

様式-2 平成 24 年度資源動向要因分析調査課題報告書（中課題）

課題番号 5000
大課題名 資源変動要因分析調査
中課題名 マイワシ、マサバ太平洋系群
担当機関 中央水産研究所 資源管理研究センター 資源評価グループ
担当者名 川端 淳

1. 調査・研究の目的

本調査では、毎年の加入量変動が大きく、資源を適切に管理する上で早期かつ高い精度での加入量推定と中長期的な加入動向の把握が求められているマイワシ、マサバ太平洋系群を対象とする。両系群とも若齢時から漁獲対象となるため、ABC は資源評価実施年および翌年（ABC 算定年）の加入量の推定、予測精度に大きく依存することから、①資源評価実施年の加入量の推定精度をフィールド調査資料および飼育実験に基づく物理・低次生態系・母性効果・加入過程の研究を進めて向上させる。②毎年の加入量変動の要因を①の成果を受けて分析し、要因と効果を直接的かつ具体的に把握し、加入量変動機構の仮説を構築する。③中課題 10000 番で整備される海洋物理場の解析値などに①②の成果を適用して加入量の予測モデルを開発・検証し、加入量予測の高精度化を進める。これらの成果によって中長期的な加入動向を把握するとともに ABC 算定年における加入量の予測可能性を明らかにする。

今年度は、加入量変動の主体を移行域を生育場とする沖合加入群の変動ととらえ、これに関わる生物特性や環境要因についての資料の蓄積と解析を進め、各年の加入量、再生産成功率を推定して比較検討を行い、粒子追跡モデルを用いた仔魚の輸送環境の解析を実施し、変動機構において鍵となる物理過程、餌料環境、生物特性の具体化を進めることを主たる目的とした。

2. 今年度までの調査・研究成果の概要

- (1)産卵場周辺における 2003～2012 年の現場クロロフィルデータを整理し、海洋環境およびカイアシ類密度との関係を解析した結果、混合層深度に対するカイアシ類密度およびクロロフィル濃度の分布特性はよく似ているが、カイアシ類密度とクロロフィル濃度間の正の相関はそれほど強固ではないことがわかった。UHR SST による日別平均海面水温データを用いて、伊豆諸島周辺～常磐沖における沿岸水温の年々変動を調べた。主産卵期の 3～4 月において、マサバ、マイワシの再生産成功率の高かった 2004、2010 年は、犬吠埼付近での水温の南北勾配が大きい、犬吠埼～野島崎以南で高温化、犬吠埼以北では逆に低温化傾向、という特徴がみられ、水温環境が生残に直接・間接的影響を与えている可能性が推察された。衛星海面高度偏差資料などから 1993～2011 年の黒潮流軸位置を推定し、内側域面積と平均衛星海面水温の変化特性を調べた。主産卵場である春季の黒潮内側域の面積は潮岬以東で 2005 年に大きく広がったうえに、その水温も低下傾向にあると推測された。
- (2)マイワシ、マサバの初期生残に重要な黒潮域～移行域における長期継続的な餌料環境データの取得と解析を進めた。前年度までにマイワシの餌料として重要であることを示した、植食性のカイアシ類 *Paracalanus parvus* の地理的分布と季節変動に注目して解析を行った。主産卵場である春季の伊豆諸島～房総周辺海域において、*P. parvus* が黒潮内側域で強く優占するが、海域によっては黒潮による輸送の影響を受けていること、表層の高クロロフィル濃度の観測点は沿岸に起因する低塩分を特徴とすることが明らかになった。稚魚の生育期である 6～7 月の *P. parvus* の分布密度は、西部北太平洋亜寒帯域で高い値を示し、黒潮による輸送の重要性が示唆された。長期変動解析から *P. parvus* の個体数

密度の変動はマイワシ資源変動と一致したが、ゼラチン質プランクトンや微小動物プランクトンを捕食する他のカイアシ類とは一致しないことを確認した。産卵場周辺である駿河湾沖の黒潮内側域におけるカイアシ類の個体数密度は3~4月に、現存量は4月にピークがあることが明らかになり、いずれも主産卵期と同時期であった。冬季黒潮域におけるカイアシ類現存量は、各年とも黒潮内側域で高く、外側域で低くなり、とくに混合層が厚い海域では低くなる傾向が認められた。遠州灘以西における現存量の経年変動では、2000年代後半以降の水準がマイワシ資源増大期であった1970年代前半と同程度に高くなっていることが示された。

- (3) 前年度までに実験系を確立したマサバ産卵飼育実験を実施した。産卵特性について、3歳魚（経産魚）の卵の卵黄・油球体積は1歳魚（初産魚）の卵よりも大きいことが明らかとなり、経産魚の産卵は卵質が良く生残率高くなることが示唆された。卵生産に利用されるエネルギー獲得のタイミングを調べた結果、産卵開始から一週間程度は主に産卵期間前に蓄積したエネルギーを利用するが、その後次第に産卵期間中に摂取したエネルギーを利用していくことが明らかとなった。飼育下のマイワシの産卵誘導実験を行い、確実な人工授精法開発の情報を得ることができた。これにより受精卵・孵化仔魚の採取法の開発が可能となり、初期成長、生残に関わる環境要因や母性効果を直接的に明らかにするための飼育実験の実施に目処がたった。マサバの孕卵数を調べるための標本収集を行った。マイワシ増大期にあたる1977年以前の歴史的産卵調査資料の電子化を進めるとともに、データベースの検索条件を改良した。
- (4) 仔稚幼魚採集標本のふ化日推定、成長履歴解析、および加入豊度の推定ならびにそれらの比較検討を行った。マイワシについては、沖合加入群は加入豊度に関わらず3~5月の春季の限られた時期の産卵に依存していることが明らかとなった。秋季の幼魚期には加入豊度は確定し、加入量の良い指標として索餌場である千島沖亜寒帯域における各年の現存量を推定し、資源評価に適用するとともに、現存量と仮定した春季産卵親魚量との比から沖合加入群の再生産成功率の指標値を算定した。マサバについては、主産卵期の4月に新たに採集調査を実施し、前年度までほとんど得られていなかった4月ふ化の仔稚魚標本を多数採集し、分析を進めた。成長履歴と加入豊度との関係解析を進め、仔稚魚期の成長率が加入豊度の良い指標となることが確認され、今年度の資源評価の2012年級群の加入量見積もりに適用した。
- (5) 前年度にプロトタイプを作成し、開発中のマサバの加入量予測モデルの数値実験を1993年~2010年の期間に延長して実施し、モデルの出力特性を調べた。マイワシ、マサバ仔魚を想定した粒子追跡モデルにより、1993~2010年の仔魚が黒潮周辺域で経験した水温の経年変動の特性を解析した。経験水温は黒潮の流路の変動より黒潮続流周辺域の水温の経年変動の影響が強いことが示唆された。クロロフィル（衛星観測データ）からメソ動物プランクトン量（餌量）に変換する関係式を作るためのクロロフィルとメソ動物プランクトン生物量データを継続して取得し、整理した。

3. 調査・研究推進上の課題

- (1) カイアシ類密度とクロロフィル濃度間での関係解析をさらに進める必要がある。課題間での海洋観測データ解析の支援が必要である。春季の黒潮内側域の面積、水温変動について、変動メカニズムを探るとともに、マイワシ、マサバの加入変動などと比較する必要がある。
- (2) 他課題との連携を密にし、資源の初期生残や加入にとって重要な海域における観測や海洋環境データ、プランクトン標本の共有と解析を進めていくことが必要である。これまでの資源調査と連携して得られているプランクトン標本は季節や海域に偏りがあるため、

引き続き自治体試験研究機関との連携を継続することが不可欠である。

- (3) 飼育実験においては、親、仔稚魚および初期餌料の飼育・管理が中・長期間にわたることから、作業の効率化が不可欠である。
- (4) マイワシの資源評価前の加入量評価精度の向上のために、春季の稚魚期までに得ることのできる加入豊度指標を見出す必要がある。

4. 特筆すべき成果

- (1) 主産卵場である3～4月の伊豆諸島周辺海域から常磐沖における沿岸水温には、マサバ、マイワシの再生産成功率の高かった2004、2010年に犬吠埼以北が低温化したといった特徴的な傾向がみられ、水温環境が生残に直接・間接的影響を与えている可能性が推察された。
- (2) 冬季黒潮域におけるカイアシ類現存量は、2000年代後半以降、マイワシ資源増大期であった1970年代前半と同程度に高くなっていることが示された。マイワシの重要な餌であるカイアシ類 *Paracalanus parvus* の地理的分布と季節変動の解析が進んだ。
- (3) マサバの産卵飼育実験の結果、経産魚は初産魚よりも良質の卵を産むことが示された。マサバの産卵は、産卵期間中に摂取したエネルギーを次第に利用していくことが明らかとなった。マイワシの人工授精法開発の情報を得ることができ、産卵飼育実験実施の目処がたった。
- (4) マイワシ沖合加入群が春季に限られた時期の産卵に依存していることが明らかとなった。マサバ仔稚魚期の成長率は加入豊度の良い指標となることが確認され、資源評価に適用した。
- (5) 粒子追跡モデル解析により、初期成長、生残に大きく影響する仔魚の経験水温は、黒潮の流路の変動より黒潮続流周辺域の水温の経年変動の影響が強いことが示唆された。

様式-1 平成 24 年度資源動向要因分析調査課題報告書（小課題）

課題番号 5001
大課題名 資源変動要因分析調査
中課題名 マイワシ、マサバ太平洋系群
小課題名 加入量予測に関わる物理過程の解明
担当機関 中央水産研究所 海洋・生態系研究センター 資源環境グループ
担当者名 清水勇吾・黒田 寛（北水研 生産環境部 生産変動グループ）

1. 調査・研究の目的

マイワシ、マサバ（太平洋系群）はともに冬春季に日本南岸域で産卵し、ふ化後の仔稚魚は黒潮・黒潮続流に乗って黒潮-親潮移行域へ運ばれて成育場に達するが、仔稚魚の生残には、各海域での水温、流れなどの物理条件が直接的に、あるいは餌料環境などを通じて間接的に大きく影響すると考えられる。本調査では上記それぞれの海域において、水温、流れ等の観測資料を収集、整理、解析を行い、本系群の加入量・再生産成功率などと比較を行い、加入量予測に関わる物理過程を明らかにすることを目的とする。

2. 調査・研究方法

- (1) 日本南岸域で毎年 2 月に実施されている浮魚類産卵場調査から、海洋環境およびカイアシ類密度との関係に、現場クロロフィルデータを加えた解析を実施し、餌料環境を調べた。
- (2) マサバの産卵回遊の経路と想定される海域（常磐・鹿島灘沖～房総半島沖～伊豆諸島周辺）において高解像度の衛星水温資料から海面水温の年々変動特性を解析した。
- (3) マイワシ・マサバの産卵場となる春季の黒潮内側域について、人工衛星の海面高度と海面水温資料を用いて、春季（3～5 月）の面積と水温の変動を調べた。

3. 今年度までの調査・研究成果の概要

- (1) 中央水研の 2003～2012 年の日本南岸域産卵場調査における現場クロロフィルデータを整理し、海洋環境およびカイアシ類密度との関係を解析した結果、混合層深度に対するカイアシ類密度およびクロロフィル濃度の分布特性はよく似ているが、カイアシ類密度とクロロフィル濃度間の正の相関はそれほど強固ではないことがわかった。
- (2) UHR SST（全球 0.01° 格子）による日別平均海面水温データを用いて、常磐沖～房総半島沖～伊豆諸島周辺海域における沿岸水温の年々変動を調べた（図 1）。本研究ではマサバの産卵期 3～4 月における水温変動に注目した。マサバの RPS の高い 2004 年の水温分布の特徴は次のようにまとめられる。①犬吠埼付近での水温の南北勾配が大きい、②犬吠埼～野島崎以南で高温化する傾向がある、③犬吠埼以北は逆に低温化する傾向がある。②と③の特徴は、図 2 から確認できる。さらに、2010 年の水温分布の特徴は、犬吠埼以南で 2004 年よりも若干低温化する傾向があるものの、2004 年の水温分布とよく似た特徴を示す（図 2）。マサバの RPS は 2010 年でも高い傾向にあることから、主産卵場（伊豆諸島周辺）以外の水温環境についても、マサバの生残に直接・間接的影響を与えている可能性が推察される。
- (3) Ambe et al. (2004) の方法により、衛星海面高度偏差資料などから日本南岸における黒潮流軸位置を 1993 年～2011 年まで 1 週間に一度の間隔で推定し、この黒潮流路を用いて、A～I の各経度帯において内側域、強流帯、および外側域を定義し（図 3）、両魚種の産卵期と考えられる春季（3～5 月）の内側域面積（図 4）と平均衛星海面水温（図 5）の変化

特性を調べた。潮岬以西の内側域面積（A～Dの内側域面積の和）は2004年以降、減少傾向にある一方で、潮岬以東（F～Iの和）は2005年に大きく広がって以降、大きく年々変動をしている様子が見える。また、内側域の海面水温は2001年以降、どの経度帯でも低下傾向にあるように見えるが、特にG～Iの経度帯において、2007年より顕著に低下しているようである（図5）。以上をまとめると、マイワシ・マサバの産卵場である黒潮内側域の面積は潮岬以東で2005年に大きく広がったうえに、その水温も低下傾向にあると推測された。

4. 具体的なデータ

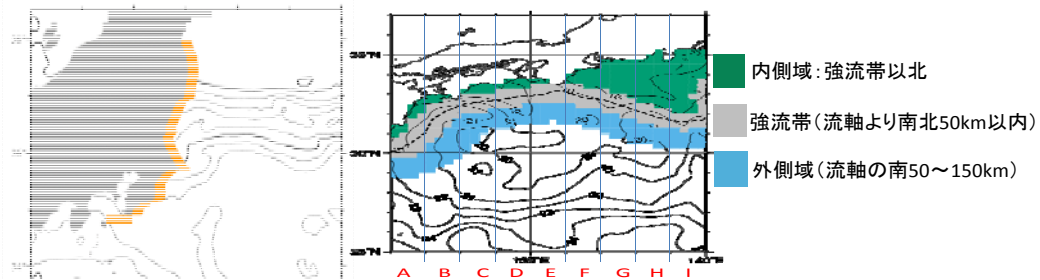


図3 Ambe et al. (2004 JO)による黒潮流軸(破線)と解析海域定義。

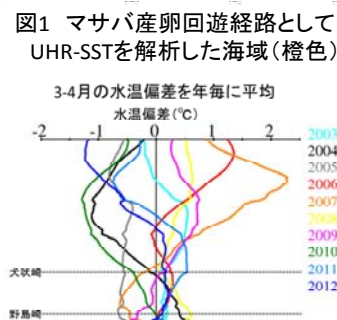


図2 マサバ産卵回遊経路(図1橙色)上の季節変動成分を除去した3-4月の水温アノマリーの分布。

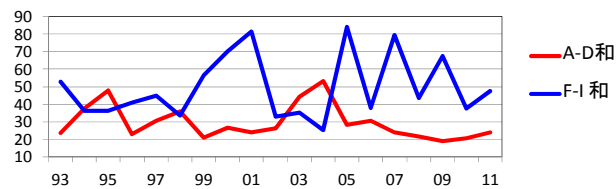


図4 各年春季(3~5月)平均の黒潮内側域面積(×10³ km²).

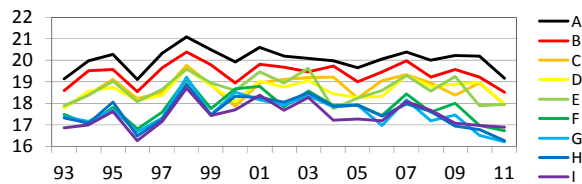


図5 各年春季(3~5月)平均の内側域水温(°C).

5. 調査・研究推進上の課題

- (1) 上記3-(1)についてはカイアシ類密度とクロロフィル濃度間での関係解析をさらに進める必要がある。また、次年度以降、5004 課題が実施した海洋観測のデータ解析を支援する必要がある。また、上記3-(3)で整理した春季の黒潮内側域の面積、水温変動について、変動メカニズムを探るとともに、マイワシ、マサバの加入などと比較する必要がある。

6. 調査・研究発表

- (1) Kuroda et al. (2012): Development of a submesoscale model of the Kuroshio south of Japan based on a scale-selective data assimilation method. ECSA 2012, Italy, Venice.
- (2) Kuroda et al. (2012): A numerical study on fishing ground formation of “shirasu” based on the Kuroshio submesoscale model, south of Japan. PICES 2012, Hiroshima, Japan.
- (3) 清水勇吾 他(2012): 黒潮域の衛星水温、流軸位置の変動特性および御前崎沖観測定線0ライン観測結果との比較. 2012年度関東・東海ブロック水産海洋連絡会, 和歌山県串本町.

ほか論文2編, 口頭発表4件, その他報告1件.

様式-1 平成 24 年度資源変動要因分析調査課題報告書（小課題）

課題番号 5002
大課題名 資源変動要因分析調査
中課題名 マイワシ、マサバ太平洋系群
小課題名 加入量予測に関わる低次生物生産過程の解明
担当機関 中央水産研究所海洋・生態系研究センター
モニタリンググループ、生態系モデルグループ、主幹研究員
東北区水産研究所資源海洋部 資源生態グループ、海洋動態グループ
担当者名 市川忠史・田所和明・日高清隆・岡崎雄二・笥 茂穂・廣田祐一

1. 調査・研究の目的

マイワシ太平洋系群は卓越年級群が出現するなど資源回復期に入りつつある可能性が指摘され、低水準が続いていたマサバも資源加入の成否に関わる時期や場所が特定されてきた。一方、生残に大きな影響を与えると推定される低次生物生産過程は、数 10 年に及ぶ解析の蓄積が進み、長期・広域スケールではその関係が徐々に明らかになりつつある。しかし、資源変動の鍵となる海域・季節と密接にリンクした情報の蓄積はまだ不十分である。本課題ではマイワシ、マサバの資源変動機構に及ぼす餌料環境をより深く把握し、その影響を明らかにするとともに、餌料環境に関する情報量を増やすことによって加入量の推定精度の向上に貢献することを目的とする。

2. 調査・研究方法

- (1) 全期間を通じ、マイワシ、マサバ資源の初期生残に重要な黒潮周辺海域、移行域の継続的な海洋モニタリング調査により餌料環境データの取得と解析を進める。また資源調査と連携しつつマイワシ、マサバの生活史初期に重要な海域・季節、あるいは再生産成功率に特徴がある年に焦点を当て、餌料環境変動に注目した生物量、プランクトン群集組成の変動などを解析する。
- (2) 全期間を通じ、水研センターおよび自治体試験研究機関で長期間に渡り保管されているホルマリン固定された標本の収集・管理と分析を継続し、資源の長期変動における低水準期と高水準期のレジームの餌料環境を比較・解析する。
- (3) 移行域における長期プランクトンデータの解析を継続する。今年度はマイワシ餌料として重要なカイアシ類 (*Paracalanus parvus*) 地理的分布と季節変動に注目して解析を行う。
- (4) マサバ主産卵場海域であり近年はマイワシ沖合加入群にとっても重要性が指摘されている伊豆諸島～房総周辺海域に注目し、サバ属卵稚仔調査と連携を取りながら低次生物生産の特徴と変動を把握する。また、近傍海域で観測を実施している各県の標本の収集と解析を進め、餌料環境の季節変動を明らかにする。

3. 今年度までの調査・研究成果の概要

- (1) 長期変動解析から餌料環境が資源に及ぼす影響を把握するため、昨年度までに東北沖における栄養塩（リン酸塩）の供給量の変動が植食性のカイアシ類 (*P. parvus*) を通じてマイワシ仔稚魚の餌料環境に影響した可能性を指摘した。また、マイワシ餌料として重要な *P. parvus* の個体数密度の変動はマイワシ資源変動と一致したが、ゼラチン質プランクトンや微小動物プランクトンを捕食する他のカイアシ類とは一致しないことを確認した。
- (2) 昨年度までに、冬季産卵調査において採集された黒潮域のカイアシ類現存量の水平分布に

ついて約 10 年分のデータを解析し、各年とも黒潮内側域で高く、外側域で低くなり、特に混合層が厚い海域では現存量が低くなる傾向が認められた。

- (3) 1960 年代から継続されている冬春季産卵調査において黒潮周辺海域で採集された標本を卓上式 VPR (B-VPR) で分析した。昨年度までに解析が終了した遠州灘沖以西の海域における 2 月のカイアシ類現存量の経年変動から、2000 年代後半以降のカイアシ類現存量は、マイワシ資源増大期であった 1970 年代前半と同水準にあることが示された。
- (4) マイワシ餌料として重要なカイアシ類 (*P. parvus*) の地理的分布を中心に解析を進めた。その結果、マイワシ北上期である 6~7 月の分布は西部北太平洋亜寒帯域で高い値を示し (図 1)、黒潮による輸送の重要性が示唆された。一方、沿岸域 (仙台湾) ではマイワシ南下期にあたる秋~冬に高い値を示した。
- (5) 伊豆諸島~房総周辺海域において、低次生物生産に関する情報が少ない春季プランクトン生産の特徴を把握するための解析を開始した。その結果、表層の高クロロフィル濃度の観測点は沿岸に起因する低塩分を特徴とすること、マイワシ餌料として重要なカイアシ類 (*P. parvus*) が黒潮内側域で強く優占するが、海域によっては黒潮による輸送の影響を受けていることが明らかになった。
- (6) B-VPR による分析を継続し石廊崎から房総半島沖までの解析を終了した。平行して静岡県が沿岸定線で採集した 2000 年以降の標本の解析を進め、駿河湾沖の黒潮内側域のカイアシ類の個体数密度は 3~4 月、現存量は 4 月にピークがあることが明らかになった (図 2)。

4. 具体的なデータ

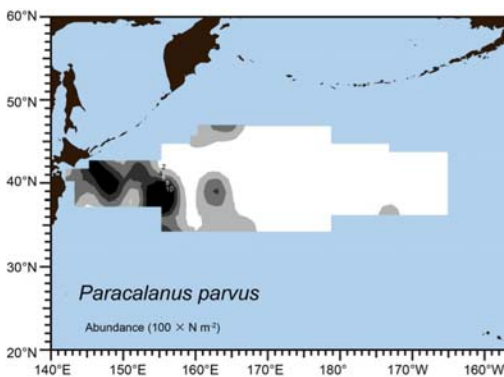


図 1 マイワシ餌料として重要なカイアシ類 (*P. parvus*) の地理的分布 (6~7 月)。分布が西側に偏っている。

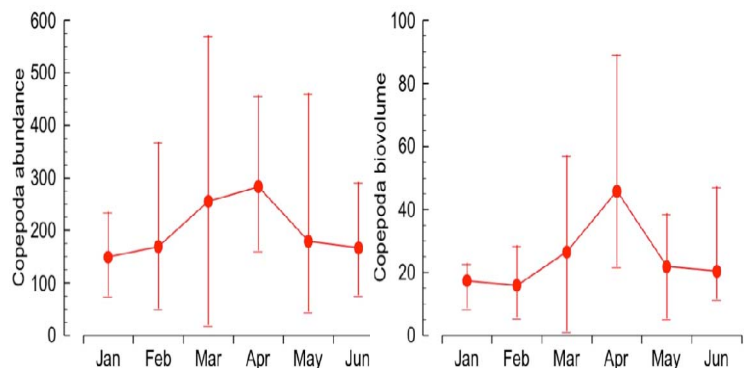


図 2 駿河湾沖の黒潮内側域におけるカイアシ類の個体数密度 (左) と現存量体積 (右) の 10 年間の月別平均値。個体数は 3~4 月、現存量は 4 月にそれぞれピークとなる。

5. 調査・研究推進上の課題

- (1) 他課題との連携を密にし、資源の初期生残や加入にとって重要な海域における観測や海洋環境データ、プランクトン標本の共有と解析を進めていくことが必要である。
- (2) これまでのマイワシ、マサバ調査と連携して得られているプランクトン標本は季節や海域に偏りがあるため、引き続き自治体試験研究機関との連携を継続することが不可欠である。

6. 調査・研究発表

- (1) 御前崎沖定線における黒潮域低次生産調査 (4 月、3 月)
- (2) 市川忠史ほか (2013): 卓上型 VPR による動物プランクトン標本の大量解析. 日本プランクトン学会春季シンポジウム.
- (3) Hidaka, K. et al. (2013): Distribution of calanoid copepods of the genus *Paracalanus* around the Izu Ridge, south of Japan, and extent of 'island mass effect' in the region. PICES Annual Meeting. 他

様式-1 平成 24 年度資源変動要因分析調査課題報告書（小課題）

課題番号 5003
大課題名 資源変動要因分析調査
中課題名 マイワシ、マサバ太平洋系群
小課題名 仔稚魚の生残に関わる母性効果および生育環境の解明
担当機関 中央水産研究所資源管理研究センター・北海道区水産研究所資源管理部・九州大学大学院農学研究院資源生物科学部門海洋生物学研究室
担当者名 高須賀明典・川端淳・渡邊千夏子・高橋正知（中央水産研究所）・田中寛繁（北海道区水産研究所）・松山倫也（九州大学）

1. 調査・研究の目的

マイワシ・マサバの親魚群の年齢構成や肥満度等は資源水準に伴って劇的に変化する。親魚群の繁殖能力が初期生残に及ぼす影響（母性効果）は加入量変動評価・予測に不可欠な要素であるが、我が国周辺海域のマイワシやマサバにおける情報はほとんどない。本小課題では、飼育実験によって初期生残に及ぼす母性効果の有無を検証した上で、複数の環境条件下において仔稚魚を飼育し、生育環境が初期成長・生残に及ぼす影響を明らかにする。同時に、飼育実験と連携しつつ、野外調査に基づく産卵・初期生態特性と産卵・生育場環境の関係を調べることで、加入量変動機構の解明に資する。今年度は、マイワシの産卵誘導法を確立する。また、前年度に孵化したマサバ飼育魚の産卵誘導を行い、初回産卵魚による卵サイズ等を調べるとともに、マサバの卵生産に利用されるエネルギー獲得のタイミングを把握する。さらに、マサバの産卵生態の長期変動を調べると共に親魚特性等の資源変動との関係を検討するための標本蓄積をする。また、歴史的産卵調査資料の電子化を進めつつ、産卵場変遷を表現する卵稚仔データベースを改良する。

2. 調査・研究方法

- (1) マイワシ・マサバは水槽内では自然産卵しないため、ホルモン等を利用した産卵誘導法を確立する。また、仔稚魚の初期餌料系列の開発により飼育実験系の基盤技術を整備する。今年度は、マイワシの産卵誘導法の確立を行った。
- (2) 餌の量・質を調整した複数の処理区を設け、親魚群の産卵開始前後の摂取エネルギー量や肥満度が産卵特性に及ぼす影響を調べる。また、産卵特性を年齢や産卵経験で比較する。今年度は、前年度に飼育下で孵化したマサバ1歳親魚の産卵特性を調べた。
- (3) 各環境調整処理区の親魚群から得られた受精卵を複数の一定水温区へ収容し、無給餌下における卵～孵化仔魚の生残率を調べる。同様に、得られた受精卵を複数の環境条件（水温・餌）下で飼育し、仔稚魚期の成長・生残に及ぼす生息環境の影響を明らかにする。
- (4) 飼育実験結果に基づき、野外調査の長期蓄積データを用いて産卵親魚・仔稚魚の生態特性や産卵・生育環境の変化と加入量変動の関係を明らかにする。今年度は、マサバの孕卵数を調べるための標本収集を行った。また、過去のマイワシ復活期に相当する1977年以前の歴史的産卵調査資料の電子化を進めると共に、産卵場変遷を表現する卵稚仔データベースのデータ検索条件を改良した。

3. 今年度までの調査・研究成果の概要

- (1) 飼育実験成果-1：九大水産実験所で1年間飼育したマイワシ満2歳魚（平均体長202mm、平均体重127g）を用いて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。選別した適正親魚（雌：卵径 0.6mm以上をもつ 5 尾、雄：排精している 15 尾）に合成生殖腺刺激ホルモン放出ホルモン（GnRH α ）を注射投与することにより、GnRH α 投与翌日からの 5 日間で計 4 回の産卵が観察された。また、選別した適正雌親魚 20 尾に GnRH α を投与し、水温 15°Cにおける成熟・排卵のタイムコースを調べた。その結果、GnRH α 投与後 18～24 時間で核移動期卵が観察され、30 時間後では一部の個体が排卵していた（図 1）。以上より、確実なマイワシ人工授精法開発の情報が得られた。

- (2) 飼育実験成果-2: 受精卵の安定同位体比分析によりマサバ 1 歳魚の卵生産に利用されるエネルギー獲得のタイミングを調べた。炭素・窒素安定同位体比の値が異なる 2 種類の餌を準備し、それぞれ産卵前と、産卵誘導後（GnRH α 投与後）に与えた。生み出された受精卵の安定同位体比の経日変化から、マサバは産卵開始から一週間程度は主に産卵期間前に蓄積したエネルギーを利用するが、その後次第に産卵期間中に摂取したエネルギーを利用していくことが明らかとなった。
- (3) 飼育実験成果-3: マサバの産卵特性について、これまでの産卵誘導実験の結果と比較したところ、同水温でも 3 歳魚が生み出す卵黄・油球体積は 1 歳魚よりも大型であることが明らかとなった。
- (4) 発掘した調査綴・卵稚仔定量票の対照を行い、整備・電子化を進めた。卵稚仔データベースではこれまで一部データの欠落によって利用できなかった情報も標準値の代入により産卵量計算に生かすようにした。

4. 具体的なデータ

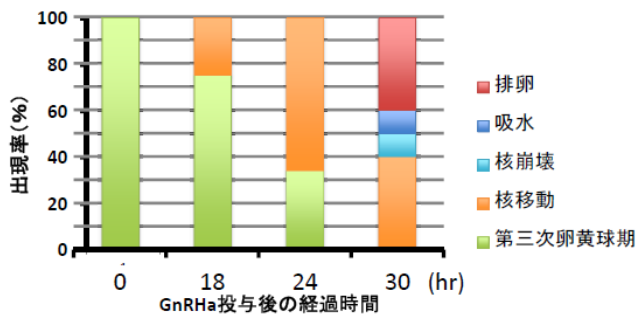


図 1. マイワシの成熟・排卵のタイムコース

5. 調査・研究推進上の課題

- (1) 本課題では親、仔稚魚および初期餌料の飼育・管理が中・長期間にわたることから、作業の効率化が不可欠である。

6. 調査・研究発表

- (1) 五十嵐修吾・北野載・入路光雄・米田道夫・清水昭男・松山倫也（2012）飼育下におけるマイワシの産卵誘導. 水産海洋学会創立 50 周年記念大会講演要旨集. p. 130 [ポスター発表]
- (2) 高須賀明典（2012）卵数法. 島一雄他（編）最新水産ハンドブック. 講談社, 東京都, p. 128-129 [著書分担執筆]

様式-1 平成 24 年度資源動向要因分析調査課題報告書（小課題）

課題番号 5004
大課題名 資源変動要因分析調査
中課題名 マイワシ、マサバ太平洋系群
小課題名 加入過程の解明
担当機関 中央水産研究所資源管理研究センター資源評価グループ
担当者名 川端 淳・高橋正知・須原三加・渡邊千夏子・久保田 洋・本田 聡

1. 調査・研究の目的

マイワシ、マサバ太平洋系群について、移行域以北を経て加入する群（沖合加入群）の変動を資源変動の主体ととらえ、年々の加入量の早期の推定と精度の向上、さらには加入量の予測や中長期的な加入動向の把握を目標として、フィールド調査による採集標本の成長履歴解析や観測資料等の解析によって加入量を決定する発生時期、発育段階や海域を明らかにし、仔稚魚の生残に影響を与える捕食者や競合者の影響を評価し、加入量推定精度を向上させる。これらの結果を他課題と連携させて分析し、加入過程を明らかにする。

2. 調査・研究方法

- (1) 産卵場～生育場および索餌場（加入後）における仔稚魚採集標本の耳石解析によって日齢、ふ化日、成長履歴を推定する。今年度はフィールド調査によるデータ、標本の収集とそれらの解析を継続して資料を蓄積した。前年度と同様の調査に加え、主要な産卵時期・海域である 4 月の関東近海における採集調査を実施した。マサバ幼魚標本については、前年度までに開発した手法によって初期成長率の解析を進めた。
- (2) フィールド調査資料および漁業情報などを解析して加入量を推定する。漁獲加入前の加入量推定を可能とする指標値等を探索、導入する。産卵・ふ化時期別の親魚量、加入量、再生産成功率（RPS）を推定し、加入豊度の指標として他課題結果との比較検討、とくに 5005 課題のモデルの検証に資する。今年度は、マイワシ沖合加入群の加入量指標として夏秋季索餌場における現存量を 10010 課題で構築された海洋データ解析支援システムも用いて推定した。さらに沖合加入群のふ化日組成から、対応する産卵親魚量を仮定して RPS を算定した。
- (3) 調査資料や漁業情報を解析して仔稚魚と捕食者や競合者の分布状況を整理して遭遇率などを分析し、被食等の影響を評価する。この評価結果ならびに(1)(2)の結果を他課題と連携させ、RPS、母性効果、経験環境、成長等の関係を分析し、加入過程を記述する。今年度は、ここまで得られた知見、資料を整理、検討した。

3. 今年度までの調査・研究成果の概要

- (1) マイワシ：沖合加入群の春季移行域（稚魚期）および秋季亜寒帯域（幼魚期）の採集標本のふ化日、成長履歴の推定を進め、資料を蓄積するとともに、過去資料も合わせた整理、検討を進めた。沖合加入群は、2006～2012 年において、ふ化日が 3 月後半～5 月前半の春季だけであり、（近年の資源水準では）加入豊度に関わらず限られた時期の産卵に依存していた。
- (2) マイワシ：これまでの検討の結果から、秋季の幼魚期には加入豊度は確定し、索餌場である千島沖亜寒帯域の分布密度、現存量は加入量の良い指標であると考えられた。この海域における音響資源調査結果と 10010 課題で構築された海洋データ解析支援システム

による分布水温帯面積から各年の現存量を推定し（図 1）、資源評価のコホート解析のチューニング指数に適用するとともに、本年度推定値から 2012 年級群の豊度を評価し、資源の動向を判断した。また、沖合加入群に寄与する親魚量を 5003 課題でデータ整備された産卵量月頻度から仮定し、千島沖幼魚現存量との比から沖合加入群の再生産成功率（RPS）の指標値を算定した（図 1）。

- (3) マサバ：前年度までに開発した耳石縦断面観察による日齢推定手法、ならびに稚魚期から幼魚（若魚）期への変態時の体長および耳石構造の変化の対応に基づく仔稚魚期の成長率推定手法を用いて、加入群のふ化日、初期成長履歴の資料の蓄積を進めた。前年度までの検討結果から、加入豊度は主産卵期の 4 月ふ化個体の仔稚魚期の生残率に大きく依存すると考えられ、仔稚魚標本の分析は重要である。前年度までは仔稚魚期の標本がほとんど得られていなかったことから、今年度は新たに 4 月の伊豆諸島周辺～房総海域におけるネット採集調査を実施し、多数の標本を得てそれらの成長解析を進めた。
- (4) マサバ：成長履歴と加入豊度との関係の解析を進めた。仔稚魚期の平均成長率が高いと豊度が高い有意な相関関係があり、加入豊度の良い指標となることが確認されたことから、今年度の資源評価における 2012 年級群の加入量の見積もりに適用した（図 2）。

4. 具体的なデータ

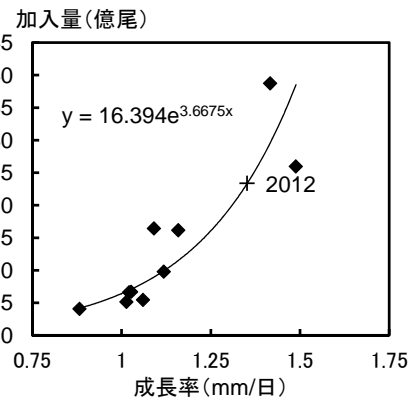
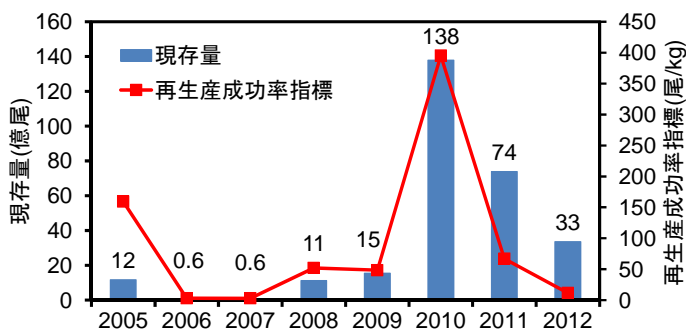


図 1. マイワシ千島沖亜寒帯域における 0 歳魚現存量と沖合加入群の再生産成功率指標（[千島沖 0 歳魚現存量] / [産卵量月頻度から求めた 3～5 月産卵親魚量]）

図 2. マサバ 2002～2011 年の 4 月ふ化個体の仔稚魚期の平均成長率と加入量の関係（◆）、2012 年級群の平均成長率（+）

5. 調査・研究推進上の課題

- (1) マイワシ：沖合加入群の仔稚魚期は数ヶ月に及び、加入豊度は春季の稚魚期の段階では完全には確定していないと考えられる。このため、春季の仔稚魚調査による分布密度など量的指標に基づく豊度評価は誤差が大きい。しかしながら資源評価前の豊度評価の精度向上のためには、この時期に得ることのできる加入豊度の指標を見出す必要がある。加入豊度と成長率の関係が見られており、これを鍵に検討を進めていく。
- (2) マサバ：4 月の仔稚魚採集調査で得られた海洋観測データ、プランクトン標本ならびに仔稚魚胃内容物の分析を 5001、5002 課題等と連携して実施し、生息環境の検討を進めていく。

6. 調査・研究発表

- (1) 川端淳・渡邊千夏子・由上龍爾（2012）マサバ太平洋系群・対馬暖流系群の資源の長期変動と近年の動態. 水産海洋研究, 225-227.
 （他、口頭発表 12 件）

様式-1 平成 24 年度資源変動要因分析調査課題報告書（小課題）

課題番号 5005
大課題名 資源変動要因分析調査
中課題名 マイワシ、マサバ太平洋系群
小課題名 加入量予測モデルの構築
担当機関 東北区水産研究所資源海洋部海洋動態グループ
東北区水産研究所資源海洋部生態系動態グループ
中央水産研究所海洋・生態系研究センター 放射能調査グループ
担当者名 奥西 武
齊藤宏明・佐々木裕愛
安倍大介

1. 調査・研究の目的

マイワシ、マサバ太平洋系群等の小型浮魚の加入量は、年変動が大きく、資源を適切に管理する上で早期かつ高い精度で加入量推定が求められている。加入量は仔稚魚期の成長に依存していることが指摘されている。この成長は経験する水温、餌料環境等に関係し、このような環境条件の変化が加入量変動をもたらしていると考えられる。本課題では、現場観測および飼育実験の成果から得られた加入機構の仮説を反映したマイワシ、マサバ加入量予測モデルを開発し、加入量の予測可能性を調査する。本年度は、粒子追跡モデルを用いて、マイワシおよびマサバの卵および仔魚の輸送環境の解析を中心に実施する。

2. 調査・研究方法

- (1) 高解像度海面流速データを利用した粒子追跡モデルを用いて、マイワシおよびマサバの仔魚期の輸送環境変動の特徴を明らかにする。また、推察されたマイワシおよびマサバの仔魚期の輸送環境と加入量との関係について解析を行う。本年度は、マイワシおよびマサバの仔魚を想定した粒子追跡モデルにより、1993～2010年の仔魚が黒潮周辺域で経験した水温の経年変動の特性を解析した。
- (2) 人工衛星リモートセンシングで得られるクロロフィルデータおよび水温データから、魚類餌料環境を推定するアルゴリズムを開発する。本年度は、クロロフィルから微小動物プランクトンおよびメソ動物プランクトン量に変換する関係式を作るための、クロロフィル、メソ動物プランクトン生物量等のデータを継続して取得した。また、動物プランクトン生物量の過去データと環境データの整理を行った。
- (3) マイワシおよびマサバの仔稚魚期の成長、生残等を表現する数理モデルを構築により、加入量を推定するモデルを開発する。マイワシの加入量予測モデルは、既存のマイワシ成長・回遊モデル (Okunishi et al., 2012) の改良により開発する。マサバの加入量予測モデルは、既往知見を基にして開発に取り組む。また、モデルで必要となる餌料環境は、(2)で開発するアルゴリズムを利用する。本年度は、開発中のマサバの加入量予測モデルの数値実験を1993年～2010年の期間に延長し、モデルの出力特性を調べた。
- (4) 海洋環境の長期再解析値を外力として、加入量予測モデルを駆動し、加入量の予測可能性を調べる（平成26年度以降に実施予定）。

3. 今年度までの調査・研究成果の概要

- (1) 海面高度計と漂流ブイのデータから推定した1993～2010年の期間の海面流速データを

用いて、粒子追跡実験を実施し、マイワシおよびマサバの仔魚期の経験水温の経年変動特性を解析した。マイワシ仔魚、マサバ仔魚を想定した仮想粒子は黒潮より外側域に輸送される割合が少なく、結果的にこれらの経験する水温は、流軸近傍ほど高水温を経験する傾向が見られた(図1)。しかし、経験水温の変動は、黒潮統流域の水温変動に大きく依存しており(図2)、仔魚の経験水温は黒潮の流路の変動より黒潮統流周辺域の水温の経年変動の影響が強いことが示唆された。

- (2)クロロフィルからメソ動物プランクトン量に変換する関係式を作るための、クロロフィルとメソ動物プランクトン生物量データを整理した。
- (3)開発中のマサバ加入量予測モデルを用い、1993~2010年級の4月生まれの25日齢まで仔魚の分布と成長履歴の計算を行った。平均成長速度と資源評価で示されている再生産成功率の年変動と2002年以降は正の相関性を示すが、それ以前は変動傾向に大きな相違が見られた。

4. 具体的なデータ

図1. 黒潮・黒潮統流の流軸位置とイワシ仔魚を想定した粒子の経験水温との関係。黒潮・黒潮統流の流軸は海面流速と海面高度データを用いて推定した。産卵域から粒子を放出し30日間の輸送実験(4月~5月)を行い、3日間隔の経験した海表面水温と流軸位置の平均値の関係を示している。産卵域は関東近海に設定した。X軸の正は外側域、負は内側域を示す。

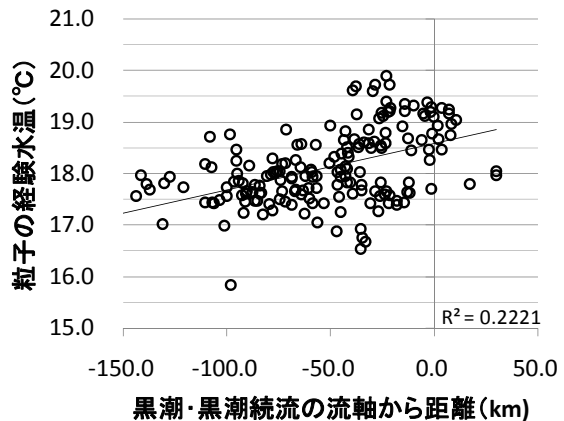
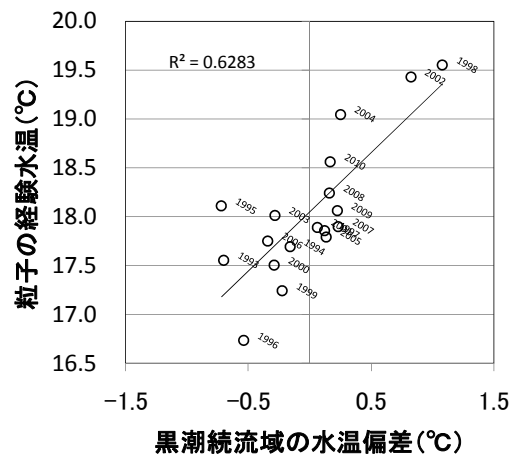


図2. 黒潮統流域の水温偏差とマイワシ仔魚を想定した粒子の経験水温との関係。推定した黒潮統流の流軸から幅100kmの範囲、経度方向で東経140-150度の範囲の4-5月の平均水温の偏差と、産卵域から放出した粒子の30日間平均水温の関係を示している。図中の数字はデータの各年を示している。



5. 調査・研究推進上の課題

特になし。

6. 調査・研究発表

- (1)奥西 武 (2012) 浮魚の成長モデルによる資源変動機構の理解へのアプローチ, 水産海洋学会創立50周年記念大会講演要旨集, p38 ~ 39.
- (2)その他、学会発表(口頭4件、ポスター1件)