup>・増島雅親<sup>2</sup>・石原大樹<sup>3</sup>・清水庄太<sup>3</sup>・青沼佳方<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 水研セ西海水研 <sup>2</sup> 水研セ中央水研 <sup>3</sup> 水研セ国際水研

キーワード：クロマグロ産卵場・経年変動・先島諸島

### 1. 目的

春季の先島諸島周辺海域はクロマグロ主産卵場の一つと考えられている。しかし、本海域での海洋環境についての情報が不足しているため、クロマグロが産卵するための環境条件や、仔稚魚の生残に海洋環境が与える影響はほとんどわかっていない。そこで本発表では先島諸島を中心とした琉球列島周辺海域の海洋環境（水温、塩分、栄養塩、クロロフィル $a$ 濃度など）について調べた結果を報告する。

### 2. 方法

2011年5月11日～21日と2012年5月12日～20日に西海区水産研究所陽光丸で沖縄本島から先島諸島にかけての海域で観測を行った（図1）。観測項目はCTD+採水、ADCP、および2mリングネット、NORPACネットによる生物採集であり、採水項目は塩分、栄養塩、クロロフィル $a$ 濃度である。

### 3. 結果

24°N線に沿う水温の東西鉛直断面図を図2に示す。表層水温に注目すると、2011年には水温が25°C以上の海域が125°E以西、26°C以上の海域が124°15'Eに限られていたのに対し、2012年には124°Eを除く全点で26°C以上であり、2012年の方が昇温が早かった。

### 4. 考察

増島ら（2008）の粒子逆追跡の結果では、先島諸島周辺のクロマグロ産卵場の水温は24～27°Cで、中でも25～26°Cが多いと推定されている。今回の観測結果から24°N線上でクロマグロは、2011年の観測時には特に125°E以西を産卵場としている可能性が高く、2012年の観測前にはすでに産卵していた可能性があると考えられる。

発表時には環境データと生物採集の結果をあわせて報告するとともに、衛星データやJODC所蔵の観測データを用いて海洋環境の経年変動についても述べる予定である。

### 参考文献

増島ほか、2008年度水産海洋学会講演要旨集, p. 59.

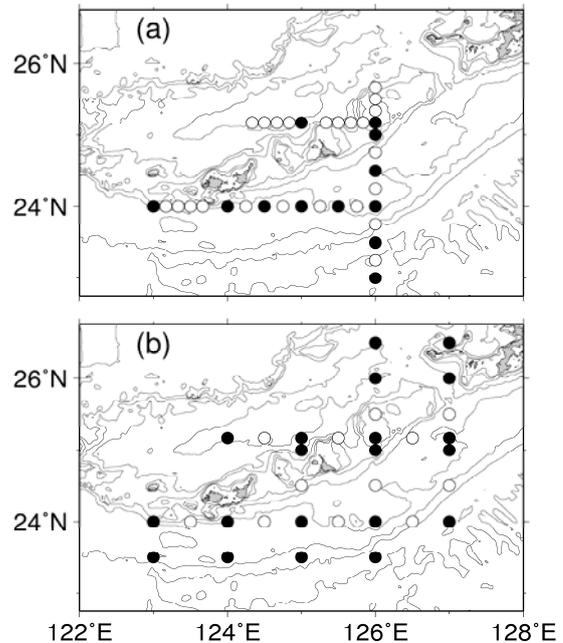


図1 CTD観測点（●:採水あり，○:採水なし）  
(a)2011年 (b)2012年

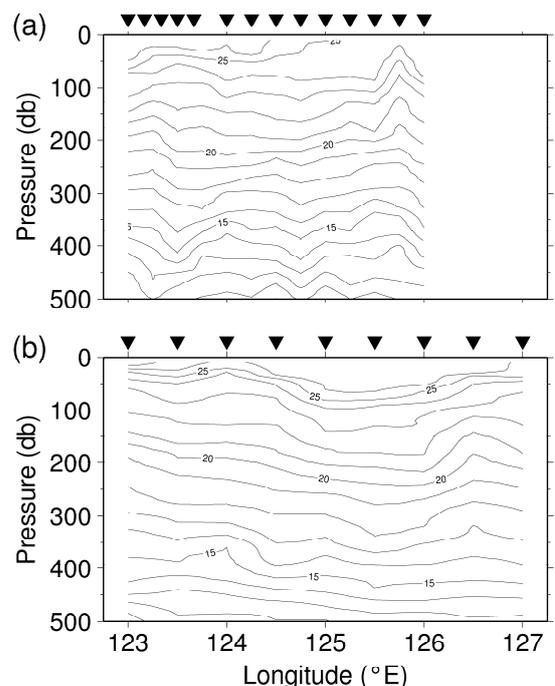


図2 北緯24°線に沿う水温の東西鉛直断面図  
(a)2011年 (b)2012年

# P11

## 黒潮N型流路変動に応答する内側域の海況変化

○清水 学\*・瀬藤 聡\*

\*水研セ中央水研

キーワード：黒潮 N 型流路・黒潮内側域海況

### 1. 背景と目的

日本南岸の黒潮流路は、蛇行規模と地理的特徴に基づいて流型(A,B,C,D,N型)が分類されており(川合(1972), 吉田ら(2006))、内側域の海況はその流型に応じて変化する。例えば、B型流路の時は遠州灘沿岸の表層が暖水波及の影響を強く受け、一方、C型流路では伊豆諸島北部が冷水域に幅広く覆われる。このような黒潮流路変動による水温変化は漁場形成に影響を与えているとされ、各試験研究機関によって船舶調査、衛星や観測ブイ等で常時モニタリングしている。近年では、燃油高騰などの社会的背景のもとでの効率的な漁場探索が求められ、正確な海況予報が求められている。

本研究では、上記の黒潮流型のうちN型流路に着目し、既存データからその詳細な空間的特徴を分類・整理した。

### 2. N型流路の抽出と概観

衛星海面高度計データ(Aviso MADT; 1993.1.1~2011.12.31の期間内の全1003週分(週1データ); Stammer(1998)の方法によるステリックハイト除去)から算出した表面地衡流からAmbe *et al.*(2004)の方法により黒潮流軸を推定した。137.5°E-139.8°Eにおける流軸の南端緯度が33°N以北を通り、かつ八丈島の北を通る流路をN型流路と判断した。図1は、その結果を示したもので、1003週分のデータから433週(43%)がN型流路であったと示された。138°E~139°E付近では、黒潮は南北の緯度方向に1度程度の変動幅を持っていることがわかった。

### 3. N型流路と海面水温の相関

図2は、「N型流路の南北緯度変化の時系列(遠州灘沖で黒潮流軸を東西に平均)」と「同海域の衛星海面水温(GHRSSST/AVHRR/AMSROI 0.25°×0.25°; 季節変動除去)」との相関分布を示す。正值は黒潮が北上(南下)すると、海面水温が上昇(下降)することに対応する。遠州灘沖に見られる0.6以上の高い正相関を示す海域における線形回帰係数から(図未表示)、緯度1度の北上(南下)が海面水温5°C上昇(下降)に対応する関係が示された。

### 4. 海面水温と直上気温の対応関係

上記3の結果は、同海域の海面水温がN型流路の変化の影響を強く受けていることを示すものであるが、その際に直上の大気変動との関係はどのようにみえるかを調

べた。ここでは大気変動を代表する変数として気象庁モデル再解析値(JRA/JCDAS)の海上気温(2m)を用い、海面水温との同時相関係数(両者には予め5週間移動平均を施した)を求めた(図3)。相関係数が低い海域は、九州南東沖と本研究で対象とする東日本沿岸にあり、両海域は黒潮流路変化の大きな海域の近傍と一致している。詳細は講演時に議論したい。

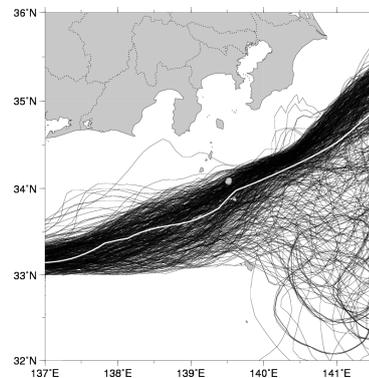


図1. 1993年~2011年のN型流路. 白線はN型流路の平均位置. 計433本(解析期間中の43%).

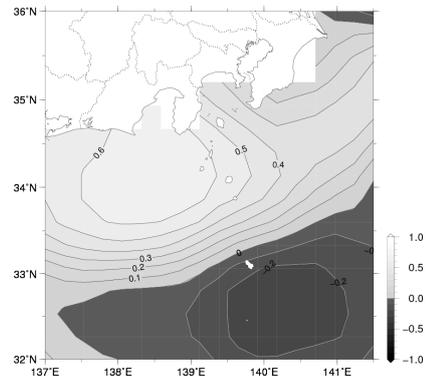


図2. N型流路の南北変化と海面水温との相関分布図.

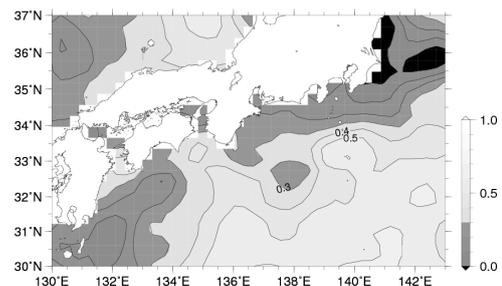


図3. 海面水温と海上気温(2m)との相関分布図.

岩手県沿岸域における水質の鉛直構造と時間変動

和川 拓, 伊藤進一, 寛茂穂 (水研セ東北水研), 黒田寛 (水研セ北水研)  
 山野目健, 加賀新之助 (岩手水技セ)

キーワード: 岩手県沿岸定線 CTD 観測, 鉛直構造, 季節変動, 経年変化

1. はじめに

三陸沿岸域において, 沿岸漁業や養殖業に対して, 漁場形成の不安定化や養殖物の品質低下などの問題を引き起こす水質場について, 正確な理解が必要であることは論を俟たない. 岩手県沿岸域の水質場は海洋循環の移流による影響を受け, 大きく時間変動する. Hanawa and Mitsudera (1987) は 1977-1981 年の約 5 年間の, 岩手県沿岸定線における CTD 観測の基準層資料を用いて, この海域が主に津軽暖流, 親潮, 黒潮, 沿岸親潮の水質により構成され, その空間分布は月々から年々の時間規模で変化することを示している. Oguma et al. (2002) は 1971-1995 年の約 25 年間の同資料を用いて, 津軽暖流, 親潮, 黒潮の水質場が水深 100m において明瞭に季節変動することを示している.

上記の研究は基準層資料を用いているため, 水質場の内部構造はよくわかっていない. 我々は蓄積された岩手県沿岸定線の水深 1m 毎の CTD 観測資料を用いて, この海域の水質場や鉛直構造を詳しく調べた. また, その時間変動についても調べた.

2. 観測概要と解析資料及び解析方法

ほぼ毎月実施された 2006-2011 年の約 6 年間の, 岩手県沿岸定線における水深 1m 毎の CTD 観測資料を解析した (図 1).

津軽暖流, 親潮, 黒潮, 沿岸親潮の水質分類には Hanawa and Mitsudera (1987) の方法を用いた.

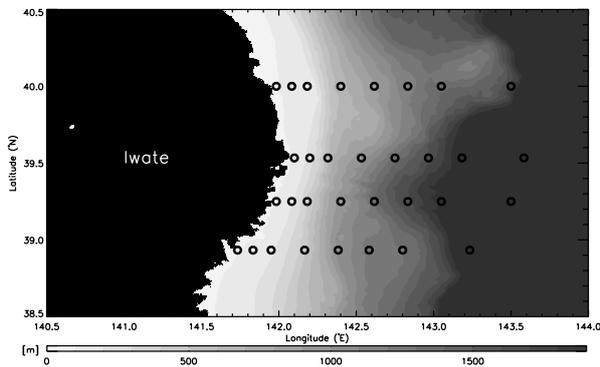


図 1: 岩手県沿岸定線の CTD 観測点 (印). 北から順番に黒埼定線, とどヶ埼定線, 尾埼定線, 椿島定線.

3. 結果

図 2 に, 黒埼定線における温位の季節平均気候値の鉛直断面図を示す. 冬季には, 大気からの冷却により鉛直混合が発達し, 鉛直一様 (順圧的) な構造が最も強かった. この時期に親潮水の面積が最も大きくなり, その範囲は水深 300m にまで達した. 春季から夏季には, 大気からの加熱により成層構造が発達し, 傾圧的な構造が強くなる. この時期に津軽暖流水の面積が大きくなり, 夏季から秋季に最大と

なった. また, 津軽暖流水は陸棚上に補足されるように分布していた. このように, 水深 1m 毎の CTD 観測資料を用いたことにより, 各水質の季節変動を鉛直構造も併せて面的に記述できる.

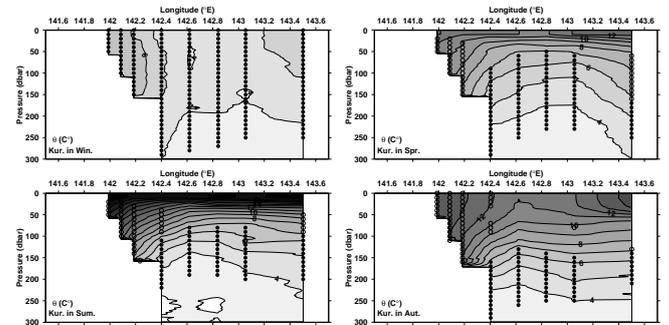


図 2: 黒埼定線 (最北の定線) における, 冬季 (2-4 月; 左上図), 春季 (5-7 月; 右上図), 夏季 (8-10 月; 左下図), 秋季 (11-1 月; 右下図) の, 温位の季節平均気候値の鉛直断面図. 津軽暖流水 (親潮水) の点を (水深 10m 間隔で) ( ) 印で示している.

図 3 に, 全測点で積算した各水質の点 (層) 数 (存在頻度) の時系列を示す. 冬季 (夏季から秋季) に親潮 (津軽暖流) の存在頻度は高く (低く) なり, 上記と同じく, 全測点を含めた, 鉛直断面全体の各水質の存在頻度としても季節変動が示された. また, 2006 年初旬における異常冷水の岩手県沿岸域への接岸や, 2007 後半における暖水塊の接岸も (津軽暖流水と黒潮水を区別して) よく表現できた. このような情報を用いて, 各定線や温位以外の鉛直構造, またその時間変動についても詳しく述べる予定である.

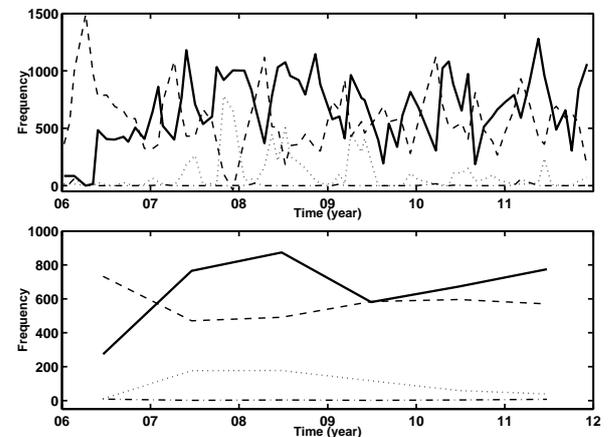


図 3: (上図) 月毎に全測点で積算した, 津軽暖流水 (実線), 親潮水 (破線), 黒潮水 (点線), 沿岸親潮水 (一点鎖線) の点 (層) 数の時系列. 下図は同じく年平均値の時系列.

# P13

## 多項目観測漂流ブイで見られた遠州灘沖の急激な水塊変動

○小松幸生<sup>1,2</sup>・廣江 豊<sup>3</sup>・伊藤幸彦<sup>2</sup>・安田一郎<sup>2</sup>

1: 東大院新領域, 2: 東大気海洋研, 3: 水研セ中央水研

キーワード: 多項目連続観測・漂流ブイ・黒潮内側域

### 1. はじめに

黒潮内側域はイワシ類をはじめとした重要浮魚類の産卵場となっており、海域の水温、流動、餌料環境の変動が初期生残に強い影響を与えることが示唆される。しかしながら、内側域は内部波や黒潮前線波動といった短周期変動がしばしば卓越することが知られており、従来からの船舶主体のオイラー観測では変動の実態把握が難しい。こうした状況を打開する一つの方法として、今回、漂流型の多項目連続観測ブイを新たに試作した。2012年4月の淡青丸 KT-12-5 航海においてブイの試験運用を実施したので、本大会ではその概要を紹介する。

### 2. 多項目観測漂流ブイ

ブイは、GPS 波浪ブイ (株)ゼニライトブイ、太陽電池式/時系列データメモリ式) に浮力 120kg のフロートを介してロープをつり下げ、計 2 台の多項目水質計 (YSI/Nanotech Inc., 6600V2-4) を投入点の季節密度躍層底部 (50m) と主密度躍層上部 (145m) の深度にそれぞれ付設・固定し、ロープ末端に水中重量約 30kg の錘を取り付けたものである (図 1)。GPS 波浪ブイは、1 時間ごとに 20 分間の連続変位を計測・保存し、波高、波周期、波向の統計量を算出・送信する。多項目水質計は、深度、水温、塩分、溶存酸素、濁度、クロロフィル、pH/ORP を 4 分間隔で計測する。

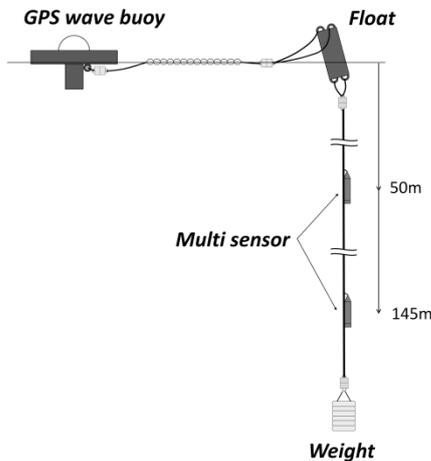


図 1. 多項目観測漂流ブイの設計概略図

### 3. 結果

ブイは、黒潮内側域の 138°E、34°N の点に投入後、回収までの 2 日間、左周りに漂流し、漂流速度の最大値は 0.7m/s に達した (図 2, 3a)。途中強い低気圧の直撃を受け、最大波高が 9.6m に達したが (図 3b)、ブイは全ての項目を欠測なく計測した。また、漂流中の水質計の深度はそれぞれ平均値 (標準偏差) が 49.5m (0.8m) と 144.3m (1.5m) で、ほぼ

一定の深度を維持した。上層では、2 日間で水温が 3°C 程度変動し、下層では上層に比べて変動幅は小さいものの、いずれでも半日程度の周期の変動が見られた (図 3c)。また、水温の変動に伴って密度が大きく変動しており、密度が低下 (増加) すると溶存酸素濃度、pH、クロロフィル濃度が上昇 (下降) し、その変化は互いに強い相関関係にあった。

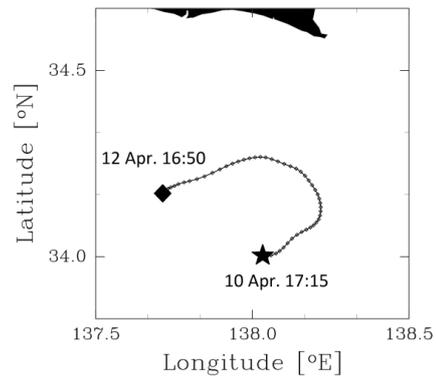


図 2. ブイの漂流軌跡。★で投入し、◆で回収した。

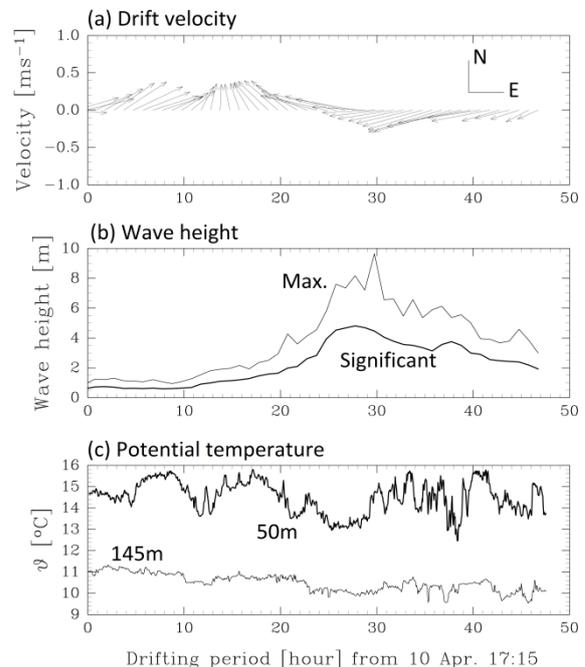


図 3. 観測項目 (一部) の時系列。横軸は投入後の経過時間。

### 4. おわりに

本研究は、科研費基盤研究 C-22510004 と文科省国家基幹研究開発推進事業「我が国の魚類生産を支える黒潮生態系の変動機構の解明 (SKED)」の中で実施した。

# P14 海況予測システム FRA-ROMS による現況把握・海況予測

○瀬藤聡\*、黒田寛\*\*、東屋 知範\*\*、伊藤 進一\*\*\*、笈 茂穂\*\*\*、奥西武\*\*\*、稲掛 伝三\*  
 廣江 豊\*、清水 学\*、青木一弘\*、岡崎 誠\*、渡邊朝生\*、種子田 雄\*\*\*\*

\*中央水研 \*\*北水研 \*\*\*東北水研 \*\*\*\*西海区水研

キーワード：海況予測システム・ROMS・3次元変分法

## 1. はじめに

独立行政法人水産総合研究センターは、日本周辺海域の重要水産資源の変動要因解明や大型クラゲ等の有害生物の漂流予測など、広範囲な水産海洋研究へ利用するため日本近海域を含む北西太平洋の海況の現況を把握し2か月後までを予測するシステムFRA-ROMSの運用を2012年5月より開始した。本講演では同システムの構成、計算結果の公開方法、精度、今後の取り組みについて紹介したい。

## 2. システム構成

FRA-ROMS は米国ラトジャース大学で開発された Regional Ocean Modeling System (ROMS) を海洋モデルの基盤に利用し、北太平洋全域を含む1/2°渦許容モデル(図1上)と北西太平洋1/10°渦解像モデル(図1下)を単方向で接続している。データ同化にはEOF 結合モードを用いた3次元変分法 (Fuji and Kamachi, 2003) を用い、衛星海面高度、海面水温、現場水温・塩分データ(0~1500m)を同化し、予測に必要な現実的な初期値(再解析値)を作成している。

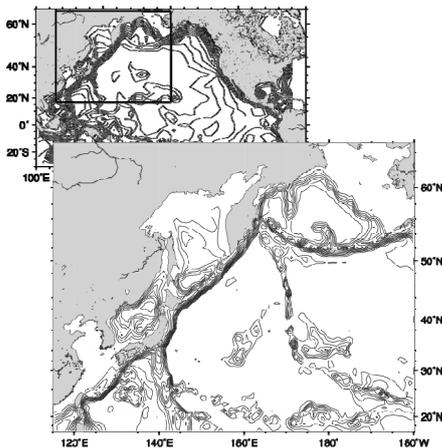


図1. FRA-ROMS計算海域。上は北太平洋全域モデル(0.5°×0.5°)。下は北西太平洋モデル海域(0.1°×0.1°)。

## 3. 運用スケジュールと公開データ

運用・更新は週1回で、直前の土曜日を予測開始日とする。各機関における観測値の更新を考慮し、予測開始日の約1か月前から再解析計算を開始し、予測開始日の2か月後までを予測期間とする。計算結果は以下のHP

(<http://fm.dc.affrc.go.jp/fra-roms/index.html>)で公開している(図2)。公開データは北西太平洋モデルの水温、塩分、流速、海面高度の4種類で、層は0、10、20、50、75、100、200mとしている。



図 2. 左は FRA-ROMS 公開ホームページトップ (<http://fm.dc.affrc.go.jp/fra-roms/index.html>)。

## 3. 精度検証

FRA-ROMS 再解析値の主要な海流や海況の流量、日本南方黒潮域から続流混合域に広がる表面の渦運動エネルギー、亜熱帯・亜寒帯域の混合層深度の再現性は高い(図略)。図3は精度検証の例を示したもので、2003年秋における日本南方137度線の水温(上)と塩分(下)で左が気象庁による観測、右が FRA-ROMS 再解析値のスナップショットである。黒潮フロントの位置、躍層下の塩分極小層、20N以南の200m付近に広がる塩分極大層が再現されている。これは FRA-ROMS は水温のみならず塩分の再現性が高いことを示すものである。

詳細は講演時に述べる。

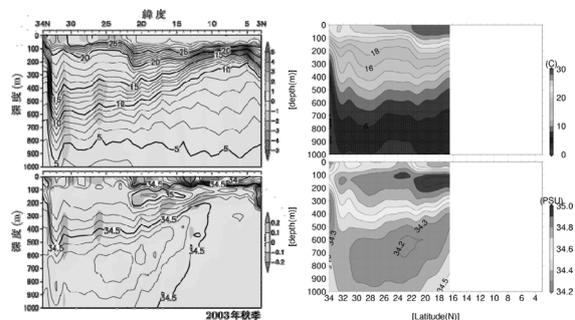


図3. 2003年秋季の東経137度、水温・塩分。左は気象庁観測(気象庁HP海の健康診断表より)。右はFRA-ROMS。

# 夏季の七尾西湾における栄養塩分布に 地下水湧出が及ぼす影響

○杉本亮\*, 本田尚美\*, 鈴木智代\*\*, 落合伸也\*\*\*, 谷口真人\*\*\*\*, 長尾誠也\*\*\*

\* 福井県大・海洋生物資源 \*\* 金沢大・自然科学 \*\* 金沢大・環日本海セ \*\*\*\* 地球研

キーワード：栄養塩・地下水・ラドン・沿岸域

## 1. はじめに

沿岸海域における高い基礎生産力の源は、河川を通して陸域表層から供給される栄養塩類によるところが大きいと考えられている。しかしながら近年、陸域における地下水が海底湧水として沿岸海域に多くの栄養塩類を供給していることが報告されており、沿岸海域の基礎生産・物質循環研究においても、地下水が及ぼす影響を明らかにする必要がある。本研究が対象とする七尾湾西湾の後背地にも、豊富な地下水が存在することが知られている。特に、西湾南部における二宮川等が形成する扇状地付近では、河川からの地下水涵養が生じており、浅層地下水が形成されている(野間・後藤, 1970)。この浅層地下水は七尾西湾に流出しているものと考えられるが、それに関する知見は皆無である。本研究では、地下水トレーサーであるラドン濃度から地下水湧出の実態を評価し、底層水中の栄養塩環境に及ぼす影響を検討した。

## 2. 観測および分析

2012年9月6日に、七尾西湾において観測を実施した。七尾西湾を網羅するように計11測点設け、CTD観測ならびに表層水と底層水の採取を行った。採取した試料は各種栄養塩濃度、溶存有機態窒素・リンおよびクロロフィルa濃度の分析に供した。また底層水中のラドン( $^{222}\text{Rn}$ )濃度測定を行った。

## 3. 結果と考察

底層水中の $^{222}\text{Rn}$ 、DINおよびDIP濃度の水平分布を示す(図1)。 $^{222}\text{Rn}$ 濃度は西部で高い傾向にあり、二宮川が流入する付近で最も高い値を示した。また、水深が浅いほどその値は高い傾向にあり、二

宮川を中心とする浅層地下水の影響が伺われる。またDIN・DIP濃度も全体的に西部で高い傾向にあった。しかしながら西部のDO濃度は2.7-4.1 mg/Lと低い傾向にあり、再生産栄養塩の影響が無視できない。そこで見かけ上の酸素消費量(AOU)とレッドフィールド比(RF比)から算出される再生産DIPと実測DIPの関係を調べた(図2)。西湾の実測DIP濃度はDO消費に伴って生成されるDIP濃度とよい関係が見られるが、 $^{222}\text{Rn}$ 濃度が高いほどRF比からの偏差( $\Delta\text{DIP}$ )が大きくなる。特に、西湾南側に位置するStn.9と10では、DO濃度がほぼ同じ値であるにも関わらず、 $\Delta\text{DIP}$ に大きな差が認められる。 $\Delta\text{DIP}$ の大きなStn.9ほど $^{222}\text{Rn}$ 濃度は高く、底層水中のDIP濃度への地下水湧出の影響が示唆される。

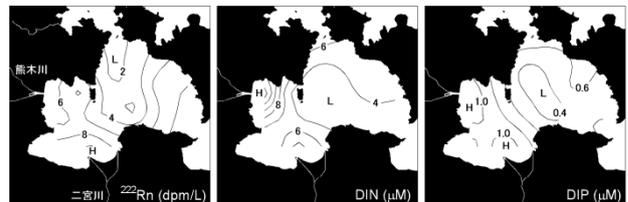


図1.  $^{222}\text{Rn}$ 、DIN、DIP濃度の水平分布

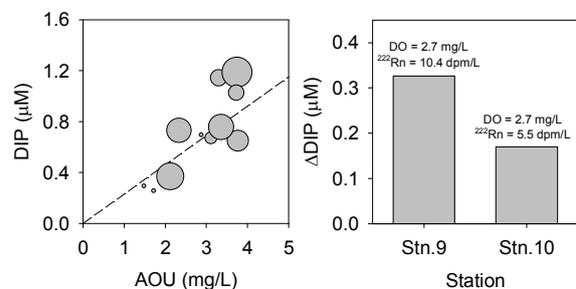


図2. (左) AOUとDIPの関係。破線はRF比から導かれるDIP理論値、シンボルの大きさは $^{222}\text{Rn}$ 濃度を表す。(右) Stn.9と10の $\Delta\text{DIP}$ (=実測値-理論値)

# 三陸沖合における海洋環境（長期）モニタリング調査 について

○古島靖夫\*・脇田昌英\*・小栗一将\*・川上創\*・渡邊修一\*・藤倉克則\*  
\* JAMSTEC

キーワード：三陸沖合・海底生物資源環境・長期モニタリング・

## 1. はじめに

独立行政法人海洋研究開発機構では、東北マリンサイエンス拠点形成事業の一環として、「沖合海底生態系の変動メカニズムの解明」に関する研究を進めている。その中の研究テーマの1つとして「海洋生物資源（漁場）環境の長期モニタリング」を実施している。三陸沖合の海底は、巨大地震の影響に伴う沿岸域からの土砂等の流入により、地形や海底表層の状況が大きく変動し、沖合の生物資源の環境に影響を与えたと考えられる。そこで、この研究テーマでは、海底自動観測装置等を用いて周辺環境とともに海底環境の回復過程をモニタリングし、海洋生物資源環境に関する知見を集積することを目的としている。本報では、昨年度と今年度、三陸沖合海域で実施した「Deep Tow」および「しんかい6500」の潜航調査時等に得られた海洋環境データ（CTD, DO, 濁度, 栄養塩類）の結果、および本年8月に設置した海底自動観測装置の概要を示す。また、今後の研究計画、情報提供（共有）等について併せて報告する。

## 2. 調査航海

2011年6月,8月および2012年8月に深海潜水調査船支援母船「よこすか」による、「Deep Tow（深海曳航調査システム）」・「しんかい6500」の潜航調査を、2012年3

月に、海洋地球研究船「みらい」による「Deep Tow」潜航調査およびCTD採水を三陸沖合海域にて行った(図1)。Deep Tow・しんかい6500に搭載されているCTDデータと各々に取り付けられた濁度計・DO計による鉛直および水平方向のデ

ータを得た。また、CTD採水では、栄養塩類のデータも併せて取得した。

## 3. 震災後の海洋環境

各潜航調査時に得られたCTDによる観測データは、曳航体や潜水船が海底を視認するまでのデータを鉛直分布図に、海底面調査時を水平方向の分布図にそれぞれまとめた。図2は、38° 39.24N, 143° 35.68E付近における2011年8月と2012年8月の水温・塩分・濁度・溶存酸素の鉛直分布である。

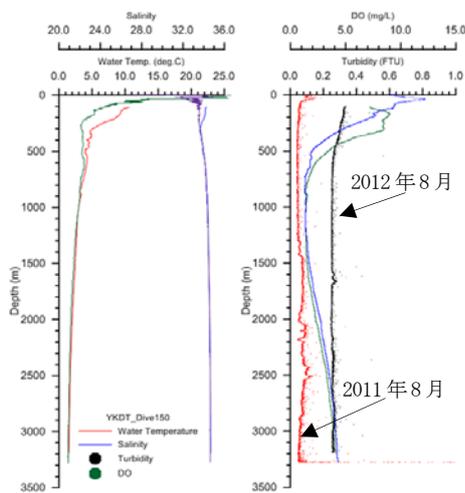


図2. 水温・塩分・濁度・溶存酸素の鉛直分布（一例）。

素の鉛直分布では大きな違いは見られなかった。濁度に注目すると、2012年8月の方がやや高い傾向を示した。その他の観測点では、2011年

8月の方が濁度の高い地点や、両年ともにほぼ同レベルで推移している地点がそれぞれ見られた。

## 4. 海底自動観測装置（ランダーシステム）の設置

大槌沖合の水深1000mの海底にランダーシステムを設



図3. ランダーシステム

置し、長期的な環境モニタリング調査を開始した。この装置には、ADCP, CTD, 溶存酸素, 濁度計および海底面の変化を時系列的に捉えるためのカメラシステムが取り付けられている。なお、今年度中に水深300mの海底に同様のランダーシステムを設置する予定である。

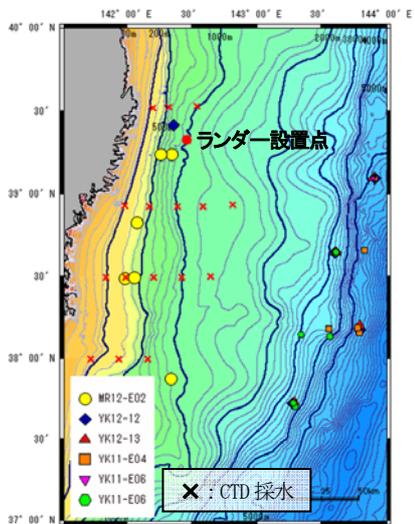


図1. 三陸沖合の観測点.

# P17

## 北海道沿岸における秋の高水温がサケの来遊に与える影響

○宮腰靖之\*・山口 紘\*\*・篠原 陽\*\*・宮下和士\*\*

\* 道さけます内水試 \*\*北大フィールド科セ

キーワード：サケ・沿岸・高水温・漁獲

### 1. 目的

北海道ではサケ *Oncorhynchus keta* の来遊時期の前半にあたる9月の沿岸水温が高い年には、1) サケの漁獲時期が遅れる、2) 河川への遡上率が高くなる、といった現象が観察されてきた。2010年9月には北海道沿岸は記録的な高水温となり、上記の特徴が見られた。2012年は2010年を上回る高水温となり、さらに極端な来遊パターンを示している。そこで、オホーツク海側を中心に、アーカイバルタグを用いたサケの標識放流を実施するとともに、漁獲統計を分析し、最近の北海道周辺における沿岸の高水温がサケの来遊に与える影響について考察した。

### 2. 方法

1) 2011年9月20日、網走沖で釣りによりサケ4尾を捕獲し、アーカイバルタグ (Lotek 社製 LAT1400) を背部に装着して放流し、標識個体の遊泳深度と経験水温を記録した。

2) 2011年、網走沖に設置された定置網の水深1mおよび25mの箇所水温記録計 (HOBO Pendant Temperature Logger; UA-002) を取り付けて、サケ漁期中の水温を記録し、水温と漁獲尾数の関係を調べた。

3) 2009~2012年の8月下旬から10月上旬までの沿岸漁獲および河川捕獲の統計を取りまとめ、沿岸水温と沿岸漁獲の時期、河川遡上率の関係を考察した。

### 3. 結果

1) アーカイバルタグを付けて放流したサケ4尾中3尾が

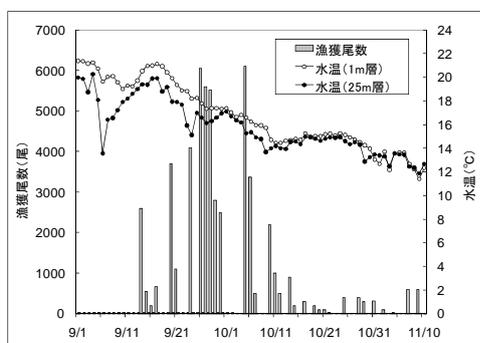


図1. 北海道オホーツク海側網走沿岸に設置された定置網での水温とサケの漁獲尾数

放流の3~11日後に再捕された。放流後、サケは最大90mの深度まで潜行し、1日に数回、表層近くまで浮上し、再捕される概ね1~2日前には頻りに表層近くに浮上する行動を示した。サケの経験水温は10~16°Cであった。2) 表層 (表面から1m層) 水温が20°Cを超える時期には漁獲尾数は少なく、18°Cを下回った9月下旬にサケの漁獲尾数はピークとなった (図1)。その後、10月上旬まで漁獲が多い日が見られた後、10月中旬以降は減少した。3) オホーツク海沿岸での9月の平均水温は、2010年と2012年には平年より3~4°C高く、9月中旬までは概ね20°Cを超えていた。沿岸での漁獲尾数は9月中旬までは低位で推移し、水温が20°Cを下回った9月下旬に顕著に増加する傾向が見られた (図2)。また、沿岸漁獲尾数に対する河川捕獲尾数も2010年と2012年は高い値を示した (2009~2012年; 順に10.0%、14.3%、11.9%、18.6%)

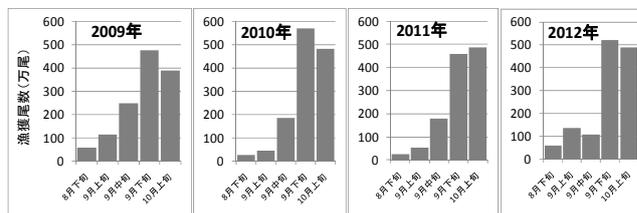


図2. 北海道オホーツク海沿岸 (宗谷岬~知床岬) での8月下旬から10月上旬までのサケの漁獲尾数

### 4. 考察

アーカイバルタグを用いた標識放流、定置網での水温記録と漁獲尾数の関係からは既往の知見とほぼ同じ結果が得られ、沿岸水温が18°Cを下回る時期からサケの漁獲尾数が顕著に増加する傾向が見られた。沿岸水温が高い時期には漁獲尾数が少なく、また河川への遡上率も高くなり、この原因としては、表層水温の高い時期にはサケは水温の低い深い海域に滞泳し、成熟が進むと一気に河川に遡上する行動を示すためと考えられた。

2012年9月の北海道沿岸は記録的な高水温となり、水温が25°Cを超える地域ではサケの漁獲および河川遡上は極めて低位であった。最近の極端な高水温は漁獲時期や場所に影響するばかりでなく、サケの死亡率にも関わる恐れがあり、今後のさらなる研究が必要と考えられる。

# P18

## 初夏の東シナ海における着底トロールによる マアジ幼魚現存量とその後の漁獲過程

○依田真里・日高浩一・大下誠二  
(西海水研)

キーワード：マアジ・着底トロール・大中型まき網

### 【目的】

東シナ海～日本海にかけて分布するマアジは対馬暖流系群として資源評価が行われ、TAC (Total Allowable Catch) による資源管理がなされている。漁獲の主体は0, 1歳魚の若齢魚であり、毎年新規加入量の早期かつ正確な評価が求められており、資源評価に際しては当歳魚の加入量指標値として複数の調査船調査による結果と漁況から得られた情報を利用している。しかしながら、これらの指標値の妥当性についての検討は不十分であることが指摘されてきた。そこで、本研究ではこれら当歳魚指標値のうち、主に底魚類を対象として行っている東シナ海における着底トロールを用いた現存量推定調査について、調査で得られた加入個体のその後の漁獲動向について検討を行い、加入量指標としての妥当性について検討を行った。

### 【材料と方法】

2000～2012年の5～6月に東シナ海の大陸棚から陸棚縁辺域で熊本丸(熊本県立茶洋高等学校練習船)を使用して調査を行い、面積密度法により現存量推定を行った(調査対象海域面積: 137, 625km<sup>2</sup>、漁具能率は1とした)。使用漁具は一そう曳き底びき網(網口開口板使用、SSRI型、コッドエンド目合外径66mm、カバーネット目合外径15mm)で、曳網速度は3ノット、曳網時間は30分とし、曳網時間帯は昼間(日出時刻～日没時刻の間)のみとした。漁獲物は個体数・重量測定・体長測定を行った。この結果と年齢-体長関係から年齢別採集個体数を推定し、年齢別現存量を計算した。マアジ漁獲動向の資料としては2000～2012年の九州主要港に水揚げされた銘柄別マアジ漁獲資料を用いた。沖合域で操業する大中型まき網が東シナ海でマアジを主な漁獲対象とする漁期は主に4～9月である。10月以降の冬季には主にマサバを主体と

する漁場に切り替わることなどから、漁獲加入の水準を検討する期間としては4～9月とした。

### 【結果と考察】

大中型まき網による4～9月におけるマアジ漁獲物の年齢構成は1歳魚と2歳魚が主体となり、東シナ海が主要な漁場となる。2003年以降でみると、1歳魚の漁獲量と1歳魚の現存量には正の相関が見られた( $p < 0.05$ ,  $r = 0.64$ )。同様に1歳魚の漁獲量と前年0歳魚の現存量には正の相関が見られ( $p < 0.05$ ,  $r = 0.75$ )、漁獲加入前の着底幼魚の現存量がその後の漁獲動向とよく一致した。例年、大中型まき網の漁場は10月以降には北上し、済州島周辺から対馬海域が主要な漁場となり、マアジ漁獲も対馬海域が主要な漁場となる。対馬海域では主に当歳魚(0歳魚)主体の漁獲となることから、対馬暖流域全体に分布するマアジ加入量水準を判断するには本調査で得られた東シナ海海域での現存量のみでは不十分と考えられる。しかし、着底幼魚の現存量とその後の漁獲量は近年、よく一致しており、東シナ海における漁獲量水準は加入後、比較的初期の段階で決まっている可能性が示唆された。Takahashi *et al.* (2012)によって東シナ海陸棚縁辺域においてはマアジ稚魚期の生育速度が高い個体が着底稚魚として底層へ加入することが明らかになっているものの、主に漁獲の対象となる1歳魚以降の資源への加入過程については不明な点が多い。マアジの産卵海域は東シナ海南部から日本海中部まで広い範囲に広がっているとみられ、マアジ全体の資源変動を考える際には東シナ海のみでは説明できないと考えられる。しかし、着底稚魚の現存量は少なくともその後の漁獲動向の一部は説明できると考えられ、短期漁況予測などにも利用できると考えられた。

# P19 サンマ資源減少期における道東海域の漁場形成について

○渡邊一功\*・中神正康・巢山 哲\*\*

\* JAFIC \*\*水研セ東北水研

キーワード：サンマ・漁況・道東海域・資源水準

## 1. 研究の目的

2010年～2012年は、8月～9月中旬において、サンマが不漁となり、水揚量が少ない状態が続いた。一方、北西太平洋における西経177°までにおけるサンマの資源量は、2008年に398万トンに達した後、減少傾向となり、2010年以降は2008年の4～6割程度となった。また東北区水産研究所が6月～7月に行った漁期前調査の結果では、2010年以降、日本沿岸から東経160°付近を北上するサンマが少なくなった。本研究では、2010年～2012年に発生した漁期当初のサンマの不漁の原因を究明するため、2008年～2012年の漁場形成について整理し、その形成要因について整理したので報告する。

## 2. 方法

JAFICが収集した日別の操業データ（100トン以上船の漁場位置、漁獲量）を使用し、花咲港まで日帰りできる海域、1日かかる海域、2日かかる海域に分け、日別漁獲量の推移について整理を行った。次に漁期前半の8月～9月中旬におきたサンマの不漁と表面水温との関係について解析するため、JAFICが発行している表面水温図を使用し、道東海域（北緯42°00'～43°20'、東経143°20'～146°00'）におけるサンマの適水温帯の指標となる表面水温15℃以下の面積割合を算出し、その旬別変化の特徴について整理した。これらのデータと、東北区水産研究所が実施した漁期前調査の結果と比較し、沖合からのサンマ来遊と漁場形成との関係について考察を行った。

## 3. 結果

資源量が300万トン以上あった2008年、2009年は、漁期前半の8月から、ほぼ毎日花咲港まで日帰りできる海域で操業を行った。また8月でも大型船の最高漁獲量は多かった。資源が少なくなった2010年～2012年は、8月～9月中旬頃まで、花咲港まで1～2日かかる海域で主に操業を行った。また大型船の最高漁獲量は、8月下旬までは20～40トン程度と少なかったが、9月になると徐々に増加した。大型船の最高漁獲量が80トン以上となる日が続くようになったのは、2010年は9月下旬、2011年および2012年は9月中旬であった。

道東海域の表面水温は、例年8月下旬～9月上旬に最も高くなり、この時期サンマの適水温の指標となる15℃

以下の面積割合は最低となった。2011年および2012年は、道東海域に8月上旬～中旬に適水温が存在していたものの、この海域では漁場は形成されず、漁場はそれよりも東側の花咲港から1～2日かかる海域であった。また9月中旬は、平年ならば水温が低下して道東海域に適水温帯が広がるが、2010年～2012年は適水温帯が存在せず、主漁場は道東海域よりも北東側であった。

## 4. 考察

資源が少なかった2010年～2012年は、漁期当初の漁獲量が少なかった。また漁期当初は道東沿岸に適水温帯が存在していたが、道東海域に漁場ができず、漁場は花咲港まで1～2日かかる海域であった。これらの事から、漁期前半は、日帰り操業できる海域でのサンマ資源が少なかったと考える。一方、東北区水産研究所が実施した漁期前調査の結果では、2010年以降、日本沿岸から東経160°付近まではサンマの分布量が少なく、それより東では多かった。以上の事から、漁期前に東経160°以西のサンマ分布量が少ないと、8月は不漁となると考える。

2010年～2012年は、8月中は漁獲量が少ない状態が続いたものの、9月になると漁獲量が徐々に増加した。これらの事から、6月～7月に東経160°以東にいたサンマは9月になってから漁場に来遊してきたと考える。

2010年～2012年は、9月中旬になっても花咲港まで1日かかる海域で操業を行う事が多かった。2010年～2012年の表面水温に注目すると、9月中旬は道東海域の水温が高く、適水温帯が広がらなかった。これらのことから、沖合から西へ移動してきたサンマは、高水温の影響により道東海域への南下を阻まれたと考える。

日本沿岸から東経160°付近を北上するサンマが少ないと漁期当初は不漁となるが、その後の漁況は上向く。しかし8月～9月に漁獲対象となるサンマは、太った物が多く、商品価値が高い。このためこの時期不漁となると、生鮮サンマを対象としている産業にとっては大きな打撃となる。サンマ資源の減少と、日本沿岸から東経160°付近を北上するサンマが少なくなる現象に関係があるのかどうかについては、今後解析が必要である。

本研究は農林水産省委託プロジェクト研究「気候変動に対応した循環型食料生産等の確立のための技術開発」の成果である。

○長谷川雅俊\*

\* 静岡水技研

キーワード：シラス・漁況短期変動・静岡県海域

**【目的】**イワシ類仔魚であるシラスは静岡県沿岸漁業の重要な対象種として、駿河湾と遠州灘で漁獲されており、その漁況は変動が大きい。シラス漁場形成機構を検討し、漁況の短期予測を提供することでシラス漁業の省エネを目指す。前年大会で黒潮系暖水波及とシラス漁況について検討したが、今回は降雨との関係を検討する。

**【資料】漁獲統計：**2008～2012年の静岡県内シラス水揚げ主要6港（用宗、吉田、御前崎、福田、舞阪、新居）の日別漁獲量から、海域毎の日別 CPUE (kg/隻数) を算出した。海域は安倍川河口海域（用宗）、大井川河口海域（吉田）、天竜川河口海域（福田、舞阪、新居）でまとめた。安倍川河口海域については2011年6月～2012年8月まで漁場毎の CPUE を算出した。**降水量：**降雨のデータとして静岡県内の大型河川（安倍川、大井川、天竜川）の上流部に位置する井川（安倍川）、川根本町（大井川）、佐久間（天竜川）の2008～2012年の降水量データを気象庁のホームページから入手した。**海況：**駿河湾内の内浦、由比、地頭方に設置した水温連続観測ブイの2008～2012年の水温連続観測記録から水温変化を、関東・東海海況速報から黒潮流路と水温分布を、ナウファスから駿河湾内外の波浪状況を把握した。降雨の多いときほど降雨の影響が現れると想定し、2008年から2012年までの各観測所の日最大降水量の上位事例から降雨とシラス CPUE との関係を検討した。

**【結果と考察】(1) 降水量：**年間降水量を見ると、井川、川根本町、佐久間とも2008年から2011年にかけて増加していた。2008年から2012年までの各観測所の日最大降水量の上位10位は、2011年以降に出現していた。**(2) 降雨とシラス漁況の関係①2011年7月の事例：**2011年7月19～20日にかけて台風7号の影響による降雨があり、井川で2日間合計降水量736mm、川根本町で534mm、佐久間で295mmを記録した。シラス漁業は、安倍川河口海域で7月16～22日が休業で23日から操業し、大井川河口海域では7月16～22日が休業で23日から操業し、天竜川河口海域では7月17～21日が休業で22日から操業した。下田港の有義波高は18～20日までは2mを越えており、シラス漁業の休業期間は高い波浪で操業はできなかった。安倍川河口海域では7月15日以前の CPUE400kg 以下に対し、7月23日以降は800kg 以上と増加した。大井川河口海域でも7月15日以前の CPUE400kg 以下に対し、

7月23日以降は800kg 以上と増加した。天竜川河口海域では7月15日以前の CPUE700kg 以下に対し、7月23日以降は400～900kg であった。7月前半の黒潮はN型であったが、後半はN型からB型となった。黒潮から波及する暖水で駿河湾から遠州灘にかけて水温は高かったが、7月22日には駿河湾西部から遠州灘の沿岸部で水温が下がった。21日以前は内浦、由比の水温は成層状態であったが、22日以降に表層水温が下がり、底層水温が上がり、均一な水温となった。安倍川河口海域は23日に安倍川河口周辺から西の海域で漁場が形成され、25日以降に安倍川河口周辺から東の海域に漁場が広がった。**②2011年8～9月の事例：**2011年8月31日～9月5日にかけて台風15号の影響による降雨があり、井川で6日間合計降水量965mm、川根本町で814mm、佐久間で318mmを記録した。シラス漁業は、安倍川河口海域で8月28日～9月5日が休業で6日から操業し、大井川河口海域では8月28日～9月5日が休業で6日から操業し、天竜川河口海域では8月27日～9月6日が休業で7日から操業した。下田港の有義波高は8月31日～9月4日までは2mを越えており、シラス漁業の休業期間は高い波浪で操業はできなかった。安倍川河口海域では8月27日以前の CPUE200kg 以下に対し、9月6日以降は600kg 以上と増加した。大井川河口海域でも8月27日以前の CPUE300kg 以下に対し、9月6日以降は300kg 以上と増加した。天竜川河口海域でも8月26日以前の CPUE400kg 以下に対し、9月7日以降は400kg 以上と増加した。8月後半の黒潮はB型からN型であったが、9月前半はN型であった。内浦の水温は9月3日に35m以浅で2℃上昇した。由比の水温は8月30日から9月4日にかけて30～50m深で17～21℃から23℃台まで上昇した。安倍川河口海域では6日に安倍川河口から西の海域で漁場が形成され、9日以降に安倍川河口周辺から東の海域で漁場が形成された。**(3) まとめ：**日別降水量が150mmを超えると、降雨の後に CPUE が増加する例が多い。降雨の後に海域へ河川から栄養塩が補給され素早い動植物プランクトンの増殖とそれへのシラスの集群が降雨後の CPUE 増加機構と想定されるが、降雨が多い時は台風が影響し、そのような時は高い波浪で操業が数日間中止となっていることから CPUE の増加には休漁効果も考えられる。また、気象擾乱（台風）による海況変動の影響も検討する必要がある。

## オホーツク沿岸海跡湖能取湖におけるアイスアルジーと植物プランクトンのクロロフィル *a* 濃度からみた動態

○西野康人・中川至純・谷口 旭

東京農業大学 生物産業学部

キーワード：アイスアルジー・海氷・クロロフィル・セディメントトラップ

### 【はじめに】

オホーツク海は生物資源の豊かな海として知られる。豊かな生物資源の背景には、これらを支える一次生産を起点とする低次生産層での生産性の高さが推測される。しかし、オホーツク海で行われた低次生産層に関する調査・研究の例は少なく、その生産構造には不明な点が多い。特にオホーツク海は冬季、海氷に覆われる。海氷の存在がオホーツク海の生物生産に多大なる影響をおよぼしていることは想像に難くない。しかし、オホーツク海における海氷に関する研究例はきわめて少ないのが実情である。

近年、地球温暖化に伴う海水温の上昇が指摘されている。海水温の上昇はさまざまな生物、特に低次生産層の生物に多大な影響をおよぼすことが推察される。オホーツク海は海が凍るか凍らないかの境界領域に位置する海であり、海水温上昇の傾向はより顕著にみられる。このことはオホーツク海における海氷生成に影響があらわれることが推察される。その影響が今後、オホーツク海の生態系に、そしてオホーツク海の資源生物にどのような変化をもたらすのかを検討する必要がある。そのためには、オホーツク海の氷海生態系の現状を把握することが必須である。

オホーツク海の水氷に関する調査研究を行なうにあたり、問題となるのはその大半は流水であるということがあげられる。流水は生成から成長、崩壊まで、動くあるいは動き得る状況にある。そのため、履歴の把握がきわめて困難であり、生成期から崩壊期にわたる海氷が生物生産に与える影響を研究した例は皆無の状況である。そこで、われわれは定着氷である海氷に着目した。

道東オホーツク沿岸域には多くの海跡湖が存在する。このうち、本研究の調査地である能取湖は湖口部でオホーツク海に開口し、湖内の水は潮汐により交換される。また、流入河川が少なく、湖水の塩分はオホーツク海と同等の値 (33psu 前後) を示す海水であり、閉鎖性の高い湾としての側面も有する。そのため、能取湖は道東オホーツク海沿岸域の低次生産層の動態を反映していると考えられる。そして、能取湖の特徴として、冬季の結氷

があげられる。例年、12月下旬から1月上旬にかけて湖面の氷結がはじまり、1月中旬から3月下旬にかけて全面的に結氷する。ここでの海氷は定着氷であり、海氷の生成期から崩壊期にわたり生物生産におよぼす影響を調査研究できる場と言える。

そこで、われわれは海氷と生物生産の関わりを解明を目標に平成19年より能取湖での調査をスタートした。本発表では、平成24年2月から4月の結氷期間の調査研究の結果のうち、能取湖の湖央最深部における海氷と水柱のクロロフィル *a* 量およびセディメントトラップによる氷下の沈降物の分布動態について報告する。

### 【方法】

調査は、能取湖が結氷し、観測地点 (水深約20m) で氷上観測が可能となった2012年2月から4月にかけて、およそ週1回の頻度で、計10回実施した。調査項目は、採水 (海氷直下、5m、10m、15m、18m)、アイスオーガーによる氷柱の採取、CTD観測である。海水サンプルはサイズ分画 (>10  $\mu\text{m}$ 、2-10  $\mu\text{m}$ 、<2  $\mu\text{m}$ ) によるクロロフィル *a* 量の測定用、栄養塩分析用ならびに植物プランクトンの同定用サンプルとした。海氷の氷柱サンプルは、大気に接している上部、中央部、海水に接した底部の3部の各5cmを切り取り、融解後、サイズ分画しクロロフィル *a* 量の測定用と栄養塩の分析用、アイスアルジーの同定用サンプルとした。セディメントトラップは水深5mに設置し、調査ごとに沈降物サンプルを回収した。2/13に設置し、4/5まで計8サンプルを採取した。採集したサンプルは乾重量測定用、クロロフィル量測定用、検鏡用に供した。

結果は、現在、解析中である。

# P22

## 伊豆海嶺周辺海域における

### パラカラヌス属カイアシ類の空間分布と島陰効果の影響

○日高 清隆\*・野々村 卓美\*\*・小松 幸生\*\*\*・伊藤 幸彦\*\*\*・安田 一郎\*\*\*・池谷 透\*\*\*・木村 伸吾\*\*\*

(\*中央水研, \*\*鳥取県栽培漁業セ, \*\*\*東大大海研)

キーワード：黒潮・伊豆海嶺・カイアシ類

#### 【背景】

伊豆海嶺は本州南方の重要な海底構造であり、伊豆諸島を含む山脈状の地形が、駿河灘海域と常磐沖海域の境界となっている。この海域の周辺では、いわゆる島嶼効果による生物生産の増加が指摘されているほか、銭州周辺を中心にサバ類の産卵場が形成されているとされ、水産海洋学の面からも重要な海域である。また、この海域では黒潮の大蛇行期（A型）のみならず非大蛇行期にあっても流路の変動が大きく、プランクトン生態系は大きく影響を受けていると考えられる。しかしながら、周辺海域との比較も含め、プランクトン生態系についての包括的な報告は乏しい。

今回は、衛星観測データと海洋観測結果を元に、クロロフィル分布量と、当該海域で優占し、浮魚類仔稚魚の餌料としても重要であるパラカラヌス属カイアシ類を中心に、伊豆海嶺域とその周辺海域での分布量と組成について報告する。

#### 【材料と方法】

衛星観測データ：表面水温（SST）および海表面クロロフィル濃度（SSCh1）について、緯度経度および水深をもとに、東経 135 度 30 分から 142 度、北緯 30 度から 36 度、水深 500m 以深の範囲を、駿河灘・伊豆海嶺域・房総沖海域に区分して集計を行った。SST には OISST（AVHRR only）、SSCh1 には MODIS-Aqua のデータを利用し、2003 年から 2010 年のデータについて集計を行った。

海洋観測：2009 年 4 月において、海洋研究開発機構の調査船淡青丸による KT09-3 航海において、東経 137 度から 142 度、北緯 32 度から 36 度の範囲の 42 測点で海洋観測を行った。各観測点では、CTD センサーによって、水温・塩分の鉛直プロファイルを 0-1000 m の深度で取得し、クロロフィル濃度分析用の試料を 0-200 m の深度範囲から採集した。動物プランクトンは、目合 100 $\mu$ m のノルパックネットによる 0-200m の鉛直曳網により採集し、パラカラヌス属カイアシ類の種査定を行った。また、FRA-JCOPE 再解析値を用いた粒子追跡実験を行い、各観測点のプランクトンの 15 日前の分布海域を推定した。

#### 【結果と考察】

衛星観測データ：伊豆海嶺域の SST の季節変動は駿河灘とほぼ等しく、1 月から 6 月までの期間での海域差は、平均 0.27  $^{\circ}$ C、最大 0.67  $^{\circ}$ C であった。SSCh1 については、3 月中旬までは房総沖とほぼ等しい値を取り、4 月から 5 月にかけては他の海域より低く（駿河灘に比べて平均 0.10  $\mu$ g $\cdot$ L $^{-1}$ 、最大 0.27  $\mu$ g $\cdot$ L $^{-1}$ ）推移した。このことより、伊豆海嶺域全体としてみた場合の生物生産は、周辺海域と比べて必ずしも高いものではなく、島嶼効果は、伊豆海嶺域の中でも更に限定的な海域または海洋構造、時期に対応して現れるものと考えられた。

海洋観測：調査海域からは 5 種のパラカラヌス属カイアシ類が採集され、最も優占したのは *P. parvus* で、黒潮内側域で平均 96.1%、黒潮流軸域、黒潮外側域においてもそれぞれ 59.6% および 57.1% を占めた。

伊豆海嶺周辺の黒潮内側域での *P. parvus* 成熟雌個体の分布密度は平均値で 29,823 inds. $\cdot$ m $^{-2}$ 、中央値 20,120 inds. $\cdot$ m $^{-2}$  であり、房総沖海域の観測点での分布密度（7,847 inds. $\cdot$ m $^{-2}$ 、9,457 inds. $\cdot$ m $^{-2}$ ）を上回った。粒子追跡実験の結果、房総沖で採集された個体は相対的に餌密度の低い黒潮流軸を輸送されて来たのに対し、伊豆海嶺以西の黒潮内側域で採集された個体は、本州南方または九州南部の大陸斜面上から輸送されて来たものであると推定され、伊豆海嶺等の採集地点の環境のみではなく、輸送中の環境によってもカイアシ類の分布密度が影響を受けているものと示唆された。

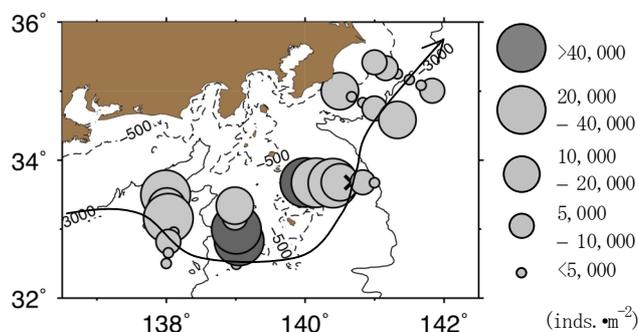


図 KT09-3 航海で得られた *Paracalanus parvus* 成熟雌個体の分布密度。矢印は黒潮流路。

## ミズクラゲ大発生要因の整理と考察 ～発生予測を目指して～

○藤井直紀\*・武岡英隆\*\*

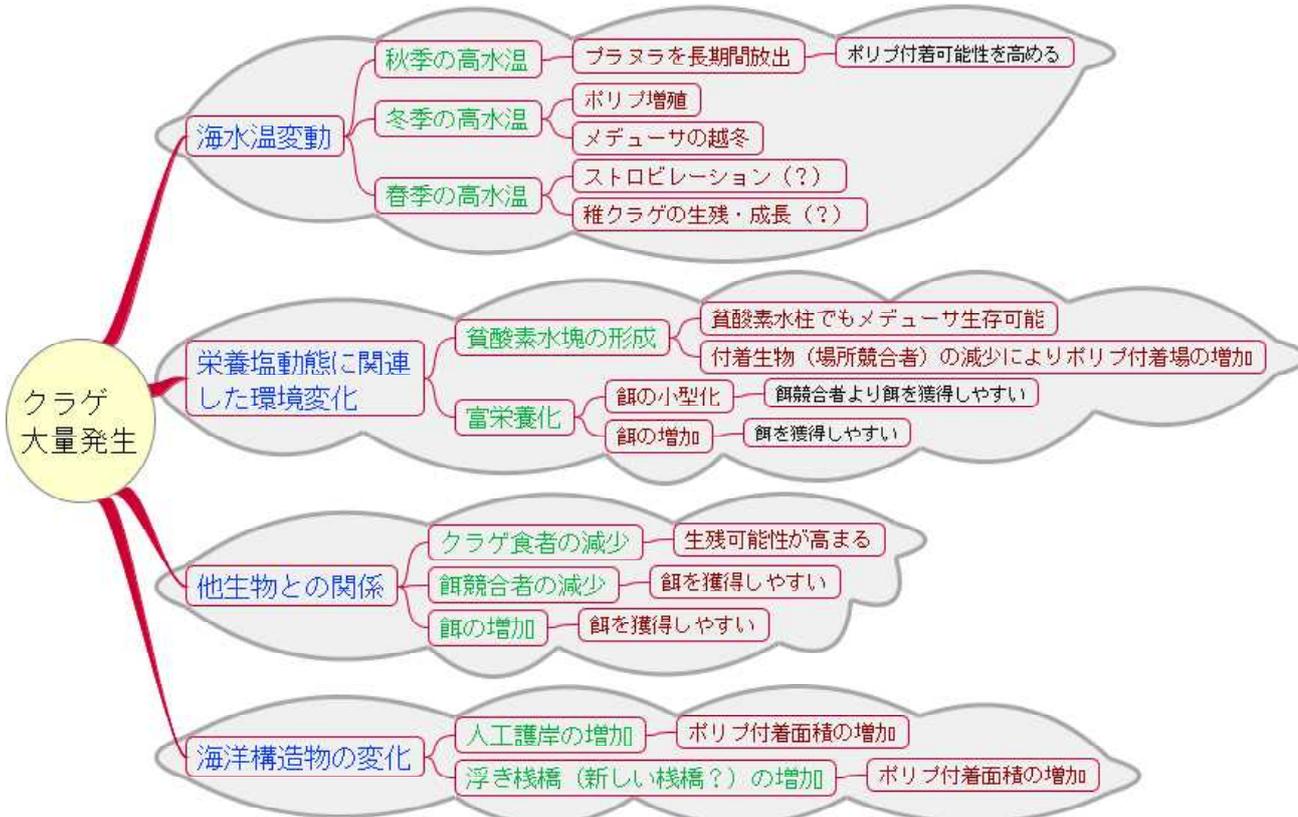
\*佐賀大低平地沿岸セ \*\*愛媛大沿岸セ

キーワード：ミズクラゲ，大量発生，沿岸域，予測

本邦内湾域では、クラゲ類の大量発生・出現が起こっており、漁業や発電所等の臨海施設に多大な被害を与えている。そのため、大量発生・出現を予測し、制御する技術が望まれている。例えば、春に起こって問題となる杉花粉は「前年の夏の気象条件、即ち、一般には気温が高く、日照時間が多く、雨の少ない年の翌年春には杉花粉が飛ぶ」というルールを基に予測が可能であると言われる。それではクラゲ類でもこのような予測が可能であろうか？ミズクラゲでは大量発生の要因を説明するとき、「クラゲスパイラルの概念」を引用することが多い。クラゲスパイラルの概念とは、冬季水温の状態、餌の条件、他の生物との関係、ポリプ基盤の有無の4つの項目に対し、ある条件が揃えば「クラゲが増えやすい海」へ、条件が揃わなければ「魚に優位な海」となり、その条件が続くならばどちらかの海の状態に進行するという概念である。しかし、この概念では「予測の方程式」を作成することは困難である。その由のひとつを挙げ

ると、ミズクラゲ量には、長期的な変化（「最近クラゲが増えてきた」などと表現される変化）と短期的な変化（「今年は去年より多い」などと表現される変化）があるが、クラゲスパイラルではそれらの変化を示す要因が混在している。また、生殖活動に重要な集群形成に伴う物理的な流れの特性が含まれていないために、その概念を基にして単純にクラゲの多い海域と少ない海域を比較しすることにより発生要因を考察することも出来ない。そこで本研究では、過去に研究・提案された事例やアイデアを再度整理することにより、ミズクラゲ発生要因を検討した。

既報を整理すると、ミズクラゲが増えるメカニズムとして下図のような14ストーリーが挙げられた。これにより「クラゲスパイラルの概念」よりさらに詳細に事例を整理することが出来るようになった。また、「時間的な変化」や「物理的要因」を考慮することが可能となった。



# P24

## ヒラメ浮遊仔魚の分布水温の海域差

○大嶋真謙（京大 CoHHO ユニット）・上原伸二（水研セ日水研）・栗田 豊（水研セ東北水研）・  
米田道夫（水研セ瀬戸内水研）・上野正博・山下 洋（京大フィールド研セ）

キーワード：浮遊仔魚・分布・海域差・ヒラメ

### 【目的】

ヒラメは日本列島の沿岸域に広く分布し、沿岸漁業を支える基幹魚種である。ヒラメの産卵期は鹿児島県の1-3月から北海道の6-7月まで長期にわたり、北ほど遅く夏季に近づく傾向にあることから、産卵期の水温は北日本の方が高いと考えられてきた。しかし、産卵と直接に関係する底層の水温、ならびに浮遊仔魚の分布水温について詳細に調べられた例はほとんどない。そこで本研究では、南西日本と北東日本のモデル海域として若狭湾西部海域の丹後海と仙台湾・常磐海域を選定し（図1）、両海域における産卵期の水温、および仔魚の分布密度と水温の関係から、仔魚の分布水温の海域差を調べた。

### 【材料と方法】

採集調査は、2005年と2006年にそれぞれの海域の産卵期（丹後海：3-5月、仙台湾・常磐海域：6-8月）に合わせて実施した。浮遊仔魚は、丹後海では目合い0.69mmのORI ネット、仙台湾・常磐海域では目合い0.92mmのIKMT ネットを用いて採集した。曳網方法は、水深50m以深の地点では水深50m、水深が50mよりも浅い地点では海底直上5mからの傾斜曳きとした。浮遊仔魚の密度については、濾水量に基づいて1000m<sup>3</sup>あたりの個体数を算出した。ヒラメの産卵場は主に水深50m周辺に形成されることから、産卵期の水温として、日本海洋データセンターの水温統計から引用した水深50mの水温を使用した。一方、浮遊仔魚の分布水温の推定には、ヒラメ浮遊仔魚が主に水深20m付近に出現することから、CTDにより得られた水温データのうち、水深20mの水温を用いた。浮遊仔魚の分布密度で重み付けした平均分布水温と標準偏差を、それぞれの海域について採集年ごとに求めた。

### 【結果と考察】

産卵期の産卵水深水温は、丹後海と仙台湾・常磐海域でそれぞれ10.9-14.4℃と10.8-14.6℃であり差は見られず、両海域ともに産卵期初期の水温は生物学的な産卵

開始水温と考えられる11℃と概ね一致した。浮遊仔魚の各採集年の平均分布水温（±標準偏差）は、丹後海では2005年と2006年でそれぞれ14.8±1.9℃と14.9±1.2℃、仙台湾・常磐海域ではそれぞれ17.1±2.2℃と17.3±2.4℃であり、仙台湾・常磐海域の方が丹後海よりも明瞭に高かった。産卵期の産卵水深帯の水温に海域差が無かったにも関わらず浮遊仔魚の分布水温には海域差が生じた理由として、丹後海の産卵期は春であるのに対し、仙台湾・常磐海域では夏であるため気温が高く、浮遊仔魚が分布する浅い深度帯では高水温となったことが挙げられた。

生活史初期の水温は、成長や発育の進行を規定することにより生残に大きく影響することが、多くの魚種で明らかにされている。そこで、両海域で採集されたヒラメ浮遊仔魚の成長と発育を調べたところ、分布水温の高い仙台湾・常磐海域の方が成長と発育が速いことが示された。したがって、本研究で見られた浮遊仔魚期の分布水温の差はヒラメの初期生残過程に海域差をもたらす原因になりうると考えられた。

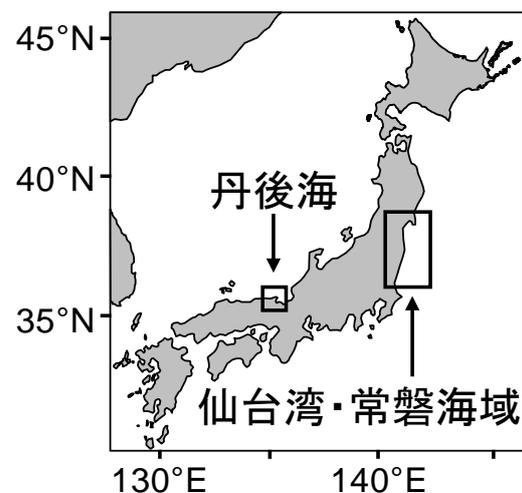


図1. 丹後海と仙台湾・常磐海域の位置

# P25

## 南西諸島海域におけるクロマグロ稚魚の分布環境

○岡崎誠\*・瀬川恭平\*・石原大樹\*\*・阿部寧\*\*

\* 中央水研 \*\*国際水研

キーワード：クロマグロ・稚魚・分布・CTD

### 1. 目的

クロマグロの産卵場、産卵期については1950年代末から行われてきた仔魚採集調査により5、6月の南西諸島海域と7、8月の日本海と推定されてきた。また、1990年代後半からは稚魚採集調査が実施され、南西諸島近海で採集された。しかし、仔稚魚の分布する環境条件の解析は水温について基本的な解析が行われているに過ぎなかった。本大会の昨年度発表(瀬川他)で、仔稚魚採集地点の衛星環境情報から得られた海面水温及び海面クロロフィルについて体長別に解析を行った。その結果、海面水温は体長に関係なく27.0度に分布し、海面クロロフィルに関しては体長100mm以上の稚魚はそれ未満の稚魚よりも高クロロフィル域に分布することが分かった。

本研究においては、これまでトロール網で採集された稚魚データとCTDデータを用いてクロマグロ稚魚分布と鉛直的な環境との関わりを調べることを目的とした。

### 2. 資料と方法

平成23年6月～7月に俊鷹丸を用いて南西諸島海域で57回のトロール曳網調査を行い、21地点で113尾のクロマグロ稚魚を採集した。稚魚が採集された地点のCTD資料から各層水温、塩分、クロロフィル等環境パラメータの値を求め、稚魚採集数及び体長との関係を検討した。

### 3. 結果

**水温** 10m 水温は体長に関わらず27°Cと一定であった。一方、200m 水温(図1)では体長80mmまでは約20°Cだが、100mmを越えるとばらつきが大きくなり、120mmを越えると13～15°Cに分布することがわかった。

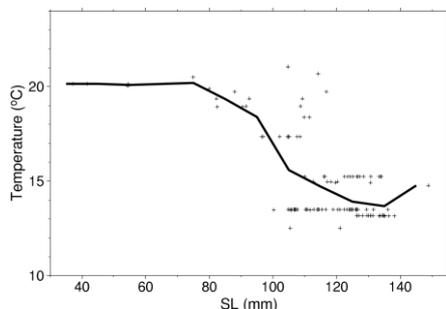


図1. 稚魚体長と200m水温の関係、実線は体長10mm毎の平均水温を示す

**塩分** 表層塩分33.5以下の海域には出現しなかった。

**海面高度** 体長が大きくなるに従い、海面高度が小さい海域へ分布が移行する様子が見られた(図2)。

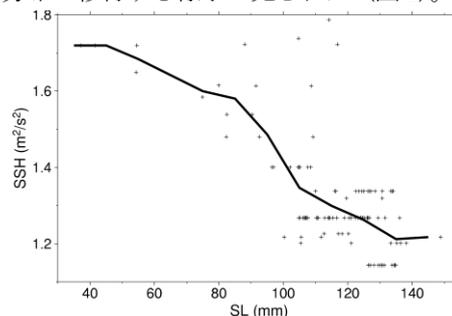


図2. 稚魚体長と海面高度(500db基準)の関係

**クロロフィル** 表層クロロフィルは体長で差がなかった。50m 深では体長100mmより大きい稚魚は高クロロフィル域に分布していた(図3)。特に、稚魚大量捕獲地点において50m 深附近のクロロフィル極大が特徴的に現れた。

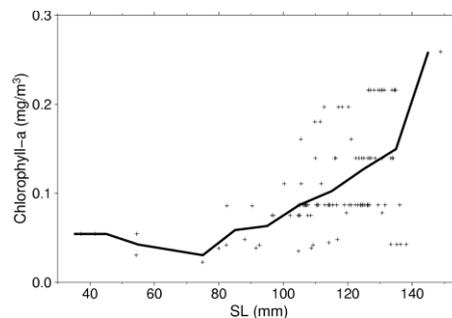


図3. 稚魚体長と50m深クロロフィルとの関係

### 4. 考察

稚魚が採集された地点の特徴は、10m 水温26～28°C、200m 水温13～20°C、10m 塩分が33.5以上、亜表層クロロフィル極大等であった。これらから、黒潮流軸近傍の26～28°Cに能動的に留まりながら季節的な水温上昇に従って北上し、生長とともに徐々に黒潮北縁に分布を移している様子が観察された。今後は稚魚資料を蓄積してクロマグロ遊泳モデルに用いる環境パラメータの改良に努めるとともに、胃内容物及びトロール採集物の分析等により、稚魚期の分布生態の解明につなげたい。

# P26 海洋環境変動に伴う日本沿岸へのマアナゴ仔魚の来遊機構

○矢倉浅黄\*・黒木洋明\*\*・北川貴士\*\*\*・木村伸吾\*\*\*

\* (東大院農/大海研) \*\* (水研セ中央水研) \*\*\* (東大院新領域/大海研)

Key words: マアナゴ 仔魚 黒潮流量

## 1. 背景と目的

マアナゴはウナギ目アナゴ科の魚類であり、太平洋側沿岸を中心に広い海域で漁獲される、日本の食文化において重要な水産生物である。その漁獲量は変動が不安定であり、変動要因の解明が望まれている。

マアナゴは日本沿岸から見て黒潮の上流にあたる海域から、葉形仔魚 (レプトセファルス) の時期に黒潮に乗って沖合に来遊し、冬～春期にかけて黒潮主流を離脱して各地の沿岸に加入することが分かっている (高井,1959, 時村・山田,2001)。今回特に着目した海域である伊勢湾では、来遊は3月をピークとする。

また、伊勢湾におけるマアナゴの漁獲量は前年の仔魚来遊量と正の相関を持つことが示されており、仔魚期の来遊量が資源量を決定する重要なファクターである (愛知県水試による資源評価,2011)。

瀬戸内海や仙台湾近海では、仔魚来遊期における該当海域の水温が仔魚来遊量と相関を持つことが示されている (池脇,2007,佐伯,2001)。しかし、そのメカニズム自体を普遍的な説明として黒潮流域全体に適用するだけの根拠はなく、仔魚が黒潮を離脱して沿岸に加入する条件を説明するためには、黒潮の流路や流量等の海洋環境とそれらの経年的な変動を総合的に考慮していく必要がある。

本研究では、伊勢湾における仔魚来遊の多寡を決める環境要因を明らかにし、資源管理に資することを目的に、主に黒潮の流動環境に着目して解析を行った。

## 2. 材料と方法

本研究では、混獲量から推定された仔魚来遊量指数 (愛知県水試)、渥美外海における月一度の水温・塩分観測結果 (愛知県水試)、黒潮流路 (海上保安庁)、東経 137° 線における冬期黒潮流量 (気象庁) を用い相関分析を行った。

## 3. 結果と考察

水温・塩分等からは一義的に有意な関係は見いだせなかったが、黒潮流量との間には有意な負の相関 ( $r=-0.57$ ,  $P<0.05$ ) が認められ、両者のピークとトラフはよく一致していた (図 1)。また、黒潮流路から算出した3月の東経 136° (紀伊半島付近) での流軸緯度と仔魚来遊量指

数を比較した結果、仔魚来遊量指数が 1 (平年値) を超える時は、黒潮が北緯 33° 以北にあり、紀伊半島に接岸した状態であることが示唆された (図 2)。なお、黒潮流量と流軸緯度の間には有意な相関は認められなかった。

これらの結果から、仔魚は黒潮の流量が少なく、黒潮が紀伊半島に接岸している状態で、伊勢湾への来遊量が多くなることが分かった。

仔魚は黒潮を離脱するとき、比重調整により水深 100m~300m に潜り、等密度面に沿って沿岸域に来遊するとされる (黒木, 2007)。流量が大きいと黒潮の幅は広くなる傾向にあり、黒潮からの離脱が困難になることが推測される。また、黒潮が紀伊半島に接岸しているときは、この海域で仔魚が黒潮を離脱したときに内側反流などの強い流れの影響を受けにくくなり、沿岸域にたどり着きやすくなることに繋がるとと思われる。遊泳能力の乏しい仔魚が安全に黒潮を離脱するためにはこれらの流動条件が重要な鍵になるであろう。

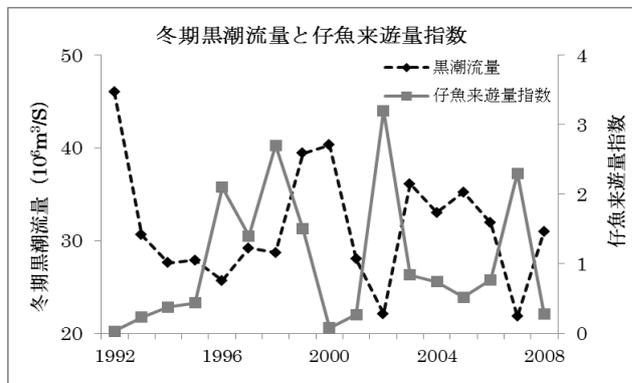


図 1 冬期黒潮流量と仔魚来遊指数

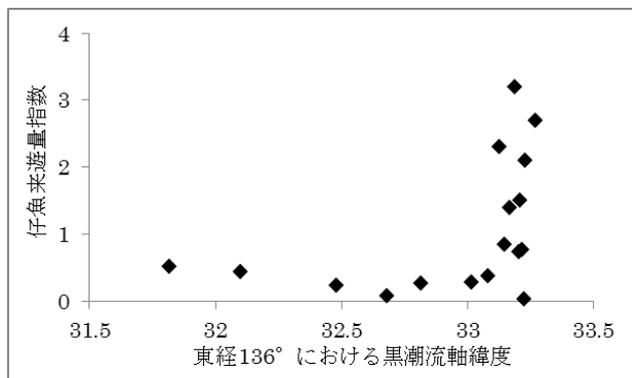


図 2 東経 136° における流軸緯度と仔魚来遊指数

## ニホンウナギ来遊量に与える影響

○銭本慧\*・木村伸吾\*\*

\* 長大院水環 \*\*東大院新領域/大海研

キーワード：ニホンウナギ，仔魚輸送，南方振動

## [目的]

ニホンウナギ *A. japonica* は日本，台湾，中国，韓国を中心に分布する水産重要魚種である。北マリアナ諸島西方海域において卵や孵化直後の仔魚が集中的に採集されており，これらの海域に産卵場が位置すると推定されている。孵化した仔魚は，北赤道海流によって西方へ輸送され，フィリピン東岸で黒潮に乗り換え，生息域である東アジア沿岸まで輸送される。仔魚は黒潮域で変態期し，シラスとなって河川を来遊する。

シラス来遊量は，経年変動を伴って長期的に減少傾向にある。本種の分布の中心である日本と台湾のシラス漁獲量や来遊量は，通常年に比べてエルニーニョ年やラニーニャ年に減少する傾向がある。その平均減少率は，通常年に対しエルニーニョ年で日本，台湾共に約50%となり，ラニーニャ年で日本では33%，台湾では10%となっている。シラス来遊量の変化要因として，気候変動に伴う産卵場や海流の変化による仔魚輸送率の変化が考えられている。しかし数値シミュレーションを用いた先行研究は，仔魚を生息域周辺まで輸送する黒潮への乗り換えの成否にのみ注目しており，仔魚の生態学的知見を考慮できていなかった。耳石輪紋解析による本種の仔魚輸送期間は加入域の違いに関わらず，150-190日と推定されており，この期間中に生息域周辺海域に輸送された仔魚が変態を開始すると考えられる。

本研究では，モデルデータを用いた粒子追跡数値シミュレーションとシラスの耳石輪紋解析による情報を組み合わせて，仔魚輸送割合の年ごとの変化を調査し，気候変動に伴う海洋環境変動がシラス来遊量に与える影響を生息域ごとに検討した。

## [資料と方法]

(独)海洋研究開発機構 (JAMSTEC) が開発したOFES (OGCM for the Earth Simulator) モデルによって算出された月平均3次元流速を使用し，粒子追跡実験を行った。海洋構造の変化に伴い粒子の投入位置を変化させ，移流

拡散方程式を解くことで，その後の水平的な粒子の位置を時間ステップ毎に計算した。仔魚の日周鉛直移動を考慮し，昼夜で輸送水深を変化させた。

台湾周辺，東シナ海，黒潮上流，下流域の4海域を加入成功のための海域と定義し，各海域に150-190日の間に輸送された粒子を輸送成功とみなし，その粒子数を計数した。複数の海域で輸送成功と見なされた粒子は，最初に輸送成功した海域の輸送成功粒子としてカウントした。

## [結果と考察]

1990年から2007年平均した輸送成功粒子数は，黒潮上流域，台湾周辺海域，黒潮下流域，東シナ海の順に多く，それぞれ投入粒子全体の13.6，12.3，6.4，3.3%の粒子が輸送された。

通常年に対するエルニーニョ年の輸送成功粒子割合は，黒潮上流域で53%，台湾周辺海域で43%となり，エルニーニョ年には有意に輸送成功粒子数が少なかった。黒潮下流域，東シナ海では有意な差は認められなかったものの通常年よりもエルニーニョ年に輸送成功粒子割合は減少した。これはエルニーニョ年に北赤道海流から黒潮に取り込まれる粒子が減少することが要因と考えられた。

通常年に対するラニーニャ年の輸送成功粒子数の割合は，黒潮上流域で58%，黒潮上流域で88%，台湾周辺海域で105%となり，産卵場からの輸送距離が長い海域ほど輸送成功粒子割合の減少率が高くなった。ラニーニャ年は海洋環境変動に伴い産卵場が北偏するため，平均西向き流速の小さい海域を輸送されるため，北赤道海流域における輸送が長期化する。その結果，黒潮により北へ輸送される期間が短くなるため，変態，加入をむかえる仔魚の分布はラニーニャ年では南偏し，生息域の北側ほど輸送成功粒子数が減少したと考えられた。北赤道海流域における輸送の長期化が変態期仔魚分布の南偏をもたらし，通常年，ラニーニャ年間の日本と台湾のシラス来遊量変化の違いを生じさせているのかもしれない。

# 回帰サケの省エネ行動 — 夜間は月光が道案内 —

○長谷川英一\*

\* 水工研

キーワード：アーカイバルタグ・生物時計・偏光感覚・遊泳行動

## 1. 目的

日本のサケ（シロザケ）*Oncorhynchus keta* は早いもので3才、遅いもので8才、平均4才で子孫を残すために自分の産まれた河川に帰る。何故自分の産まれた河川（母川）に戻れるのだろうか。母川特有の匂い記憶を手がかりとしていることはよく知られている。このようにある反応（母川の匂いを覚える）が不可逆的にその生物に固着する現象を刷り込み（imprinting）と言う。

しかし、母川の匂いを識別できるのは、母川にかなり近づいてからと考えられる。それでは、大洋ではどうやって帰るべき方向を知ることができるのだろうか。地磁気を感じて方向を知るとい説（Quinn, 1980; Quinn & Brannon, 1982; Hasler & Scholz, 1983; Quinn & Groot, 1983）、地形の特徴を覚えているという説や太陽コンパスを用いているという説など（Quinn & Groot, 1984; Quinn *et al.*, 1989）様々な説が云われている。

超音波発信装置ピンガーをサケに取り付けて行動を調べるバイオテレメトリー研究がある（Soeda *et al.*, 1987; Ogura, 1994）。それに寄ると、サケは夜間は浅い水深を、昼間は深い水深を遊泳する日周鉛直移動を行っていることが判明した。夜間表層の月明かりは月齢によって日照時間や明るさが変わるので、サケの遊泳水深がこの影響を受けることが想像される。このことから次の疑問が考えられる。回帰サケの水平・鉛直行動は満月に対してどのような反応を起こすのだろうか？

## 2. 方法

遊泳水深と水温の時系列データが同時記録可能なアーカイバルタグを付けて北海道沿岸から放流された2001年と2002年の各130個体のうち、再捕された130個体の中から再捕されるまでの期間が10日以上でその間に満月を含む10例の各月齢期間毎の夜間の遊泳水深を比較した。1988年から2001年までの間に北海道および東北沿岸で漁獲されたサケの合計10871尾にディスクタグを付け放流した。この中から放流後10日間以上を経て本州で再捕された81例について、満月期を含む割合とその間の水平移動速度（放流位置、再捕位置、期間から算出）の関係を調べた。2003年の秋季、津軽暖流が強勢であつ

た時期にアーカイバルタグを付けて放流されたサケの遊泳水深の記録から、夜間であっても114m以深で遊泳し続ける現象が観察された。恐らく、津軽暖流の高水温帯を回避する行動と考えられるが、この場合でも規則的な日周鉛直移動を呈しており、その周期を求めた。

さらに、サケの松果体窓上部の半透明軟組織が介在した偏光の吸収スペクトルを300~700nm間で計測した。

## 3. 結果

10例のアーカイバルタグデータのうち、満月期の平均遊泳水深が他の月齢期に比較して浅かったのは7例あり、Kruskal-Wallis test 及び Mann-Whitney U-test の結果、その差は有意 ( $p < 0.05$  または  $p < 0.01$ ) であった。81例のディスクタグデータから、再捕されるまでの間の満月期の割合とその間の水平移動速度との相関係数は0.435 ( $p < 0.01$ ) となった。また、114m以深で観察された鉛直移動周期を自己相関から求めたところ24時間となった。さらに、松果体窓上部軟組織が介在した場合の縦横偏光板吸光度差の絶対値は約405nmより短波長側で、縦横偏光板のみの吸光度差の絶対値より小さくなった。すなわち、これはその直下に位置する松果体の偏光感覚機能を示唆する現象と解釈出来るかも知れない。

## 4. 考察

サケの遊泳水深が満月期に有意に浅くなること、またその時期の遊泳速度が速まること、さらに24時間リズムの体内時計を有しており、満月が雲に隠れても偏光感覚によってその方向を見出せる可能性があること、等々の結果から、母川を目指しているサケは夜間の方向探索に月光の存在を手がかりにしていることが想像された。



# P29

## 涸沼ニシン：忘れられ、無視された 絶滅危惧地域個体群

○猿渡敏郎\*・小藤一弥\*\*

\* 東大大海研 \*\*アクアワールド茨城県大洗水族館

キーワード：涸沼ニシン、涸沼、絶滅危惧地域個体群

### 諸言

沿岸域ではなく、汽水湖内で産卵する湖沼産卵型ニシンが青森県尾駱沼、宮城県万石浦、茨城県涸沼から知られている。いずれの湖沼産卵型ニシンも、地域的水産資源を構成している。

茨城県の涸沼（ひぬま）は、水戸市の南東約 10 Km に位置する、現在も沿岸域との間で自由な水の交換が維持されている汽水湖である。63 種の硬骨魚類がこの汽水湖を、産卵場、成育場、摂餌場などとして利用している。また、涸沼は湖沼産卵型ニシンの南限に生息する地域個体群、涸沼ニシン(図 1)の産卵場として知られる。図 1 の個体は、2005 年 1 月 16 日に、涸沼北岸に設置した小型定置網により採集された個体である。



図 1. 涸沼ニシン

1960 年代には、涸沼ニシンは漁獲の対象となるほど存在し、年間 60t 以上の漁獲を得ていた。しかし現在は激減し、絶滅が危惧されている。にも関わらず、環境省、茨城県いずれのレッドリストにも、涸沼ニシンは掲載されていない。まさしく 忘れられた存在 である。このたび、涸沼ニシンの現状の把握と、保護策を立案するために、一連の情報収集作業（文献レビュー、聞き取り調査、標本探索、）を通して、興味深い知見を得たのでここに報告する。文献レビューによって得られた情報は、ポスターを参照していただきたい。

### 聞き取り調査

漁業者と地元漁協への聞き取り調査から、涸沼ニシンは 1980 年代以降激減し、現在は年に数個体程度しか漁獲されていないことが判明した(図 2)。1960 年代には、小型定置網の網地も産卵基質として利用されていた。

### 標本探索

博物館や大学に登録・保管されている学術標本は、人類共有の知的財産である。これらの学術標本からは、その種の形態学的情報とともに、採集データ（年

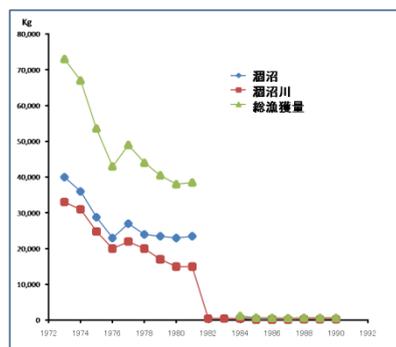


図2. 涸沼ニシンの漁獲量。

データ提供：大涸沼漁業協同組合

月日、場所など）から、生態学的情報を読み取ることも可能である。涸沼ニシンの標本探索の結果、東大大気海洋研究所 2 個体、国立科学博物館 5 個体、北海道大学水産学部 33 個体、茨城県自然博物館 36 個体、水戸市立博物館 202 個体、合計 278 個体の存在が確認された。これら 278 個体中、60 個体の観察が現在までに終了している。特筆すべきは、茨城県自然博所蔵標本である。このうち、1962 年 4 月 29 日に涸沼湖内で採集された標本は、小型の未成魚 ( $51.2 \pm 3.78$  mm SL) であった。他の標本はすべて産卵期に採集された成熟個体であった。この小型標本から、涸沼が涸沼ニシンの産卵場としてのみ機能したのではなく、ニシン仔稚魚の成育場であったことが示された。

まとめ：今後涸沼ニシンの保護策を検討するうえで、涸沼をニシン仔稚魚の成育場として好適な環境へと変貌させ、維持する必要性が示唆された。本件は、学術標本が地域個体群の保全に向けた有益な情報を提供した好例となった。今後は、地元研究機関とより一層の連携を図り、この忘れられた絶滅危惧個体群に対する認知度と理解を向上させ、保護に取り組む予定である。

○五十嵐修吾\*・北野載\*\*・入路光雄\*・米田道夫\*\*\*・清水昭男\*\*\*\*・松山倫也\*

\*九大院農 \*\*九大院農唐津水研セ \*\*\*水研セ瀬戸内水研 \*\*\*\*水研セ中央水研

キーワード：マイワシ・飼育実験・産卵誘導・卵成熟

【目的】

近年、栄養状態や年齢構成に起因する産卵親魚群の繁殖特性の変化が加入量の増減に重要な役割を果たしている可能性のあることが、複数の有用魚種で報告されており、母性効果が漁業資源の加入量変動機構を解明する上で重要であることが認識されつつある。一方、親魚の繁殖特性、仔稚魚の成長・生残過程、卵質と仔稚魚の成長・生残等との関係を明らかにするためには、飼育実験が極めて有効な手段の一つとなる。我々はこれまでに、マサバやカタクチイワシの仔稚魚の生残過程ならびに親魚の繁殖特性を評価するための飼育実験系を開発してきたが、マイワシでは飼育下での親魚の産卵および孵化仔魚の飼育技術が未だ確立されていない。本研究では、マイワシの産卵誘導ならびに受精卵・孵化仔魚の採取法の開発を目的とした実験を行った。

【方法】

2011年4月に九州大学附属水産実験所に搬入し、その後1年間水槽内で飼育したマイワシ（満2歳、平均体長202mm、平均体重126.7g）を対象にして、2012年4月中旬（水温:15.3℃）に、以下に示す2つの実験を行った。

**産卵誘導**：水槽から取り出したマイワシを2-フェノキシエタノール（100mg/L）で麻酔した後、バイオプシーによる性の判別と卵の採取を行った。排精を確認した雄15尾と卵径600μm以上の卵黄形成卵を持つ雌5尾の背筋部に、合成生殖腺刺激ホルモン放出ホルモン（GnRHa, 400μl/kg/BW）を注射投与し、3トン水槽に収容した。GnRHa投与の翌日より、毎日20:00～08:00にかけて3時間毎に排水口に設置した集卵ネット内の卵を回収して各時刻における卵量を計量するとともに、浮上卵率（受精率）を計数した。さらに、各産卵日に採集した受精卵の中から約200個の卵をビーカーに収容して孵化率を算出した。

**卵成熟および排卵のタイムコース**：卵径600μm以上の卵黄形成卵をもつ雌20尾を選別し、GnRHaを投与後、1トン水槽に収容した。GnRHa投与から18, 24, 30時間後にそれぞれ3～10尾を取り上げ、魚体測定後に卵巣の一部をブアン液で固定した。卵巣の樹脂包埋組織切片を

作製して卵の発達ステージを判別した。

【結果と考察】

**産卵誘導**：GnRHa投与の翌日より、23:00～05:00にかけて計4回の産卵が認められた。総産卵数は約26,400個で、産卵量、受精率および孵化率は産卵開始2日目以最も高い値を示した（図1）。

**卵成熟・排卵のタイムコース**：GnRHa投与から18～24時間後には核移動期の卵が確認された。投与30時間後では、すべての個体が移動期以降の卵をもつとともに、一部の個体において排卵が確認された（表1）。

以上、本研究により、卵黄形成が終了したマイワシ雌魚にGnRHaを投与することにより卵成熟・排卵を確実に誘導できるとともに、飼育下で産卵することが示された。今後は、水温や餌条件などを変えた種々の環境でマイワシ親魚や仔稚魚を飼育することにより、親魚の繁殖特性や仔稚魚生残の環境応答に関する評価が可能になると考えられる。

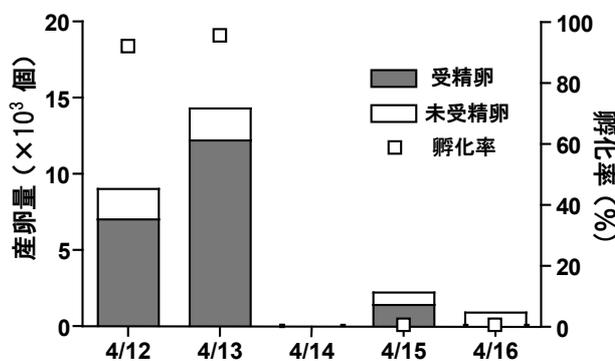


図1. 産卵量、受精率および孵化率

表1. GnRHa投与後の卵成熟・排卵のタイムコース

時刻	GnRHa投与後の時間	n	卵母細胞の発達段階				
			TYS	GVM	GVBD	HY	OV
15:00	0	10	10				
09:00	18	4	2	1			
15:00	24	3	1	2			
21:00	30	10		4	1	1	4

TYS, 第三次卵黄球期; GVM, 核移動期; GVBD, 卵核胞崩壊; HY, 吸水; OV, 排卵

# 伊勢湾小型底曳網漁業対象種の資源量と海洋環境の経年変動の解析

○青木一弘<sup>1</sup>・児玉真史<sup>1</sup>・黒木洋明<sup>2</sup>・鈴木重則<sup>2</sup>・日比野学<sup>3</sup>・  
 原田 誠<sup>3</sup>・青山高士<sup>3</sup>・津本欣吾<sup>4</sup>・丸山拓也<sup>4</sup>・中瀬 優<sup>4</sup>  
 (1:水研セ・中央水研, 2:水研セ・増養研, 3:愛知水試, 4:三重水研)

キーワード: 伊勢湾, マアナゴ, トラフグ, 水温, 塩分

## 1. 序論

伊勢湾において小型底曳網漁業が盛んに行われており、底魚を中心に多種の魚類や甲殻類が漁獲されている。その中でも、マアナゴおよびトラフグは重要資源であり、資源回復計画の対象種になっていた。マアナゴの産卵場は沖ノ鳥島南方の九州-パラオ海嶺上 (Kurogi et al., 2012), トラフグは伊勢湾湾口部 (中島, 1995) で発見されており、卵や稚仔魚の湾内への加入現象の発生・非発生が湾内の資源量変動に強く影響すると考えられる。しかし、それらの資源量の変動要因は未だ明確ではない。よって本研究では、伊勢湾におけるマアナゴおよびトラフグの資源量変動に関わる伊勢湾内外の環境要因について解析し、その時期・空間特性を環境データから検討する。

## 2. 材料および方法

伊勢湾内外において愛知・三重の両県によって毎月実施されている沿岸定線調査および浅海定線調査の調査結果を本解析に用いた(調査点は図1参照)。各点において原則月1度調査船による観測を行い、

水温・塩分等の海洋環境データを収集した。水温は平均的な季節変動成分からの偏差を解析に用いた。資源量変動の指標としてマアナゴは水揚げ主要港の豊浜港におけるCPUEを、トラフグは推定された0歳10月時点の天然魚加入尾数を用いた。マアナゴおよびトラフグの解析期間はそれぞれ1993~2010年と1994~2010年であり、各資源量データと各観測点における各月の水温・塩分との相関係数を計算した。

## 3. 結果・考察

マアナゴのCPUEと水温の顕著な相関は前年の12月にみられ(図1)、伊勢湾全域の水温と強い負の相関があり、低水温年に好適な餌料環境が整った可能性がある。

図2にトラフグの加入量(尾数)と海面塩分の相関係数を示す。5月の伊勢中央部~湾口部に高い正相関がみられた。トラフグの産卵期は4~5月であり、産卵期直後(5月)の海洋環境が加入量に強く影響していたと考えられる。高塩分時に高加入であることが示されたが、高塩の要因として河川流量が少なかった事や外洋水移入が強かった事が考えられる。

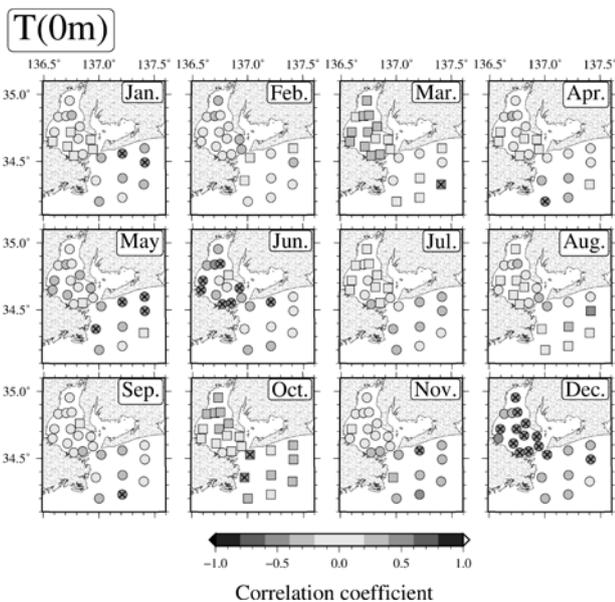


図1 豊浜のマアナゴと前年の海面水温のCPUEの相関分布。□は正相関, ○は負相関, 色は相関の強さを示す。  
 ×は危険度10%で有意である事を示す。

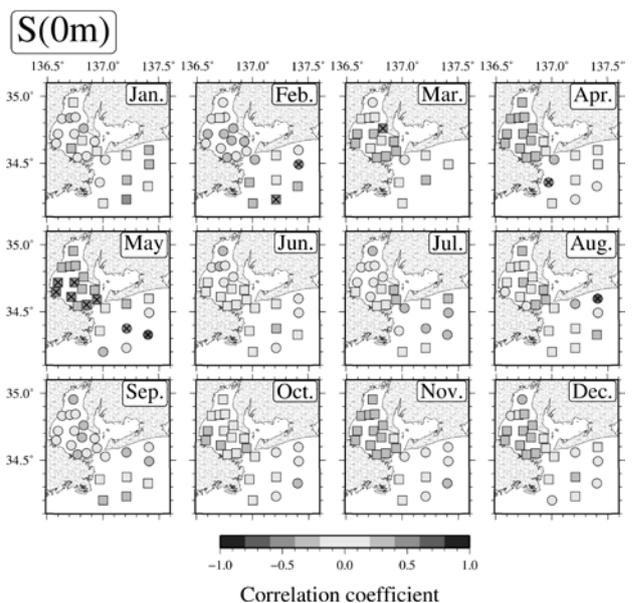


図2 海面塩分と推定されたトラフグ加入資源量の相関分布。

# リモートセンシングを用いた サンゴ礁池内 seagrass の空間分布に関する研究

○澤山周平\*・小松輝久\*・Nurjannah Nurdin\*\*

\* 東大海研 \*\*ハサヌディン大学

キーワード：リモートセンシング・サンゴ礁・海草藻場・空間分布

## 1. 背景と目的

熱帯性の海草藻場(Seagrass bed)は魚類の稚魚期の生息場となるほか、ジュゴンやウミガメなど大型脊椎動物の採餌場としても重要なハビタットである。しかしながら熱帯性海草類の空間分布の傾向に着目した研究例は少なく、その知見の不足が海草藻場の管理や保全を考える上での大きな障害の一つとなってきた。

衛星リモートセンシングは、海水の透明度が高く、礁池や礁原など浅い水深帯に分布する熱帯性海草藻場の分布の把握に非常に有効と考えられる。そこで本研究では、衛星画像を用いたマッピングによって藻場の面的広がりを可視化し、これに現場調査で得た種組成や被度などの情報を組み合わせ、海草藻場の空間分布の傾向を明らかにすることを目的とした。

## 2. 方法

礁池内に海草藻場が広く分布するインドネシア・スペルモンデ諸島の 2 つの島(A:バラロンボ島、B:ボネバタン島)を調査地とした。2011 年 5 月に行った水中ビデオカメラとサイドスキャンソナーを用いた現場調査で得たグランドトゥルースデータから、ALOS AVNIR-2(空間解像度 10.0m)と Worldview-2(同 2.0m)という 2 つのマルチスペクトルセンサでともに 2010 年に撮影された画像を用い、海草を含むハビタットのマッピングを行った。

2012 年 8 月にコドラート法を用いた現場調査を行った。水深 3m 未満の海草藻場内に設置した 50m のラインに沿って 0m 地点から 50m 地点まで 5m 間隔で 50×50cm の方形枠を置き、調査区とした。被度 0%の点を除き、調査地 A では 5 つのライン中の計 48 区、B では 3 つのライン中の計 32 区において、枠内に出現した海草の種を記録するとともに、全体のおおよその被度を求めた。

得られた海草藻場マップと種数・被度などの情報を組み合わせ、それらの藻場内での分布傾向を解析、考察した。

## 3. 結果と考察

ALOS AVNIR-2 画像により作成した海草マップのうち、調査地 A 東側の 3 つのライン周辺のみ図 1 に示した。この藻場マップと Worldview-2 画像から作成したマップを比較すると、後者では藻場のパッチ構造をより詳細に表現していた。

カイ二乗検定の結果、調査地 A(島東側 3 ラインのみ、N=26)と調査地 B(N=32)間における各海草種の出現区数の比率には有意な差が見られた( $p=0.00023 < 0.01$ )。この要因の一つに、調査地 A 東側は民家や港に近接し、調査地 B

は無入島のため、人間活動による海草へのストレスが考えられる。また、調査地 B に比して調査地 A 東側の藻場では礁斜面に近いことも影響している可能性がある。

図 1 から見て取れるように、海草の全体の被度が大きいほど出現する種数も多くなるという傾向が見られた。そこで全調査区(N=80)を被度により S・M・L(それぞれ 5%以下・10%~20%・30%以上)3 クラスに分け、これらのクラス間で合計出現種数が 2 種以下、3 種から 4 種、5 種以上の調査区の比率に差があるか調べたところ、S・M 間と S・L 間において有意な差が見られた(それぞれ  $p=4.5E-06$ ,  $3.2E-05 < 0.0033$ )。また、比較的出現の稀な 2 種(*Syringodium isoetifolium* と *Halodule tridentata*)は、合計出現種数が 4 種以上と特に多い調査区にのみ出現した。これらの結果から、出現の稀な種は他種との競争を避けて住み分けるよりも、藻場中心部で複数種と同所的に共存する傾向にあることが示唆された。また海草 8 種のうち *Enhalus acoroides* はそのみが単一で出現した区数が最も多く、特に調査地 A 東側では藻場縁辺部に特徴的な単一群落または少数の種とのみ共存する群落を形成していた(図 1 中で白い矢印の指す地点)。この種の特徴的な分布傾向に影響するものとして、水深や底質などの物理的要因のほか、生息場を巡る種間競争などの生物学的要因の存在が考えられ、今後はこれらについて調査を行っていく予定である。

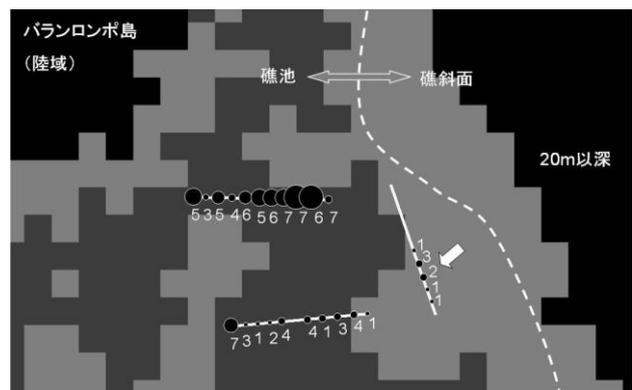


図 1. AVNIR-2 画像から作成した海草藻場マップ(海草のユーザ精度 70%、プロデューサ精度 90%)に被度・種数の情報を重ねたもの。濃いグレーは海草を、薄いグレーはそれ以外のハビタットを、黒はマスク領域を示す。調査ライン(白の実線)上の黒い円の大きさが被度の大小を、数字がその調査区の出現種数を表す。

## 東シナ海における 流れ藻とモジャコの分布

○水野紫津葉<sup>1</sup>・小松輝久<sup>1</sup>・鯨坂哲朗<sup>2</sup>・國分優孝<sup>1</sup>・Natheer M. Alabsi<sup>1</sup>・阪本真吾<sup>1</sup>  
・青木優和<sup>3</sup>・宍道弘敏<sup>4</sup>

<sup>1</sup>東大大海研 <sup>2</sup>京大院農 <sup>3</sup>東北大院農 <sup>4</sup>鹿水技セ  
キーワード：東シナ海・流れ藻・アカモク・モジャコ

### 目的

沿岸に繁茂するホンダワラ類などの海藻が波などによって岩場から引き剥がされた後、気胞の持つ浮力により海面を浮遊し、一部は打ち上げられるが、残りは沖合へ輸送される。これらの海藻は流れ藻とよばれ、表層性魚類稚魚などの生息の基質となっている。ブリ(*Seriola quinqueradiata*)は稚魚期のモジャコとよばれる期間、流れ藻に随伴して生活する。この習性を利用して、ブリ養殖用の種苗確保のために、流れ藻ごとブリ稚魚をすくい取るモジャコ漁が毎年春に西日本を中心に行われている。これまで流れ藻は東シナ海沖合には分布していないと報告されていた(e.g. 吉田, 1963)ため、東シナ海の主産卵場で孵化したモジャコは海流によって輸送され、日本の沿岸で流れ藻に随伴しはじめると考えられてきた。しかし、近年になって、東シナ海沖合の大陸棚上で3~5月に流れ藻が分布することが明らかにされた(Komatsu *et al.*, 2007)。東シナ海で流れ藻を発見し、モジャコも採集したという断片的な報告はある(小西, 2000)が、東シナ海におけるモジャコと流れ藻の関係について広域に調べられた例はない。そこで本研究では、東シナ海の流れ藻の分布と、それに随伴するモジャコの日齢を調べ、流れ藻の発生源、流れ藻とモジャコの遭遇場所や時期について検討した。

### 方法

学術研究船淡青丸 KT12-3(2012年3月)航海で、ブリッジからの流れ藻の目視調査およびタモ網とORI ネット(口径1.6m)による採集を行った。目視調査では、流れ藻が船のブリッジ正横を通るときの舷側からの距離と時刻を記録した。研究船の毎分の位置情報と目視調査結果とを照合し、流れ藻の位置を特定し、GIS(ArcGIS Desktop 10, ESRI社)上でそれらの分布域を調べた。採集した流れ藻は湿重量の測定、種の同定を行い、同時に入網したモジャコを解析に供した。モジャコは冷凍固定して持ち帰り、解凍後、全長(TL)と体重(BW)を記録して耳石(扁平石)を摘出した。耳石は裂溝を上にしてマニユキアトップコートでスライドガラス上にマウントし、完全に硬化させた。ラッピングフィルム粒度3ミクロン(#4000)と0.5ミクロン(#10000)を用いて適宜研磨し、耳石日輪計測システム(JISEKI, RATOC社)を使用して光学顕微鏡の透過光で輪紋を計数した。

### 結果

流れ藻は、東シナ海の大陸棚上、種子島周辺から屋

久島の南、奄美大島近傍に分布していた。流れ藻分布海域の表面水温は17.0~22.6°Cの範囲で、これより高水温の黒潮域では見られなかった。採集した調査点全11点では、1調査点あたり1~17塊、合計86塊の流れ藻が得られた。このうち7調査点の計14塊からTL18~81.5mm(モード32mm)のモジャコ188尾が採集され、その時の表面水温は19.1~22.1°Cであった。流れ藻はすべて褐藻ホンダワラ類のアカモク(*Sargassum horneri* A. Jg.)であった。モジャコも同時に採集できた流れ藻14塊のうち、流れ藻1kg湿重量あたりの随伴モジャコ尾数は、最も南の調査定点のM7(27.53°N 125.98°E)で最多の46.4尾、奄美大島近傍のM11(28.17°N 129.65°E)で最少の0.27尾であった。輪紋数から推定された日齢は28~69日で、孵化日は1月14日~2月23日と推定された。

### 考察

これまでの3~5月の調査(Komatsu *et al.*, 2007)と同様、今回の調査でも東シナ海沖合域の流れ藻を構成する海藻はアカモクのみであり、大陸棚上に多く分布していた。南西諸島以南の日本や台湾にはなく、中国沿岸には生育するアカモクの藻場の地理的分布や東シナ海の表層の海流分布から、中国大陸がこれら流れ藻の起源である可能性が高い。流れ藻に随伴し始める時期は日齢30日(Sakakura & Tsukamoto, 1997)との研究結果を参考にすると、採集されたモジャコは2月13日~3月24日に流れ藻と遭遇したことになる。流れ藻随伴モジャコ密度は東シナ海沖合大陸棚上で最大であったこと、モジャコは流れ藻に随伴することで生残率が高くなること(花岡ら, 1986)から、2月中旬前後から東シナ海沖合域の大陸棚上に流れ藻が多く出現し、それらに遭遇できることがモジャコにとって非常に重要であると考えられる。黒潮流軸より東側に位置する奄美大島近傍で採集された最大TLのモジャコの日齢から、最も早い産卵は1月中旬に始まっていたことが明らかになった。薩南海域以南の黒潮流軸より東側ではブリ卵の分布や産卵場の分布の報告がないことから、このモジャコは1月にブリ産卵場が形成される東シナ海南部の大陸棚縁辺付近(黒潮流軸の西側)で孵化した個体が、大陸棚上で2月中旬に流れ藻に随伴し、流れ藻とともに奄美大島近傍に輸送されたと推定される。これらの結果は、東シナ海沖合大陸棚上で流れ藻とモジャコの出現時期のmatch-mismatchがブリ資源の変動に関係することを示唆している。

## 中南海域から日本沿岸へのカツオ幼魚の来遊

○増島雅親\*・清藤秀理\*\*

\*中央水研 \*\*国際水研

キーワード：カツオ幼魚、北太平洋亜熱帯海域、移動モデル

## 1. 背景

カツオは国際漁業資源であり、かつ我が国では近海に來遊する群を漁獲対象としており、沿岸資源とも言える。日本近海はカツオ資源分布の縁辺域にあたり、漁獲の年変動が激しく、特に西日本沿岸域における漁獲量は近年低迷している。そこで、水産総合研究センターでは日本沿岸・近海への來遊過程とその変動要因の把握を目的とした課題を設定し、分析や調査を進めている。その中で、カツオへのタグ装着による通常標識放流調査や GPS ロガーの漁船への取付けによる資源量豊度指数の開発といった現場調査と併せて、数値シミュレーションを用いたモデル開発と応用実験を行っている。本研究では、カツオ幼魚（1歳未満）を対象とし、水温指向を遊泳行動として取り入れた移動モデルを用いて、中南海域から西日本沿岸への來遊実験を行った。

## 2. 手法

水産総合研究センターと海洋研究開発機構が共同開発した海洋予報モデル FRA-JCOPE を利用し、魚の個体もしくは魚群を模した粒子が移動するモデルを開発し、本研究に用いた。粒子の移動には2つの要素がある。1つは、FRA-JCOPE の水平流速を用い、オイラースキームを差分法とした移流である。もう1つはカツオが低温に向かって移動する性質をモデル化したものである。具体的には、FRA-JCOPE の水温場から水平方向のデータ1格子5分の水温傾度を計算し、水温の低い方向に移動するものである。遊泳速度は体長に比例させ、成長とともに遊泳速度が速くなるものとしている。1993年から2010年までの各年について、東経122度から東経160度、北緯15度から北緯25度の範囲（図1点線）に1度毎に粒子（計380個）を配置し、粒子数一定の条件のもと、1月1日から5月31日まで粒子を移動させた。ただし、陸に到達した粒子は停止することとした。また、東経141度北緯36度、東経141度北緯30度、東経131度北緯27度、東経131度北緯33度で囲われた領域を西日本沿岸域（図1実線）と定義し、漁期となる4-5月にこの領域を通過する粒子を計数することで「來遊豊度」とした。

## 3. 結果と課題

まず、カツオ幼魚の遊泳水深と遊泳速度を決定するため、竿釣漁場（2011年、QRY）と1993年-2010年の粒子の月毎の北上傾向を比べた結果、深度0m、かつ、体長の5,6倍の遊泳速度としたものがよく合っていた。以後の実験では深度0m、体長5倍の遊泳速度とした。次に、モデルによる「來遊豊度」の時系列変化を調べたところ、2003年以降の「來遊豊度」がそれ以前と比べて平均を下回る事が多かった。特に「來遊豊度」の少なかった年（2003, 2004, 2007年）と多かった年（1995, 1997, 1999年）の來遊した粒子の初期位置を比べると、いずれも東経140度を中心として東西に分布していた。しかし、來遊しなかった粒子の軌跡を見たところ、特に「來遊豊度」の少なかった年（2003, 2004, 2007年）は、漁期となる4月より前に西日本沿岸域南から西の南西諸島へ移動し、南西諸島に到達する粒子が多かった。以上から、西日本沿岸域への到達数の経年変化は、移動経路の違いによるものと考えられ、今後これを引き起こす海洋現象を詳しく吟味する予定である。一方、今回一定と仮定した粒子数について現実的に変動させることを検討して行く必要がある。

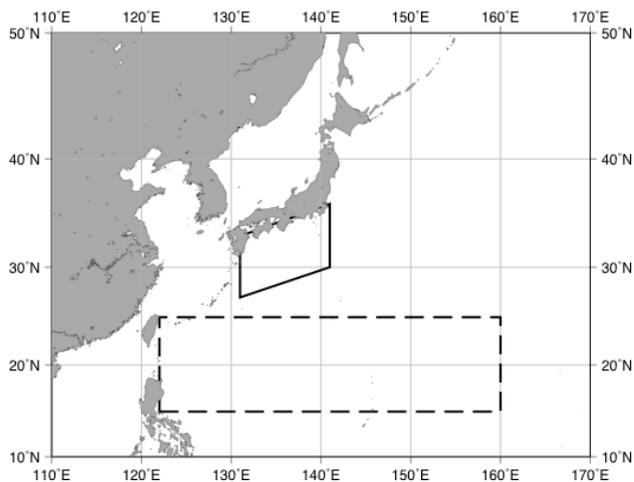


図1. 粒子の初期範囲（点線）と西日本沿岸域（実線）

# P35 浅海域における生物調査のフィールド教育への実践

○岩崎貞治・上村泰洋・平井香太郎・毛利紀恵・木下 光・小路 淳  
 広大生物圏・竹原ステーション  
 キーワード：藻場・砂浜・ゆりかご

## 1. 目的

瀬戸内海中央部に位置する広島大学大学院生物圏科学研究科附属竹原ステーション（旧水産実験所）周辺には、藻場が繁茂している場所が残されている。藻場は、浅海域の魚類生産を支える上で、重要な生態系の一つであり、これらのサイトを用いて学内はもとより他大学の受講生も対象としたフィールド科学教育と地域啓発活動に取り組んでいる。

今回の発表では、夏期の臨海実習期間中に実験所近傍のフィールドにおいて実施した魚類相調査（アマモ場・砂浜海岸）の結果に基づいて、水中における植生の有無が魚類の生物量や種多様性に与える影響を評価した結果を報告する。さらに、2007年以降の経年データの解析も併せて実施する。

## 2. 方法

2007年～2012年の8月～9月に広島県竹原市沖のアマモ場（生野島：人口約30人）と砂浜（阿波島：無人島）において（図1）、巻き網（目合い5mm）により100m<sup>2</sup>（10×10m）の区画内の魚類を4箇所で採集した（図2）。採集時に水温・塩分の測定と、動物プランクトンの採集、植生の繁茂状況の記録も行った。

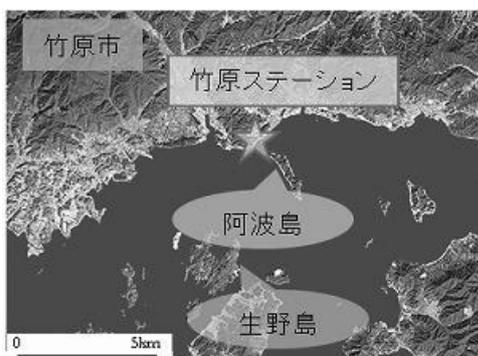


図1.竹原ステーションの位置及び調査地

すべての作業を日中の干潮前後約2時間（潮位70cm～130cm）の間に実施した。採集された魚類は、10%海水ホルマリンで固定した後持ち帰り、実験室において魚類の種同定と全長・湿重量の測定を行った。



図2.巻き網による採集風景

## 3. 結果

アマモ場と砂浜における水温・塩分には大きな違いは認められなかったが、100m<sup>2</sup>あたりの魚種数、個体数、湿重量の全てがアマモ場において砂浜よりも高い値を示した（ $P<0.05$ ）。この傾向は2007年以降毎年継続して認められていることから、藻場が魚類の「ゆりかご」として高い機能を備えている事を実習生が体験できていると考えられる。



図3.2008年8月各1回目における採集物  
当実験所が教育関係共同利用拠点に認定されたことを受けて、浅海域の重要性を体感できるフィールド科学教育プログラムを他大学生向けにも継続的に提供していく予定である。

○弓木麻記子\*・河野恵里子\*・島田克也\*・吉永郁生\*\*・横山勝英\*\*\*

\* いであ(株) \*\* 京大農 \*\*\* 首都大

キーワード：気仙沼湾・n-ヘキサン抽出物質・鉍物油・一次生産・硫黄

1. 目的

気仙沼湾では、東日本大震災により湾内の石油タンク 22 基が破壊され、重油等約 11.5 千 kl が流出して火災も発生した。この被害の実態把握のため各機関は流出油の指標として水産用水基準に則した n-ヘキサン抽出物質を調査し、海底の油分が高濃度で推移して深刻な状況にあることを報告している。本研究は実際の油分濃度として鉍物油を分析し、n-ヘキサン抽出物質による分析結果と比較して海底の流出油の実態について考察した。

2. 調査方法

平成 24 年 5 月に気仙沼湾 7 地点(図 1 参照)において、底質の表層採泥及び柱状採泥(表層から 30 cm 程度)を行い、底質中の油分について室内分析を行った。

分析項目は、水産用水基準として底質に含まれる油分の指標となっている n-ヘキサン抽出物質の他に、鉍物油とした。分析方法の概略を表 1 に示す。

表 1. 分析方法の概略

分析項目	n-ヘキサン抽出物質(重量法)	鉍物油(赤外分光法)
対象物質	・油分 ・クロロフィル、フェオフィチン ・硫黄化合物 等	・鉍物油
分析方法	抽出方法	・水酸化カリウム・エタノール溶液を加え、1 時間以上加熱還流後、n-ヘキサン抽出
	精製	・抽出後、フロリジルカラム(活性ケイ酸マグネシウムカラム)に通し、クロロフィル等の不揮発性動植物油脂類を除去する
	測定	・フロリジルカラム通水後の試料について、n-ヘキサンを蒸発させた後に四塩化炭素に溶かして赤外分光光度計を用いて比色測定を実施
マニュアル名	・「新編水質汚濁調査指針」、2008 年 12 月、恒星社厚生閣	・「沿岸環境調査マニュアル(底質・生物篇)」、日本海洋学会編 恒星社厚生閣 ・「JIS K 0102(2008)附属書」、日本企画協会

3. 調査結果

n-ヘキサン抽出物質濃度は 0.5~9.3 mg/g であり、7 地点で採取した 34 検体中の 30 検体で水産用水基準 (0.1 % = 1 mg/g) を上回っていることが確認された。これは他機関の数値と同オーダーであった。一方、鉍物油濃度は 0.032~1.2 mg/g となり、n-ヘキサン抽出物質の 2.2~23.8 % の値を示すことが確認された。

鉍物油濃度の表層分布は気仙沼湾奥部で高く、大島瀬戸で低い傾向が見られた。また、鉛直分布は表層から 5~10 cm の層で極大を示す傾向が見られた。n-ヘキサン抽出物質の分布状況も同様であった。

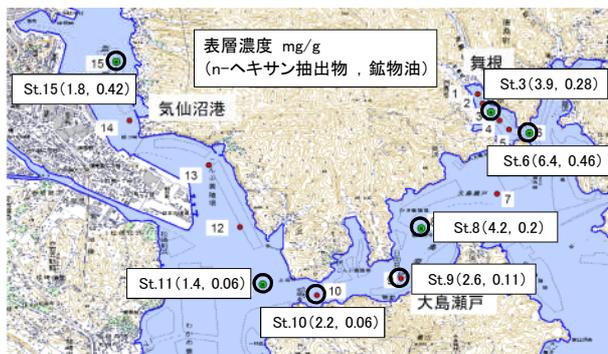


図 1. 底質採取地点と表層濃度

4. 考察

今回の 2 種類の分析法による測定結果では、底質中の鉍物油が n-ヘキサン抽出物質に占める割合は約 9 % であった。逆に言えば、n-ヘキサン抽出物質は鉍物油の約 16 倍の値を示した。

一般に、n-ヘキサン抽出物質には不揮発性の油分(動植物油も含む)に加えて油分以外の物質(硫黄、界面活性剤、植物色素等)が含まれることが知られている。

これまでのモニタリングによれば、調査水域では震災直後からクロロフィル a が高濃度で推移し、2011 年 11 月以降は表層に黄土色の新生堆積物が確認されている。また、既往調査結果では強熱減量が 7.3~13.1 % となっている。これらから気仙沼湾は、高い一次生産により植物プランクトンの沈降・堆積量が多いと推測される。

また、底質の硫化物濃度は、既往調査結果によると 0.36~1.8 mg/g と三陸沿岸の他海域に比べ 10 倍程度高い値を示しており、当該海域の底質は硫黄化合物の含有量が高いという特徴を有している。

つまり、気仙沼湾では底質、特に表層の n-ヘキサン抽出物質の大半を硫黄化合物や植物プランクトン由来の色素成分など鉍物油以外の成分が占め(約 9 割)、その影響により n-ヘキサン抽出物質の濃度が高くなっていると考えられる。2011 年 5 月と 2012 年 5 月の同じ地点の比較では、n-ヘキサン抽出物質は 0.9~2.0 mg/g から 2.9~4.0 mg/g へと上昇していたが、油流出から 1 年後に底質の鉍物油が増加したとは考えにくいことから、活発な一次生産が影響していると推測される。

気仙沼湾では n-ヘキサン抽出物質濃度が高いが、この値のみで生態系や水産業への影響を議論することには注意を要し、鉍物油濃度を直接分析することが必要である。

# P37

## 福島原子力事故後太平洋北西部における サンマの体内 $^{137}\text{Cs}$ 濃度の推定

○今井和子\*\*\*・岸道郎\*・木村伸吾\*\*

\*北大水産 \*\*東大院新領域/大海研

キーワード：太平洋,  $^{137}\text{Cs}$ , サンマ, 生物濃縮

### 1. 目的と背景

2011年3月11日に太平洋三陸沖を震源とした地震が発生し、大津波により東北地方と関東地方の太平洋沿岸部に大きな被害をもたらしたことはよく知られている。東京電力(株)福島原子力発電所では、大量の放射性物質(ヨウ素・セシウム)が海へ漏洩され、食物連鎖による放射性物質の生物濃縮が懸念されている。我が国を代表する重要な水産資源であるサンマ(*Cololabis saira*)は、日本沿岸で産卵し、南北の索餌回遊を行うため、春生まれのサンマに放射性物質が蓄積される可能性が考えられる。本研究では、サンマの回遊モデルと海面における $^{137}\text{Cs}$ 濃度を用いて、サンマの体内に蓄積される $^{137}\text{Cs}$ 濃度を推定することを目的とし、人体にどのくらいの影響があるのかについて評価を行った。

### 2. 方法

日本原子力研究開発機構の小林卓也氏から3次元の粒子拡散モデルによる海面における $^{137}\text{Cs}$ 濃度の分析結果を提供していただき、それを用いてサンマの体内 $^{137}\text{Cs}$ 濃度を計算した。海面 $^{137}\text{Cs}$ 濃度は2011年3月から2年間の月ごとの濃度である( $1^\circ \times 1^\circ$ )。サンマの回遊ルートは、個体ベースモデル(Individual Based Model)による回遊モデルの結果を使用した。回遊モデルの結果は2002年3月から2年間の日ごとの緯度経度データである。サンマの位置は、サンマの位置を示す緯度経度を月平均することによって求め、緯度経度の最大・最小からサンマの移動範囲を求めた。そして、格子毎の海面 $^{137}\text{Cs}$ 濃度にサンマの位置を重ね、月ごとの位置での $^{137}\text{Cs}$ 濃度と移動範囲内の最大 $^{137}\text{Cs}$ 濃度を求めた。サンマ体内 $^{137}\text{Cs}$ 濃度は、海面 $^{137}\text{Cs}$ 濃度と濃縮係数と体内残留率の積で算出した。濃縮係数と体内残留率は、海産生物中の動的濃度予測モデルによる $^{137}\text{Cs}$ の取り込み曲線と排出曲

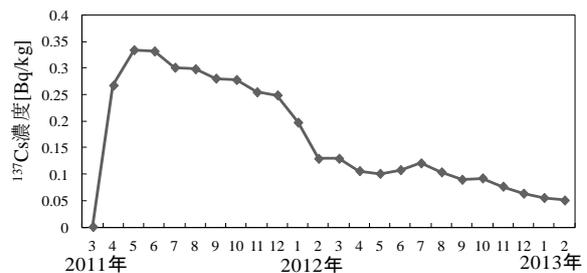
線から算出し、サンマの体内 $^{137}\text{Cs}$ 濃度を推定した。

### 3. 結果・考察

3月に福島沖から流出された $0.1[\text{Bq/L}]$ 以上の高濃度な $^{137}\text{Cs}$ は黒潮に乗って北太平洋の東へと流れた。サンマは、1年目は日本の南側に位置し、2年目から日本沿岸東部に位置していたので、 $^{137}\text{Cs}$ が高濃度な海域に生息していたことになる。図は、本州南方で産卵された2011年級の平均的な回遊経路にそって計算したサンマの体内における $^{137}\text{Cs}$ 濃度を示したものである。2011年5月の体内 $^{137}\text{Cs}$ 濃度は、 $0.33[\text{Bq/kg}]$ と最大値を示しているが、日本沿岸の $^{137}\text{Cs}$ 濃度の減少とともにサンマの体内濃度も代謝・排泄により減少していた。放射線による人体への影響を表す $\text{Sv}$ に変換すると、2011年5月の値は $4.29 \times 10^{-3}[\mu\text{Sv}]$ となり、日本で食品を通じて人が摂取する年間平均放射線量、 $0.35[\text{mSv}]$ と比較すると約10万分の1の値となる。この結果を見る限り、日本沿岸のサンマを食しても人体の健康に影響はないと推定される。

### 4. 謝辞

海面 $^{137}\text{Cs}$ 濃度の計算結果をご提供いただいた日本原子力研究開発機構の小林卓也氏、サンマの回遊モデルの作成に協力していただいた東北区水産研究所の伊藤進一氏と北海道大学環境科学院の尹錫鎮氏、照井健志氏に深く感謝申し上げます。



# P38 高次栄養段階生物に着目した東京湾の生態系動態

○坂本絢香\*・白木原國雄\*

\* 東大大海研

キーワード：東京湾・生態系モデル・Ecopath with Ecosim

## 1. はじめに

東京湾のような都市部を背景に持つ閉鎖性内湾域では、高度経済成長期の人口・産業の集中により、河川などを通して陸域からの汚濁物の流入が増加し、赤潮や貧酸素水塊の発生、漁業被害、など様々な公害問題が発生した。昭和45年に水質汚濁防止法が制定され、水質管理がなされている。それにも関わらず、東京湾において赤潮や貧酸素水塊の発生は例年報告されている。

東京湾を対象にした生態系モデルの研究例は数多くある(例えば Sohma *et al.* 2008)。しかし、これらの多くが動物プランクトンを最上位とした低次栄養段階をめぐる物質循環に関するモデルであり、魚類などの高次栄養段階も考慮に入れた生態系動態のシミュレーションは今のところ公表されていない。また、湾内の環境悪化が高次栄養段階の生物に与える影響についての定量的な評価はいまだに行われていない。

そこで本研究では、東京湾に生息する高次栄養段階生物の生物量の長期的な変動の解析を通じ、赤潮や貧酸素が高次栄養段階生物とりわけベントスに及ぼす影響を定量的に評価することを目的とする。

## 2. 方法

本研究では Ecopath with Ecosim を用い解析を行った。本モデルの東京湾への適用にあたり、清水(1993)に従い、東京湾に生息する生物を植物プランクトン、動物プランクトン、植物プランクトン食性ベントス(二枚貝類)、多毛類、その他のベントス(甲殻類)、小型浮魚類、小型底魚類、魚(あるいはエビ・カニ)食性魚類の9グループに分け、そこにデトリタスを加えた10のグループから成り立つ生態系を考えた。

### 2.1 モデルの設定と使用データ

1960年を初期とし、一か月の計算間隔で2010年までの生物量変動を求めた。Ecopathを動かすのに必要な1960年の生物量、生産量/生物量比、消費量/生物量比および各生物グループの食性に関するパラメータは各種文献を参照して与えた。

Ecosimにより各グループの動態を評価するにあたり、

漁獲量を生物量の指標とし両者間の比例係数もまた推定パラメーターとした。漁獲量は東京農林水産統計(関東農政局発行、年月別)の魚種別漁獲量(1961-2010)をそれぞれの食性に従い前述のグループ別に整理して与えた。漁獲対象種でない多毛類の生物量は東京都水生生物調査結果報告書(1993-2010)の単位面積当たり生物量を用いた。これらのデータのうち1961~1999年をパラメーターの推定に、2000~2010年を検証に用いた。また、植物プランクトン現存量、底層の溶存酸素濃度の変動は東京都・神奈川・千葉が実施されている水質調査の結果(例えば、東京都内湾赤潮調査報告書など)をもとに作成した。

### 2.2 貧酸素の影響の考慮

“赤潮”や“貧酸素水塊の発生”が生物に大きな影響を与えることは知られている(Diaz and Rosenberg, 1995)。

既往文献に基づき、各生物群において溶存酸素量と生残率との関係を定量化した。4つのシナリオ、①赤潮や貧酸素水塊の発生の原因となる植物プランクトン生物量の実測変動(P)、貧酸素が二枚貝類、多毛類、甲殻類に与える影響(H)ともに考慮しない②Hのみ考慮、③Pのみ考慮、④P、Hともに考慮の下で生物量変動のシミュレーションをおこなった。

### 2.3 モデルの検証

モデルの検証は実測値とシミュレーションから得られた計算値との不一致率(Baretta and Ruardt, 1987)で調べた。この値が一番低いものが最も再現性を持つとみなした。

## 3 結果と考察

シナリオ④によるシミュレーションのとき、不一致率の値が一番低くなった。各生物グループの長期変動は減少傾向を示したが、当海域では1980年代後半以降本研究で対象にした二枚貝類、甲殻類の生物量の減少が報告されており(Kodama *et al.* 2002)、先行研究と一致した。貧酸素水塊が移動性の弱いベントスに直接作用するだけでなく、生態系全体に影響をおよぼすことが示された。

# P39

## 北川流域における栄養塩動態：

### 土地利用形態の違いが小浜湾への栄養塩フラックスに及ぼす影響

○坪井智子\*・杉本 亮\*\*・田原大輔\*\*・富永 修\*\*

\*福井県大大学院・生物資源 \*\*福井県大・海洋生物

キーワード：栄養塩フラックス、土地利用形態、森里海連環学

#### 1. はじめに

近年、森里海連環学に代表されるように、森から海までを一体と捉えた流域圏研究が重要視されている。河川から海域への栄養塩フラックスの問題を考えた場合、流域内の土地利用形態や人為的インパクトが及ぼす影響は極めて大きいことが予想されるが、その定量的評価はほとんどなされていない。そこで本研究では、福井県の北川流域を対象とし、河川から海域に供給される栄養塩フラックスに対し、集水域環境の異なる支川群が及ぼす影響を定量的に評価することを試みた。

#### 2. 材料と方法

観測は2012年4月と7月に北川本流および12の支川において行った。各測点において多項目水質計を用いた水温、電気伝導度、pHの測定および採水を行った。また12支川の下流域では流量を実測した。採水試料は栄養塩濃度、クロロフィルa濃度およびラドン濃度測定に供した。各支川から北川本流への栄養塩フラックスは実測した流量と濃度の積として見積もった。北川流域の土地利用形態はGISを用いて算出した。

#### 3. 結果と考察

4月と7月の北川最下流域の河川流量はそれぞれ $36.0 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ 、 $21.5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ であった。この流量に対する12支川の寄与率はそれぞれ65%、47%であった。また、北川本流から小浜湾へのDINフラックスに対する12支川の寄与率は4月で65%、7月で54%で

あった。DIPでは4月で54%、7月で46%であった。しかしながら、各支川から北川本流へのDIN、DIPフラックスは、流域の物理形態や土地利用形態に応じて季節的に大きく変化していた(図1)。例えば、4月のDIPフラックスが最も大きい遠敷川では、7月になると河川流量が激減するため、フラックスは大きく低下する。この要因として、遠敷川の下流域に発達する扇状地での地下水涵養の影響が考えられる。また、鳥羽川・杉山川・中川ではDIPフラックスに明瞭な季節的な違いは認められないものの、その中身は大きく異なる。水田面積の最も大きい鳥羽川のフラックスの内訳は、4月は高流量・低濃度であるのに対し、7月は低流量・高濃度となっていた。一方、湧水河川である杉山川と中川は、流量・濃度ともに安定しており、季節的な違いが生じにくかった。

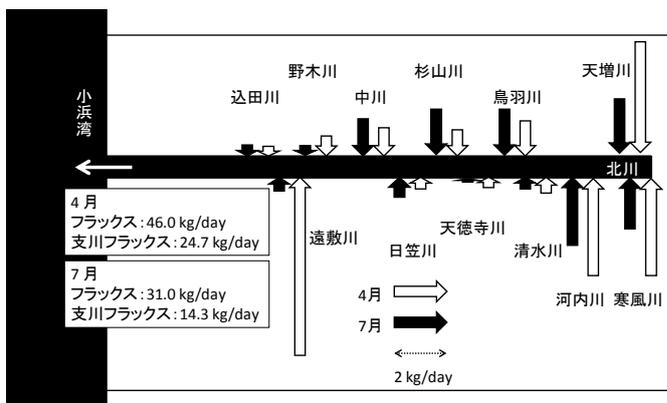


図1. 4月と7月の12支川から北川へのDIPフラックスおよび北川から小浜湾へのDIPフラックス

# 陽光丸 ME70 による 魚群三次元表記の試み

○安部幸樹\*・大下誠二\*\*・田中寛繁\*\*\*・安田十也\*\*・高橋素光\*\*  
\* 水工研 \*\*西海水研 \*\*\*北水研  
キーワード：ME70, マルチビーム魚探, 魚群形状, 三次元

## 1. 目的

西海区水産研究所所属の陽光丸にはマルチビーム計量魚探機 SIMRAD ME70(以下 ME70)が搭載されている。ME70 は、計量魚探機と同様の定量的な音響ビームを多数同時発射し、扇状の探知ビームを形成する。そのため、計量魚探機と比較して探知範囲は広く、船底直下以外の魚群を捉えることができる。また、個々のビームは計量魚探機と比較して細いため、方位分解能が高いという特徴を持つ。この ME70 の特徴を生かし、扇状ビームを送信順に重ねていくことで、捉えられた魚群を三次元的にかつ詳細に表現(図 1)することが可能となる。

本研究では、陽光丸搭載の ME70 で得られた音響データを基に、捉えられた魚群を三次元的に表示すること、また、そのプロセスにおける問題点を明らかにした上で、対処法やデータの活用法について検討することを目的とする。

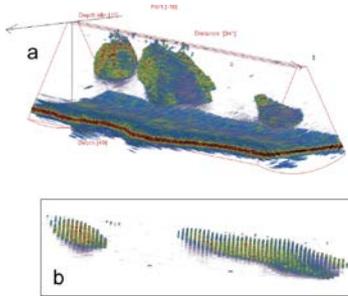


図 1. フランス IFREMER における ME70 で得られた魚群三次元表示の例。

## 2. 方法

サンプルデータは、陽光丸で実施された「トロールなどを用いた浮魚等魚群量調査」において得られたものを用いた。本調査は対馬東水道から長崎沖東シナ海までを調査エリアとしており、発生から成長途中にある小型浮魚類のモニタリング調査として位置づけられている。

使用する音響データは、ME70 と計量魚探機 SIMRAD EK60 で得た。これらふたつの音響機器は、同期送信装

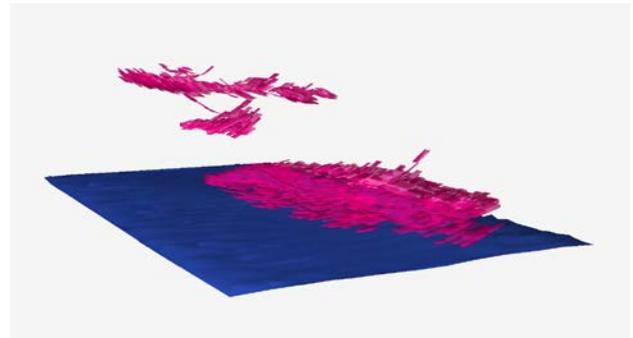


図 2. 陽光丸 ME70 で得られたデータを用いた魚群三次元表示の例。

置を用いて交互送信し、機器間同士での相互干渉が発生しない設定で用いた。機器の較正は、調査中に長崎港内で標準球を用いて行った。ME70 はタングステンカーバイド球直径 25 mm, EK60 は銅球 63 mm (18 kHz), 60 mm (38 kHz), 32.1 mm (70 kHz), 23 mm (120 kHz)を使用した。データ解析には、音響データ解析ソフトウェア Myriax echoview を用いた。

## 3. 結果

ME70 の不具合により再起動を頻繁に行ったため、データが断続的になってしまったが、いくつかの魚群に遭遇することができた。その中には船底直下ではないものも含まれ、これらは EK60 のエコーグラムでは観測されず ME70 のみで捕捉された魚群である。魚群の三次元的表示の例を図 2 に示す。

## 4. 今後の課題

魚群の三次元的表示にはある程度の目処が立ったため、今後は、魚群の形状や大きさ、魚群内部の反射強度の構成など、魚種判別につながる情報を数多く取得していく必要がある。

## 参考文献

Trenkel, V. M., Mazauric, V., and Berger, L., The new fisheries multibeam echosounder ME70: description and expected contribution to fisheries research, ICES J. Mar. Sci., **65**, 645-655, 2008.

# P41 飼育下での LED 灯によるヤリイカの行動制御

○鳴海誠\*・高山剛\*\*・桜井泰憲\*

\*北大院水 \*\*水研セ水工研

キーワード：ヤリイカ・LED 灯・飼育実験・行動制御

## 【目的】

現在、イカ釣りの漁灯にはメタルハライド灯が用いられているが、消費電力の小さい LED 灯が新たな漁灯として注目されている。LED 灯は発光波長が選択でき、調光の簡便さから、イカの行動制御への利用が検討されている。ヤリイカ *Loligo bleekeri* を漁獲対象とする一部の沿岸漁業では、漁灯を使用しており、省エネ化のために LED 灯への切り替えが期待されている。青色、緑色、白色 LED 灯の発光波長ピークはヤリイカの眼の視感度ピークに近く、赤色 LED 色の発光波長のピークはヤリイカの視感度ピークから遠い。これらことから、照射する LED 灯の発光波長によってヤリイカの行動が異なると推測されるが、本種の光波長別の対光行動については知見が少ない。

そこで本研究では、異なる光波長の LED 灯を用いて、飼育水槽内におけるヤリイカの光に対する行動観察を調べ、光波長・照射時間と対光行動の関係を明らかにすることを目的とした。

## 【方法・材料】

2012 年、5 月～6 月の間に、北海道大学水産学部の円形水槽（内径 3.8m・水深 0.9m、約 10 トン容量、加温冷却・完全閉鎖循環式）を用いて行った。LED 灯は、水槽の中央部上面に水槽半面を照射できるように配置し、側面には反射光を減少させるためトリカルネットを張った。照射する光源色には、青、緑、白、赤の 4 色の LED 灯を単色で使用し、4 色の放射照度が等しくなるよう、光源の電流量を調整した。ヤリイカ (n=10～20) を明・暗の光条件に 30 分間馴致させた後、LED 灯で水槽半面のみを照射して行動観察を行った。

照射した光の波長により行動が異なるか調べるため、ヤリイカの行動を照射後の 30 分間、動画収録した。また、照射する光の色を途中で変えた際の行動を調べるため、初めに視感度ピークに近い青色・緑色・白色 LED 灯を 15 分照射した後、視感度ピークから遠い赤色 LED 灯を 15 分照射し、ヤリイカの行動を 30 分間、動画収録した。

## 【結果・考察】

**明条件後に LED 灯を水槽半面に照射した場合：**赤色 LED 灯を水槽半面に照射した際、ヤリイカは照射直後から約 10 分間、照射部に集群した後、陰影部に移動して滞留し

た。明順応したヤリイカは、一時的に赤色 LED 照射部に集群するものの、赤色 LED 灯の発光波長ピークがヤリイカの視感度ピークから遠いため、明順応していた眼の生理反応は暗順応へと移行し、その結果として照射部から陰影部へ移動したと考えられる。また、緑色、白色 LED 灯を水槽半面に照射した場合、ヤリイカは陰影部に集群し、時間経過と共に照射部への一時的な移動が見られた。3 色の LED 灯の発光波長ピークはヤリイカの視感度ピークに近いいため、眼が明順応していても照射部に対応できなかったためと考えられる。

**暗条件後に LED 灯を水槽半面に照射した場合：**ヤリイカは各色 LED 灯とも、照射開始から陰影部に滞留するが、時間が経過すると照射部への一時的な移動が見られた。しかし、赤色 LED 灯は他の 3 色より照射部への移動する割合は少なかった。青色、緑色、白色 LED 灯は視感度ピークに近いため時間経過にしたがい、ヤリイカの眼は光への順応が進み、照射部への一時的な移動が起こったと考えられる。赤色 LED 灯は視感度ピークから遠いため、時間が経過しても赤色光への順応があまり進まず、他の 3 色に比べて、照射部への移動が少なかったと考えられる。

**照射する光の色を途中で変えた場合：**ヤリイカは明・暗条件共に青色・緑色・白色 LED 灯を照射した 15 分間は陰影部に滞留し、照射部への移動は一時的なものであった。しかし、赤色 LED 灯に切り替えると、2～3 分ほど照射部に集群した後、陰影部に移動して滞留した。これは、初めに照射した 3 色が視感度ピークに近い光のため、陰影部に滞留しながら光への順応が進み、その結果視感度ピークから遠い赤色 LED 灯照射すると照射部に集群した可能性がある。

イカ類は、色を識別する錐体細胞を持たないので、発光波長ピークの違いを光強度の違いとして感知して行動することが推定されている。本研究から、発光波長ピークの異なる LED 灯の照射、特に明条件後の赤色光の照射部への対光行動と集群性、照射する LED 灯の切り替えによるヤリイカの対光行動の変化から、LED 灯の発光波長の適切な選択によって、LED 灯によるヤリイカの群れとしての行動を制御できる可能性を見出すことができた。

