様式-2　平成 26 年度資源変動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

マイワシ、マサバ太平洋系群は、毎年の加入量の変動が大きく、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。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）の加入量の推定精度、予測精度に大きく依存する。これらのことから、本調査では、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海洋物理場の解析値を整備し、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、昨年度に引き続き、加入量変動の主体である沖合加入群の変動に関わる生物特性や環境要因について資料の蓄積と解析を行い、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、ならびに予測モデルの改良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) 黒潮続流南方域の冬季海面水温偏差は約 10 年規模に変動し、それは、混合層熱収支解析の結果、冬季混合層深度の発達に伴うエントレインメント過程によることがわかった。

1982～2012 年の春季黒潮域水温の変化特性を調べた結果、産卵場周辺の平均 SST とマサバ（サバ属）産卵量、マイワシ産卵量および加入量に有意な相関がみられた。

マサバ稚魚の日齢と採集地点の各層水温、塩分、流速を解析した結果、マサバは伊豆諸島海域で発生後、成長が進むと黒潮内側域から黒潮強流帯に移動し、その中でも成長の良いものが黒潮の本流に乗っていく性質があると推測された。

(2) 亜寒帯域・混合域における長期間のプランクトン試料について種レベルの解析を行い、餌料として重要なカイアシ類の中でも種ごとに変動パターンが異なることを明らかにした。

4 月の産卵場～生育場において細かい空間解像度で採集された試料を分析し、仔魚が輸送される房総沖の低温･低塩分水でプランクトン生物量が特に多いこと等を明らかにした。

4 月房総沖で採集されたサバ属仔魚の食性を調べた結果、カラヌス目カイアシ類が 8～9 割を占め、他の分類群の寄与は少ないことがわかった。

(3) マイワシの産卵誘導法が確立された。適性親魚の選別、GnRHa（生殖腺刺激ホルモン放出ホルモン）投与により、取り扱いが容易な 1 トン水槽でも確実に受精卵を得て、ふ化仔魚を育成することが可能となった。

仔魚～若魚（幼魚）の飼育餌料系列が開発された。産卵誘導で得た受精卵をふ化させ、若魚（145 日齢）までの飼育に成功し、成長式を得た。既報の天然海域での例に比べて、高水温・高餌条件のため、高成長であった（不正常な成長とはならなかった）。

(4) 成長、生残に関する解析が進んだ。マイワシは、稚魚期の相対成長率の平均値と再生産

成功率の指標値に有意な相関が示され（2005～2012 年：r=0.90）、加入豊度の指標となると考えられた。マサバは、ふ化後 2 週間程度の仔魚期において個体間で成長に大きな差が生じ、それによって高い選別、淘汰が起きて加入豊度が決定していることが窺われた。

長期的な産卵特性把握のため、歴史的産卵調査資料の整備・電子化を進めた。卵仔稚資料と結合する海洋情報の充実化、水塊判別を行い、海域間比較可能なデータセットとした。

(5) 加入量予測モデルの改良が進んだ。人工衛星データによる基礎生産量から動物プランクトン生物量を推定するアルゴリズムを作成し、推定結果を餌環境としてマイワシ加入量予測モデルを駆動した。高・低加入年の予測確率は 62%であった。

このアルゴリズムによる推定結果を用いた解析により、黒潮続流の餌料関係の年変動がマイワシの再生産成功率に対応していることが示唆された。

マサバの加入量予測モデルで用いる成長関数について、水温依存による成長差が大きい仔魚期で飼育実験の結果を基に再構築した。高・低加入年の予測確率は 64%であった。

３．調査・研究推進上の課題

(1) 産卵場である春季黒潮域の水温特性について、近年におけるレジーム・シフト的な信号の有無や、資源水準の高低に場合分けをしながら水温変化との対応を見ていく必要がある。

(2) 餌料環境解析の対象とする海域や時期・生物群について他課題との連携を密にするとともに、副次的な分析として（加入後の）索餌場の餌料プランクトン試料の分析に取り組む。

(3) 飼育産卵実験において、親魚の確保において海況や手配業者等の不確定要素が介在する。また、1 トン水槽では、天然海域で想定されている複数回産卵は誘導できない。飼育下における産卵生態の再現には、より大型の水槽を用いる必要がある。

(4) マサバ仔魚標本のサンプリングバイアスについて検討が必要である。

４．特筆すべき成果

(1) 中長期的な資源変動に関係すると考えられる、黒潮続流南方域の冬季海面水温変動について理解が進み、約 10 年規模の変動とその要因が示された。

(2) 個体間で成長差が大きくなって選別が起き、加入豊度が決定するステージと想定されるマサバ仔魚期の餌料が、カラヌス目カイアシ類に大きく依存していることが示唆された。

(3) マイワシの飼育下での産卵誘導、受精卵の確保、ふ化仔魚～若魚の飼育が可能となり、飼育下で孵化後 145 日の若魚までの育成に初めて成功した。今後、卵仔稚魚の成長、生残と環境条件との関係や母性効果に関する実験の展開が可能となる。

(4) マサバはふ化後のごく短い期間の成長率に依存した加入過程が窺われた。これは、加入豊度決定において産卵場所や卵質など母性効果の影響も大きいことを窺わせる。

(5) 人工衛星データによる基礎生産量から動物プランクトン生物量を推定するアルゴリズムが作成され、加入過程で餌料環境の影響が大きいと考えられるマイワシの加入量予測モデルの改良が進んだ。

様式-1　平成 26 年度資源変動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
　　北海道区水産研究所 生産環境部 生産変動グループ
　　東北大学大学院理学研究科
担当者名　　清水勇吾・黒田　寛・日下　彰・花輪公雄・須賀利雄・木津昭一・杉本周作

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および年々～数 10 年のタイムスケールにおいて、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) マイワシ・マサバの産卵場周辺の物理環境の変化特性を明らかにするため、人工衛星の表面水温（SST）の客観内挿値と海上保安庁発行「海洋速報」黒潮流軸情報を用いて 1982 年～2012 年の各年春季の黒潮域の水温の変化特性を調べた上、5004 課題から配布されたマイワシ・マサバ太平洋群の各年産卵量、加入量と比較し、相関を調べた。

(2) マサバ仔・稚魚の成育環境を推定するために、5004 課題で行った 2012 年 4-5 月の北鳳丸による伊豆諸島～房総沖マサバ稚魚サンプルと海洋観測資料を比較した。

(3) マイワシ・マサバ太平洋系群の存在海域に位置する黒潮続流南方域の理解を得るために、過去 30 年にわたる海洋観測資料の整理・解析を実施することで、マイワシ・マサバ太平洋系群の資源・加入料変動と密接に関連する海面・海洋表層水温の中長期変動を調べた。

３．今年度までの調査・研究成果の概要

(1) 高知沖（132.5°E～134.5°E）での産卵期（2～4 月）と伊豆諸島周辺域（138.5°E～140.5°E）での産卵期（4～6 月）の黒潮内側域の平均 SST と、太平洋系群のマサバ（サバ属）、マイワシの推定産卵量・加入量の対数とそれぞれ比較した（図 1-1、表 1-1）。その結果、各海域の水温とサバ属産卵量対数とは弱い正相関、マサバ加入量対数とは弱い負相関がみられたほか、マイワシ産卵量・加入量の対数とも $P<0.05$ で有意な負の相関がみられた。

(2) 北鳳丸 2012 年 4-5 月の MOHT ネットで採集されたマサバ稚魚のうち、DNA 解析による種判別および耳石から日齢を読み取ることができた 99 個体について、採集地点での CTD 観測による 10、50、100、150m 各深度の水温、塩分および ADCP 観測による 14、34、54m 深の流速とマサバ体長、日齢との間の相関を調べた（表 2-1）。その結果、体長と日齢は 100、150m 深の水温・塩分と有意な正相関の関係を持つ一方で、日齢と流速の間には有意な相関が見られなかった。本観測域では、水温、塩分（表層を除く）の高いところは黒潮前線より沖合側の海域に該当し、流れの速いところは黒潮の本流に該当する。したがって、伊豆諸島で発生したマサバは、日齢を重ねて成長が進むと黒潮内側域から黒

潮強流帯に移動し、その中でも成長の良いものが黒潮の本流に乗っていく性質があると推測された。

(3) 1980 年以降の海洋観測資料（XBT、Argo フロート等）を収集し、黒潮続流南方域の冬季海面水温変動およびその要因を調べた。その結果、冬季海面水温は、約 10 年規模に変動することがわかった（図 3-1）。そこで、この変動機構に迫るために、混合層熱収支解析を実施した。その結果、黒潮続流南方域での冬季海面水温偏差 10 年規模変動は、冬季混合層深度の発達に伴うエントレインメント過程により形成されることがわかった。今後、水温形成要因とした冬季混合層深度変動機構を解明する必要がある。

4．具体的なデータ

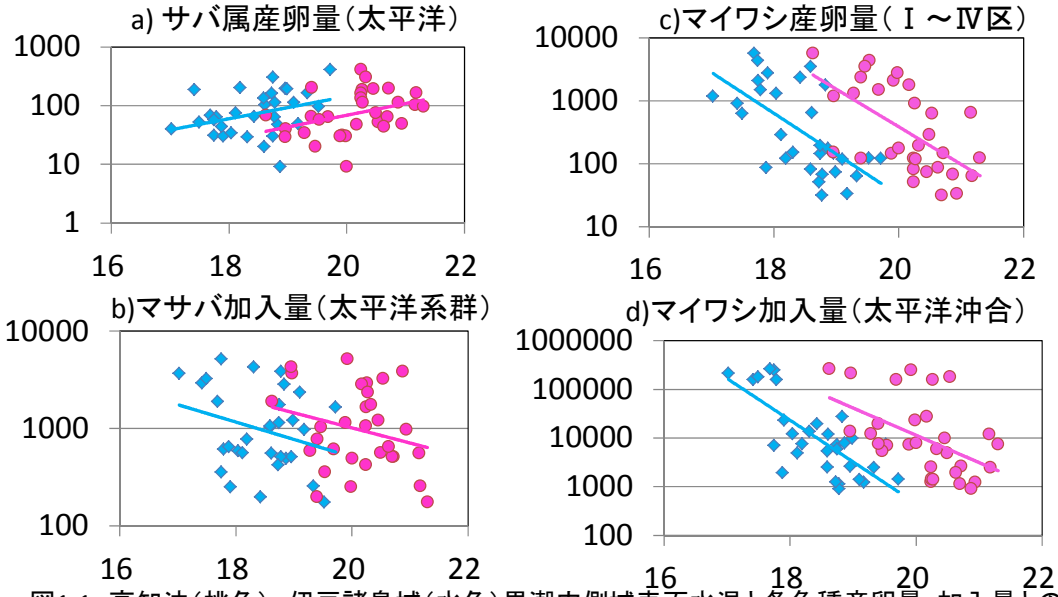

図1-1 高知沖（桃色）、伊豆諸島域（水色）黒潮内側域表面水温と各魚種産卵量・加入量との相関.

表1-1 各海域各期間平均黒潮内側域表面水温（SST)と各魚種産卵量・加入量との相関係数.
陰影はP<0.05で有意.

	高知沖2-4月平均SST	伊豆諸島周辺域4-6月平均SST
サバ属産卵量対数との関係	0.34	0.37
マサバ加入量対数との関係	−0.28	−0.25
マイワシ産卵量対数との関係	−0.62	−0.60
マイワシ加入量対数との関係	−0.73	−0.50

表2-1. 北鳳丸2012年4-5月航海で採集されたマサバ稚魚99個体の体長、日齢と採集地点での各深度水温、塩分、流速との相関係数、統計的有意性（◎:p<0.01,○:0.01≦p＜0.05, ×:p≧0.05）.

	水温				塩分				ADCP流速		
	10m	50m	100m	150m	10m	50m	100m	150m	14m	34m	54m
体長との相関係数	0.42	0.47	0.49	0.49	−0.34	0.44	0.51	0.51	0.23	0.20	0.17
有意性	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	○	×
日齢との相関係数	0.11	0.21	0.27	0.28	−0.32	0.21	0.31	0.30	−0.02	−0.04	−0.08
有意性	×	○	◎	◎	◎	○	◎	◎	×	×	×

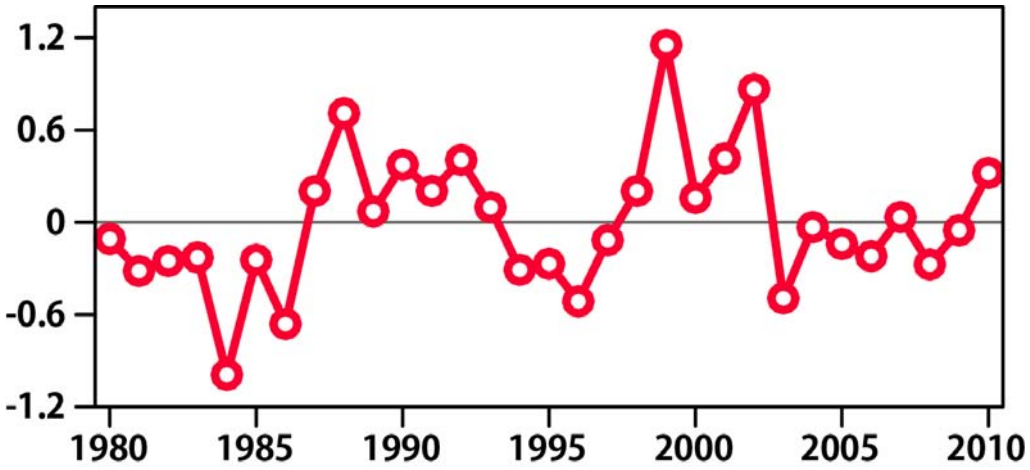

図 3-1 黒潮続流南方域（東経 143 度−155 度、北緯 29 度−34 度）の
3 月の海面水温偏差時系列 [℃]。

５．調査・研究推進上の課題

成果３-(1) については、解析期間である約３０年の間にはマイワシ資源の高い時と低い時が含まれているが、レジーム・シフト的な水温の高低、マイワシの増減を本解析では考慮していない。近年、急速にマイワシ資源が増大しており、今後は、近年におけるレジーム・シフト的な信号の有無や、資源豊度の高い時、低い時に場合分けをしながら水温変化との対応を見ていく必要がある。成果３-(2)については、2013 年の 4-5 月にも北鳳丸により同様の観測が行われており、本研究成果を裏付けるために、当該資料・サンプルの整理・解析を急ぎたい。

６．調査・研究発表

(1) 清水勇吾，奥西 武，瀬藤 聡，廣江 豊，日下 彰,日高清隆，小埜恒夫，種子田雄，中野俊也，北村知之，村上 潔，石崎士郎：黒潮の長期的昇温と黒潮流軸指標水温の検証．2015 年度日本海洋学会春季大会， 東京

(2) 杉本周作，加古真一郎(2014)：黒潮続流南方域での冬季海面水温偏差の 10 年規模変動機構の理解．2014 年度日本海洋学会秋季大会，長崎

様式-1　平成 26 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 G、生態系モデル G
　　東北区水産研究所資源海洋部 資源生態 G、海洋動態 G
担当者名　　小埜恒夫・市川忠史・田所和明・岡崎雄二・日高清隆・筧　茂穂・廣田祐一（客員研究員）

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、生残への影響が大きいと推定される低次生物生産過程は、数十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

⑴ 全期間を通じ、マイワシ、マサバ資源の初期生残に重要な海域の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。

⑵ 長期プランクトンデータの解析において、過去に蓄積された日本周辺海域の動物プランクトンの現存量データおよび標本の整理・解析を進める。今年度は亜寒帯域・混合域で採集された試料について、カイアシ類種組成の解析を行う。また、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。今年度は 2012 年・2013 年の調査試料について、水塊構造とプランクトン分布の対応についての解析を行う。

⑶ 調査航海で採集されたマサバ・マイワシ仔稚魚の胃内容物を分析し、生活史段階や海域による食性の違いや重要な餌生物、摂餌選択性等についての知見を得る。

３．今年度までの調査・研究成果の概要

⑴ 亜寒帯域・混合域１：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（*Neocalanus plumchrus*）を通してマイワシ仔稚魚の餌料環境に影響した可能性、マイワシ餌料として重要な *Paracalanus parvus* の個体数密度の変動はマイワシ資源変動と一致していたこと等を明らかにした。

⑵ 亜寒帯域・混合域２：昨年度までに、約 40 年分のプランクトン湿重量データを解析し、親潮域では 1970 年代後期～80 年代後期まで低く、黒潮・黒潮続流域においても同様の傾向を示すこと等を明らかにした。今年度は、種レベルの解析を行い、餌料生物として重要なカイアシ類の中でも種ごとに変動パターンが異なることを明らかにした。

(3) 黒潮周辺海域１：昨年度までに、卓上式 VPR を用いた過去 40 年間における冬春季の黒潮周辺海域の標本解析の結果、遠州灘沖以西の海域における 2000 年代以降の 2 月のカイアシ類現存量は、マイワシ資源増大期であった 1970 年代前半と同水準であると示した。

(4) 黒潮周辺海域２：昨年度までに、駿河灘・伊豆海嶺周辺・房総沖それぞれの衛星クロロフィル濃度とカイアシ類現存量の季節変動を調べ、マサバの産卵場となる伊豆海嶺海域の生物生産は、周辺海域と比べて必ずしも高くはないこと、駿河灘でのカイアシ類現存量ピークが 4 月であるのに対し、房総沖の海域では約 1 ヶ月遅いこと等を示した。今年度は、より細かい空間解像度で測点が配置された北鳳丸による 2012･2013 年 4 月の試料を分析し、房総沖の低温・低塩分水でプランクトン生物量が特に多いこと等を明らかにした。

(5) 仔稚魚の食性：2013 年 4 月に房総沖で採集されたサバ属仔魚の食性を調べた。カラヌス目カイアシ類が標準体長 10 mm 以下の個体で約 8 割、10 mm 以上の個体で約 9 割を占め、10 mm 以下の個体で尾虫類が約 1 割を占めた以外は他の分類群の寄与は少なかった。

4．具体的なデータ

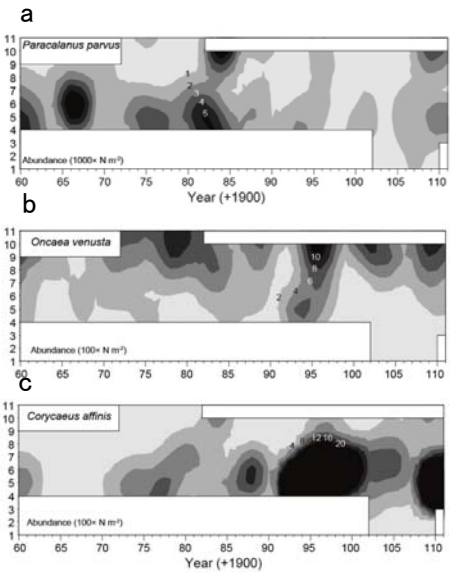

図1　混合域におけるカイアシ類分布量の月別経年変動

a: *Paracalanus parvus*

b: *Oncaea venusta*

c: *Corycaeus affiniccvcs*

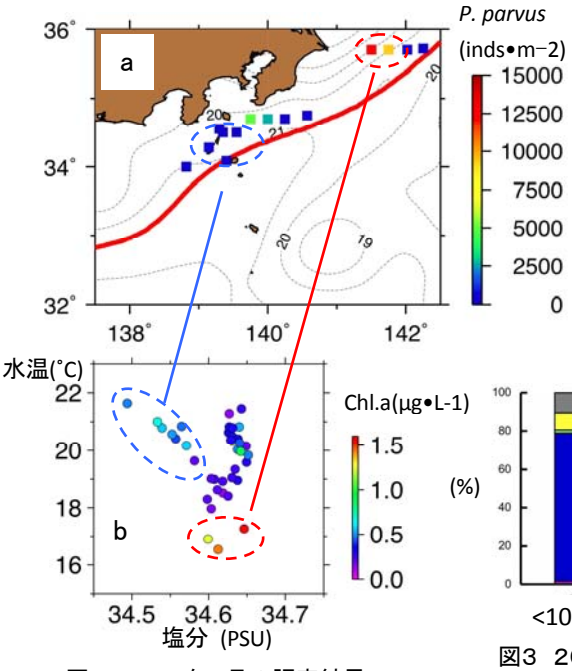

図2　2012年4月の調査結果

a: *Paracalanus parvus* の分布密度

b: 10m 層の水温･塩分と 0-50m 平均クロロフィル濃度の関係

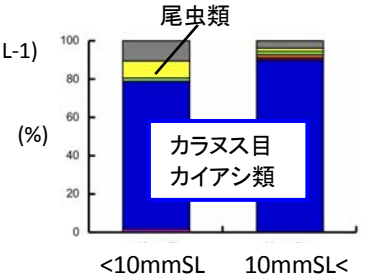

図3　2012年4月の房総沖でのサバ属仔魚の胃内容物

5．調査・研究推進上の課題

(1) 対象とする海域や時期・生物群について、他課題との連携を密にする。

(2) 副次的な分析として、索餌場の餌料プランクトン試料の分析に取り組む。

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（1 月、3 月、5 月）

(2) 田所和明，日高清隆，広田祐一，市川忠史，亀田卓彦，北島聡，森本晴之，西内耕，杉崎宏哉（2014）日本周辺水域における動物プランクトンの特性. 2014 年度水産海洋学会研究発表大会.

(3) 日髙清隆，高橋正知，上村泰洋，市川忠史，川端淳（2014）伊豆海嶺域および仔稚魚輸送域のプランクトン環境. 2014 年度水産海洋学会研究発表大会.

様式-1　平成 26 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成育環境の解明
担当機関　　九州大学大学院農学研究院、北海道区水産研究所資源管理部
担当者名　　松山倫也（九州大学）・田中寛繁（北海道区水産研究所）

１．調査・研究の目的

マイワシ・マサバの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するとともに、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。マサバの課題は平成 25 年度まででほぼ終了した。平成 26 年度はマイワシのみを対象とし、飼育実験系の確立を目的とした実験を行う。

２．調査・研究方法

(1) マイワシの産卵誘導：昨年度開発した 7 トン水槽における産卵誘導法の再現性を、取り扱いが容易なスモールスケールで確認・確立するため、1 トン水槽を用いた産卵誘導を行う。材料には、平成 25 年 11 月に高知沖で漁獲されたマイワシを 12 月 1 日に九大水産実験所に搬入し、平成 26 年 4 月まで 7 トン水槽（15℃に調温）で飽食給餌飼育した親魚を用いた。平成 26 年 4 月 10 日に、カニュレーションにより卵径 600μm 以上で退行卵をもたない雌 14 尾 、排精している雄 20 尾（平均 FL＝173mm）を選別し、GnRHa（400 μg/kg/BW）を注射投与した後、1 トン水槽 2 基（15℃調温）に、それぞれ雌 7 尾、雄 10 尾を収容し、産卵をモニターした。

(2) 受精卵の孵化および仔稚魚の育成：得られた受精卵を孵化させ、成長段階に応じて、ワムシ、アルテミア、配合飼料を飽食給餌した。

(3) 飼育下における成長モニター：自然水温、自然日長、飽食給餌下におけるマイワシの成長をモニターした。日齢 6～27 は 3 日間隔で、その後、日齢 37、47、62、92、145 で、それぞれ約 10 尾ずつ取り上げ、各種計測を行った。日齢 145（9 月 6 日）で残り 6 尾になったため、全尾取り上げ、モニターを終了した。

３．今年度までの調査・研究成果の概要

(1) マイワシの産卵誘導実験：1 トン水槽 2 基（水槽 A,　B）において、水槽 A では、GnRHa 投与（14：00）、30～36 時間後の 20：00～02：00 に産卵が起こった。水槽 B では、30～39 時間後の 20：00～05：00、および 54～63 時間後の 20：00～05：00 に産卵が認められた。このように、適性親魚を選別し、GnRHa を投与することにより、1 トン水槽であっても受精卵が得られることが確認された。しかしながら、GnRHa 投与後、3 週間モニターしたが、産卵は 1 回（水槽 A）あるいは連夜の 2 回（水槽 B）のみで、マイワシの推定産卵生態である、間隔をおいた複数回産卵は認められなかった。以上、本研究により、取り扱いが容易な 1 トン水槽でも産卵誘導でき、確実にマイワシの受精卵を得ることが可能となった。

(2) 受精卵の孵化および仔稚魚の育成：　4 月 11 日に得られたマイワシ受精卵約 10,000 粒を 500L 水槽（自然日長、自然水温）に収容し、孵化させた。孵化時間は、平均水温 15.7℃

で、平均 57 時間であった。

次に、仔稚魚の発育段階に応じて、L 型ワムシ、アルテミア、配合飼料（ニューアルテック K2、日清丸紅飼料）を以下の要領で給餌した。

L 型ワムシ：日齢 4～29（4 月 18 日 ～5 月 13 日）、前屈曲期仔魚に給餌

アルテミア：日齢 20～51（5 月 4 日 ～6 月 4 日）、前屈曲期仔魚に給餌

配合飼料：日齢 40～145（5 月 24 日～9 月 6 日）、稚魚以降に給餌

(3) 飼育下における成長モニター：孵化後 145 日までの成長は以下の式で表わされた。

$Y = -0.0019x^2 + 163.26x - 3E + 06$ （$R^2 = 0.9622$） （図 1）

船木の「日齢を指標とした相模湾におけるマイワシ仔魚の成長（2004 年）．神奈川水研報 10, 73-78（2005）」における、孵化後約 60 日までにおける天然魚の成長と比較した場合、本研究の結果は、孵化後 15 日（後屈曲期）以降、成長が良かった。これは天然環境に比べ、高水温・高餌条件であったためと考えられる。

今回、飼育下で孵化後 145 日までの育成に初めて成功した。今後、本研究で開発した、産卵誘導法、餌料系列を用いることにより、安定した再現性のあるマイワシ仔稚魚の成長、生残実験の展開が期待される。

４．具体的なデータ

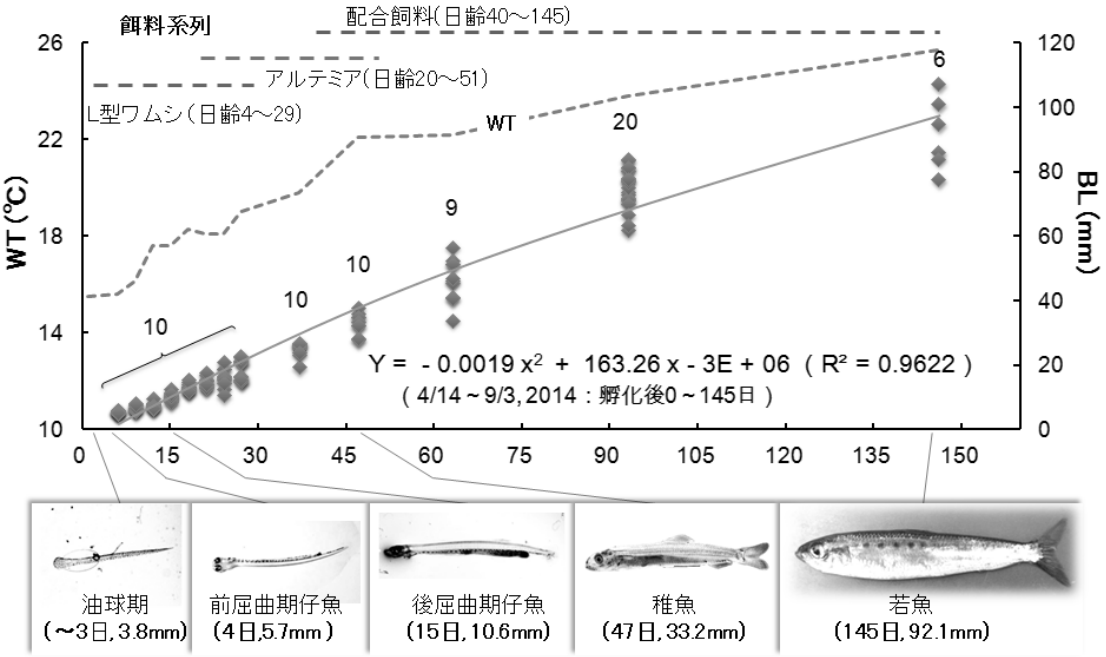

図 1. 飼育下（自然日長、自然水温、飽食）におけるマイワシの成長

５．調査・研究推進上の課題

産卵用親魚の確保において、海況や手配業者等の不確定要素が介在する。また、1 トン水槽で受精卵は確実に確保できるが、複数回産卵は誘導できない。飼育下における産卵生態の再現は、より大型（数十トン）の水槽を用いる必要があると考えられる。

６．調査・研究発表

1）学会発表

田口伸剛・田和篤史・山口明彦・長野直樹・北野載・松山倫也（2014）：飼育下におけるマイワシの産卵誘導および孵化仔魚の成長過程．平成 26 年度日本水産学会秋季大会

様式-1　平成 26 年度資源変動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・資源生態グループ
担当者名　　川端 淳・上村泰洋・須原三加・奥村大志・渡邊千夏子・髙須賀明典・入路光雄

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、ならびに長期の産卵調査資料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、産卵・初期生態特性を把握して仔稚魚の生残に影響を与える産卵・生育環境等の影響を評価し、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（加入量決定後）において調査船調査を実施し、仔稚幼魚採集標本の耳石解析によって日齢、ふ化日、成長履歴の推定、生息環境の把握を行う。今年度は、昨年に引き続き、加入途上にあるマサバ仔稚魚標本採集に主眼を置いた調査を含めた、各発育ステージにおける調査船調査による生物試料、観測データの収集とそれらの解析、資料の蓄積を継続するとともに、過去資料も合わせた検討を進めた。

(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。加入群の生残率の指標（再生産成功率（RPS））を推定し、加入豊度の指標として他課題との比較検討に資する。今年度は、昨年度に引き続き、加入量の推定、指標値の導入、ならびに他課題と連携した RPS、加入量決定に重要な発育ステージ､時期･海域において生残に影響を与える要因の検討を進めた。

(3) 調査船調査による長期データから得られた産卵親魚・仔稚魚の生態特性や産卵・生育環境の変化と加入量変動との関係を明らかにする。今年度は、昨年度に引き続き、歴史的産卵調査資料の電子化、産卵量集計を行う卵稚仔データベースの拡張を進めると共に、卵稚仔データに対応した海洋情報を充実化した。

(4) (1)～(3)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、資料の整理、検討を進めた。

３．今年度までの調査・研究成果の概要

(1) マイワシ : 前年度までに、ふ化時期は 3～5 月（4 月中心）であり、春季稚魚（加入途上）と秋季幼魚（加入成功）の標本比較により、稚魚期の成長率がある程度以上の個体だけが生残するという成長率に依存した選択的な加入過程が示唆された。今年度の解析の結果、春季稚魚標本（秋季幼魚期まで生残出来ないであろう低成長率個体も存在）で稚魚期の成長率が高い個体の割合が高く、相対成長率の平均値が高くなる年は再生産成功率指標値が高い関係が示され（2005～2012 年 : r=0.90、図 1）、加入豊度の指標となると考えられた。但し、2013、2014 年は関係から外れて成長率が高いようである。両年の秋季幼魚は 2012

年以前より顕著に大きかった。高豊度のマサバ 2013 年級群が 0、1 歳時にマイワシ仔稚魚と同所的に大量に分布したが、これにより捕食圧が高まり、低成長率の小さい個体が大きく減耗し、結果的に高成長率の大きい個体がより選択的に生残した可能性を考えている。

(2) マサバ：前年度までに、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依存し、加入過程解明には加入途上の仔稚魚標本の分析が重要と考えられたことから、今年度は、前年度に引き続き、産卵場～生育場でフレームネット調査を実施して仔魚標本を得て、その後のトロール調査で採集された稚幼魚標本とともに成長等解析を進めた。4 月ふ化個体の仔魚期成長率を仔魚標本と稚幼魚標本（生残個体）で比較したところ、仔魚標本では稚幼魚標本にはみられないほど低く、同じ日齢時での体長も小さかった（図 2）。同時期にふ化した個体でもわずか 2 週間程度の仔魚期において成長に大きな差が生じ、それにより高い選別、淘汰が起きていることが窺える。豊度がふ化後の短期間で決まっているとすると、産卵場所や卵質など母性効果に依るところも大きいと考えられる。1990 年代以降、高豊度年の出現が 1992、1996、…2009、2013 年と 4～5 年おきなのは、高豊度の年級群が 4～5 歳魚となって良質産卵する経産魚が増加することも一因と考えることもできる。

(3) 歴史的産卵調査資料として発掘した調査綴・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は、将来、海洋生態系間比較により、各海域の産卵状況の特性を理解することを想定して、フンボルト海流域に拡張してきている。卵の魚種査定技術の進展に伴い、卵稚仔データベースの魚種対応の改修を進めた。卵稚仔データに結合する海洋情報を充実化し、水塊判別を行って、海域間比較ができるデータセットとした。

4．具体的なデータ

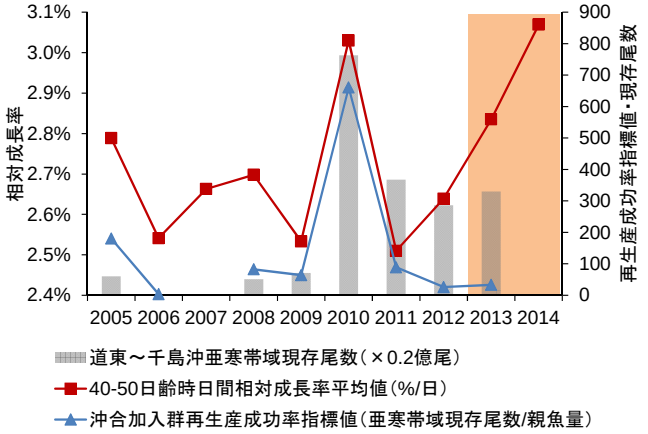

図 1. 2005～2014 年のマイワシ 3-4 月ふ化・5-6 月採集稚魚標本の 40-50 日齢時成長率平均値と加入豊度指標

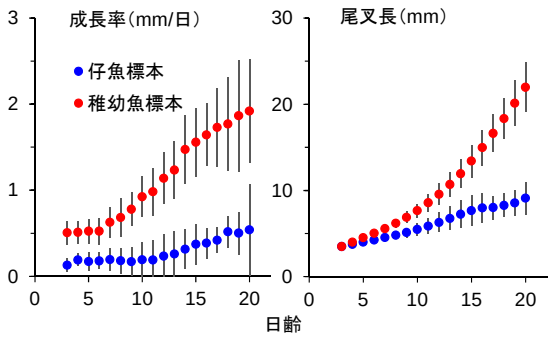

図 2. 採集時期（発育ステージ）の異なるマサバ 4 月ふ化個体標本の 20 日齢まで（おもに仔魚期）の平均成長率と体長履歴（2014 年級群）

5．調査・研究推進上の課題

(1)マイワシ 2013、2014 年級群の加入にマサバ 2013 年級群が影響を与えた可能性について検討が必要である。

(2) フレームネットによるマサバ仔稚魚採集調査では、漁具の採集効率や海域設定のために低成長率の小さい個体が選択的に採集されて、その後の稚幼魚標本との比較で実際以上に成長の差が表れている可能性が否めない。漁具等採集方法や調査海域など、検討を進める。

6．調査・研究発表

(1) Kamimura et al. (2014) 38th Annual Larval Fish Conference, Quebec, Canada.

（ほか、学会・シンポジウム・研究会等口頭発表 4 件、 その他報告 4 件）

様式-1　平成 26 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、中央水産研究所海洋・生態系研究センター　生態系モデルグループ
担当者名　　奥西　武・桑田　晃・岡崎雄二・安倍大介・瀬藤　聡

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。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、マイワシおよびマサバ加入量予測モデルの改良を行い、年々の加入量の推定を試みた。

２．調査・研究方法

⑴ 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、衛星データから動物プランクトン生物量を指定するアルゴリズムを作成し、精度検証を行った。また、このアルゴリズムによって 1998 年から 2012 年までの動物プランクトン生物量推定量について、空間解像度 1/4 度のデータセットを作成し、動物プランクトン生物量の変動とマイワシ加入量変動の関係について解析した。

(2) マイワシおよびマサバ加入量予測モデルを駆動するため､海況の長期再解析値を整備する。本年度は海況の長期再解析値を用いて混合層深度の経年変化を調べ、また混合層深度と基礎生産量およびマイワシ再生産確率（RPS）と比較し、マイワシの加入変動に関与する海況変動の影響について検討を行った。

(4) マイワシおよびマサバの仔稚魚期の成長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。また、モデルで必要となる餌料環境は(1)で開発するアルゴリズム、水温、流速などの環境場は(2)の長期再解析値を利用する。本年度は、マイワシおよびマサバの加入量予測モデルを改良し、また加入量の推定を行った。

３．今年度までの調査・研究成果の概要

⑴ 人工衛星データから見積った基礎生産量と動物プランクトン生物量の関係から､動物プランクトン生物量の推定するアルゴリズムを作成した。このアルゴリズムにおいて、基礎生産量と動物プランクトン生物量の関係式は、Biomass(wet-mg m^{-3})=24.97 * IPP(mg-C m^{-2} day^{-1}) $^{1.14}$ と示され、人工衛星データから見積った基礎生産量を説明変数として動物プランクトン生物量を推定する。ここで、Biomass は動物プランクトンの密度、IPP は基礎生産量を示す。また、動物プランクトンの輸送過程を考慮するために、粒子の逆追跡解析を行い 30 日間の軌跡上の平均基礎生産量を説明変数 IPP とした。このアルゴリズムで推定した動物プランクトン密度の推定精度は、黒潮続流付近で平均誤差は 18%であった。また、このアルゴリズムにより 1998～2012 年の動物プランクトン密度のデータセット作成し､マイワ

シ RPS との相関性を解析した。その結果、6 月の黒潮続流付近に正の相関性が高いことが確認でき、黒潮続流の餌料関係の年変動がマイワシ RPS に対応していることが示唆された。

⑵ 海況の長期再解析値から算出した混合層深度と基礎生産量の相関性を解析したところ、5 月の黒潮、黒潮続流付近において高い相関性を示し、黒潮続流の海洋環境変動がこの付近の基礎生産量の変動に大きく影響を与えていることが示唆された。5 月の基礎生産量が 6 月の動物プランクトン密度へ影響を与えている可能性があり、この点について今後解析を進める必要がある。また、冬季（2 月）の混合層深度とマイワシ RPS の関係において、黒潮続流付近では弱い負の相関を示し、過去知見である Nishikawa et al (2011)とは必ずしも一致しない。この点について今後精査する必要がある。

⑶ マサバ加入量予測モデルにおける成長関数を飼育実験の結果を基にして再構築した。飼育実験結果では水温依存による成長差が大きく見られるのは尾叉長 10 mm 以下の仔魚である。これに対応した成長関数をモデルに組み込み、成長速度の早い個体が 10 mm 前後となる 15 日齢までの成長速度をモデルで計算し、マサバ RPS と比較した。RPS、モデルの成長速度の平均値を基準とした高加入年と低加入年の予測確率は 64%であった。

⑷ マイワシ加入量予測モデルについては、人工衛星データから推定した動物プランクトン密度を餌環境としてマイワシの成長モデルを駆動し、6 月 1 日の平均体長を基準としてマイワシ RPS と比較した。RPS、モデルの体長の基準とした高加入年と低加入年の予測確率は 62%であった。

４．具体的なデータ

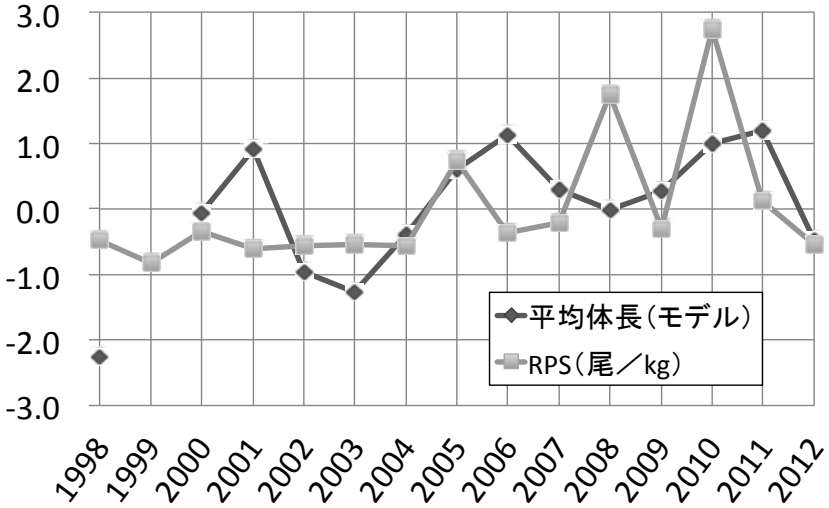

図 1. マイワシ加入量予測モデルによって推定された 1998～2012 年級の 4 月生まれ 6 月 1 日における平均体長とマイワシ太平洋系群の再生産成功率（RPS）。X 軸は各年を示し、Y 軸は平均 0、偏差が 1n に規格化した値。1999 年は衛星データが欠測により計算していない。

５．調査・研究推進上の課題

順調であり、課題は特になし。

６．調査・研究発表

(1) 奥西 武（2015）魚類成長モデルによる水産海洋研究の取り組み, 2015 年度日本海洋学会春季大会シンポジウム

(2) その他、学会発表等（口頭 9 件、ポスター1 件）