

様式-2 平成 26 年度資源動向要因分析調査課題報告書（中課題）

課題番号 6000
大課題名 資源動向要因分析調査
中課題名 マアジ対馬暖流系群
担当機関 西海区水産研究所資源海洋部資源生態グループ
担当者名 高橋素光

1. 調査・研究の目的

前期に実施した資源動向要因分析調査においては、マアジの主な生息水域である東シナ海を研究対象海域として研究を行い、マアジの大陸棚域への加入には仔魚後期から稚魚期の成長の良否が大きく関わっていることを明らかにした。今期では、この成長の良否を決定する要因として餌料環境や水温など海洋環境に焦点を当てて研究を展開し、マアジ対馬暖流系群の新規加入量予測精度の向上を図る。

前期に行った資源動向要因調査の知見をブラッシュアップすると共に対象海域を東シナ海から日本海西部海域まで拡張することにより、対馬暖流域におけるマアジの新規加入量変動について研究を展開する。特に東シナ海～日本海西部まで連続した海洋動態モデルを作成・利用することにより、対馬暖流域におけるマアジ仔魚の輸送・生残実態を明らかにする。これらの成果をもとにマアジ対馬暖流系群の新規加入量予測精度の向上に寄与する。

2. 今年度までの調査・研究成果の概要

- (1) 東シナ海大陸棚域および九州北西沖合～日本海西部において、マアジ漂泳稚魚の主たる餌生物は *Calanus sinicus*、*Paracalanus* 属カイアシ類、*Corycaeidae* 科カイアシ類、オキアミ類幼生であり、中でも *Paracalanus parvus* と *Calanus sinicus* が重要であった。
- (2) 東シナ海大陸棚域において、マアジ着底稚魚は *Calanus sinicus*、*Paracalanus parvus*、*Paraeuchaeta* 属カイアシ類、介形類および端脚類を主に摂餌しており、特に *Calanus sinicus* が主要な餌料生物であった。
- (3) 稚魚（漂泳期・着底期）の主要餌生物の分布特性を整理した結果、*Calanus sinicus* は水平・鉛直方向ともに大陸沿岸起源の低水温・低塩分水塊で高密度となる傾向を示したが、*Paracalanus parvus* と *Corycaeus affinis* はいずれも表面近傍で高密度に分布した。
- (4) 東シナ海における *Paracalanus parvus* の分布様式を、水温・塩分・クロロフィル濃度および混合層深度を用いてモデル化した。
- (5) 東シナ海における *Calanus sinicus* の現存量は、長江沖合の低塩分水塊において高かったのに対し、日本海西部では塩分の比較的高い隠岐諸島周辺海域で高かった。
- (6) 東シナ海表層において、成長の速い個体は遅い個体よりも高い確率で近底層に着底し、成長速度による選択圧が強い年ほど加入量が少ない傾向にあった。
- (7) 東シナ海表層におけるマアジ仔魚の成長速度は、水温と主要な餌料生物である *Paracalanus parvus* を含むパラカラヌス科コペポダイト幼生密度の関数で表された。
- (8) 東シナ海近底層におけるマアジ稚魚密度の年変動は、同じ時期に孵化した漂泳稚魚の仔魚期における成長速度の関数で表された。
- (9) 東シナ海に分布するマアジ稚魚の孵化日組成は 2～3 月であるのに対し、日本海西部に分布する稚魚の孵化日組成は主に 4 月であった。
- (10) 東シナ海南部に分布するマアジ稚魚の耳石成長速度は、中・北部に分布する稚魚よりも速く、五島沖・対馬東に分布する稚魚の成長速度は、島根沖・鳥取沖に分布する稚魚より

も速い。このような成長履歴の地理的差異は、漁場に参加する未成魚の発生場所の特定に利用できる。

- (11) 九州西岸に参加するマアジ未成魚は、主に2~3月孵化群と4~5月孵化群で構成されるのに対し、日本海西部海域に参加する未成魚は4~5月孵化群のみで構成されており、発生時期の違いから、マアジ対馬暖流系群では大別して対馬海峡を境に発生起源が異なることが示唆された。
- (12) FRA-ROMS の再解析値を2014年まで更新した。更新した結果を用いて、マアジ好適水温帯面積と着底トロール調査現存量推定値との関係を検討した結果、2014年における好適水温帯面積は2013年より低い値となったが現存量は増加傾向を示しており、今後、両指標値にみられた変動傾向のずれを検討する必要がある。
- (13) 日本海海況予測モデルの東シナ海拡張版 (JADE2) について開発を進め、九州西方海域の計算結果について、CTD 観測結果を用いて同化することにより、その変動をよく再現していることが確かめられた。
- (14) 2009年夏~秋季 (8~10月) に日本海西部で採取されたマアジ未成魚と春季 (5~6月) に東シナ海陸棚縁辺域および日本海西部において採取されたマアジ稚魚の孵化日組成に基づいて、東シナ海南部と九州北西沖合域を産卵海域と仮定した粒子追跡実験を行い、それぞれの発生群の輸送・分布様式を比較した。

3. 調査・研究推進上の課題

- (1) 先行して研究が進展している東シナ海大陸棚域においては、新たな海洋環境モデルの適応を試みると同時に、九州西方海域から日本海西部海域へ参加するマアジについては、これまでに東シナ海域で得られた成果の流用の可能性など、効率的かつ焦点を絞った調査研究が必要である。
- (2) 対馬暖流域のマアジ新規加入量予測精度向上は海洋環境モデルの精度に強く依存する。今後の研究を展開するためには東シナ海域~日本海にいたる連続的な海流モデルを運用すること、および、これらのデータを適切に利用して最終の出口に向け解析作業を行うことが必要不可欠である。

4. 特筆すべき成果

- (1) 東シナ海大陸棚域におけるマアジの初期生残に強く影響を及ぼす時期を4~6月と特定し、この時期のマアジ仔稚魚の成長速度がその後のマアジ加入量と強い相関があることを明らかにし、成長速度を決定する要因として、同時期の東シナ海における好適水温帯面積および主たる餌料生物の研究を展開した。今後は、新たな海洋動態モデル上において、餌料生物生産モデルと成長モデルを用いて環境変動に対する成長応答を再現することで過去の加入量変動を説明し、東シナ海大陸棚域におけるマアジ新規加入量の予測精度向上を目指す。
- (2) 九州北西沖合に参加するマアジは、主に2~3月孵化群と4~5月孵化群で構成されており、これに対し日本海西部海域に参加するマアジは4~5月孵化群のみで構成されており、マアジ対馬暖流系群では大別して対馬海峡を境に発生起源が異なることが示唆された。この結果をもとに本課題では、2~3月に東シナ海中南部海域で発生して東シナ海大陸棚域に参加する群と4~5月に九州北西から対馬海域で発生して日本海西部海域に参加する群に焦点をあてて、成果の取り纏めに向け研究を行う。
- (3) 漂泳稚魚の餌料生物やその動態、成長速度に依存した生残過程など、これまで立ち後れていた日本海西部における初期生態の情報が得られつつあり、これらの生態情報に基づいた海洋動態モデル上での粒子輸送実験を開始した。今後は、複数年級について粒子追跡実験を試行し、東シナ海に加えて日本海西部における加入量予測精度向上を目指す。

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 6010
大課題名 資源変動要因分析調査
中課題名 マアジ対馬暖流系群
小課題名 餌料生態調査
担当機関 西海区水産研究所資源海洋部 海洋環境グループ・資源生態グループ
資源生産部 藻類グループ
担当者名 北島聡・佐々千由紀・種子田雄・高橋素光・長谷川徹・清本容子

1. 調査・研究の目的

マアジ新規加入量の多寡を決定する要因について、仔稚魚期の摂餌生態および餌生物の動態の側面から解析を行う。仔魚期については資源動向要因分析調査で概ね明らかにできていることから、現課題では稚魚期に主眼を置いて研究を進める。

2. 調査・研究方法

東シナ海大陸棚域で調査船を使った餌料生物調査・仔稚魚調査を実施する。新たに採集したデータに、過去に東シナ海～日本海西部で実施した資試料を加えて、マアジ仔稚魚の餌料生態および餌生物の分布動態を把握する。

3. 今年度までの調査・研究成果の概要

- (1) 東シナ海の稚魚の主たる餌生物を明らかにした。漂泳稚魚では *Paracalanus parvus*、*Calanus sinicus*、*Corycaeus affinis* が、着底稚魚では *Calanus sinicus*、*Paracalanus parvus*、*Paraeuchaeta* 属カイアシ類が主要であり、稚魚期を通じて *Paracalanus parvus* と *Calanus sinicus* が重要な餌生物となることが分かった。
- (2) 対馬暖流域～日本海西部の稚魚の主たる餌生物を明らかにした。東シナ海中南部と同様、*Paracalanus parvus* と *Calanus sinicus* が重要であった（図 1）。
- (3) 主要餌生物の鉛直分布を把握した。*Paracalanus parvus* は表面近傍で高密度となるのに対し、*Calanus sinicus* は表面近傍と底層に二極分布することが分かった。
- (4) 主要餌生物の水平分布を把握した。
Paracalanus parvus: 東シナ海・日本海西部ともに低水温域で高密度となる分布を持った。
Calanus sinicus: 東シナ海中央部西端と日本海西部に分布のピークを持った。東シナ海では黄海・大陸沿岸由来と考えられる低塩分水塊に沿って分布することが知られているが、日本海西部では塩分依存の分布傾向は認められず、異なる環境特性をもつことが示された（図 2）。
- (5) *Paracalanus parvus* について餌密度推定モデルを開発した。海域の水温・塩分・クロロフィル濃度および混合層深度を用いて、個体数変動の 33% を説明できるモデルが開発できた（図 3）。
- (6) 1985 年～2013 年までの 4 月の東シナ海中南部の水温データセットを解析した。1997 年～2005 年頃の表面水温が比較的高く、それ以降は低下傾向であることが示された。

4. 具体的なデータ

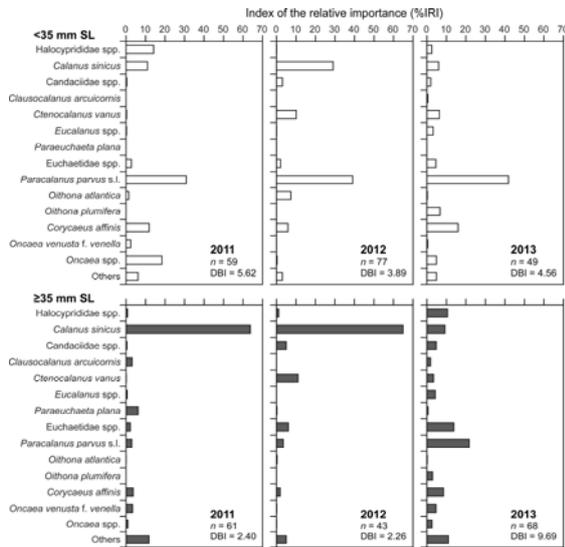


図 1 対馬海峡～日本海西部海域のマアジ漂流稚魚の胃内容物重要度指数(%IRI) (*)

中層トロール採集、上が<35 mm SL、下が≥35 mm SL

(*) $IRI_i = (C_{ni} + WW) \times F_i$, C_{ni} : 胃内に出現した全餌生物の個体数のうち、餌 i の個体数が占める割合 WW : 査定不能胃内容物を除いた胃内容物の総湿重量のうち、餌 i の湿重量が占める割合 F_i : 調査に用いたマアジのうち、餌 i が出現した個体の割合 (出現頻度)

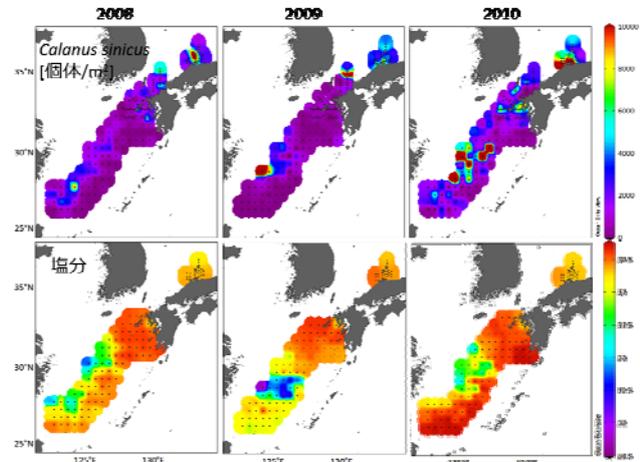
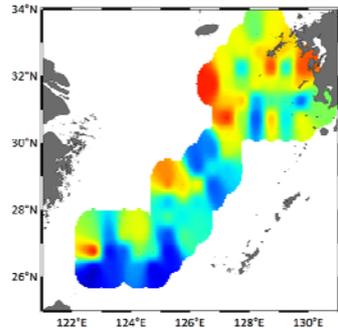


図 2 *Calanus sinicus* 現存量(上段)と 10m 層塩分(下段)の水平分布

ノルパックネット(目合 0.33mm)採集、4 月～6 月の調査の合成図。東シナ海側の現存量が高い海域は黄海大陸沿岸由来の低塩分水塊で特徴づけられるが、日本海側の現存量が高い海域には東シナ海のような低塩分域が存在しない。

観測値 (2009年4月)



分布予測結果

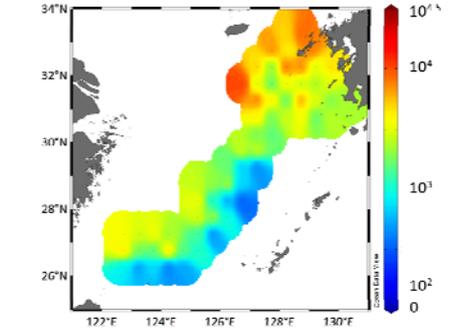


図 3 調査により得られた *Paracalanus parvus* の現存量(左)と、作成した餌密度推定モデルで予測された現存量(右)

5. 調査・研究推進上の課題

- (1) 東シナ海と日本海西部の両海域において、今年度作成した餌密度推定モデルを用いて、餌料環境の良否を考慮した粒子追跡実験を実施し、餌環境と加入量変動との対応関係を検討する。

6. 調査・研究発表

- (1) Sassa C, Takahashi M, Nishiuchi K, Tsukamoto Y (2014) Distribution, growth, and mortality of larval jack mackerel *Trachurus japonicus* in the southern East China Sea in relation to oceanographic conditions. J Plankton Res 36: 542-555.

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 6020
大課題名 資源変動要因分析調査
中課題名 マアジ対馬暖流系群
小課題名 生残要因解明調査
担当機関 西海区水産研究所資源海洋部資源生態グループ・資源管理グループ、日本海区水産研究所資源管理部資源管理グループ、九州大学大学院農学研究院
担当者名 高橋素光・佐々千由紀・青沼佳方・酒井猛・依田真里（西水研）
木所英昭（日水研）・松山倫也（九大）

1. 調査・研究の目的

冬～春季の東シナ海南部海域における大産卵場で発生したマアジは、成長に伴い東シナ海を北東方向へ輸送される。東シナ海におけるマアジ仔稚魚の生残過程は、マアジ対馬暖流系群の新規加入量に大きな影響を与えると推定される。しかし、マアジの産卵場は南日本の広範な暖水域にわたり、また産卵期もほぼ周年に及んでいる。これまでの調査・研究により、東シナ海域でのマアジの初期生残要因についてはかなりの部分が解明できた。そこで本研究では対象海域を日本海西部へと拡張し、対馬暖流域において実際に漁場へ新規加入したマアジの加入様式を明らかにし、マアジ対馬暖流系群全体の資源動向をより正確に説明することを目的とする。

2. 調査・研究方法

- (1) 東シナ海～日本海西部におけるマアジ仔稚魚の時空間的な分布様式を解析するために、冬から初夏にかけて各種仔稚魚採集網を用いてマアジ仔稚魚標本を採集する。
- (2) 東シナ海～日本海西部に加入したマアジ未成魚の孵化日組成や初期成長様式を耳石日輪情報に基づいて明らかにする。
- (3) 同時期に孵化した仔稚魚と加入に成功した未成魚の初期成長様式を比較して、成長速度に依存した生残過程を明らかにする。
- (4) 加入成功に強く影響する発育段階における成長量と生息環境との対応関係をパラメータ一化して新規加入量推定の精度の向上を目指す。

3. 今年度までの調査・研究成果の概要

- (1) 春季において、東シナ海に分布するマアジ稚魚の孵化日組成は 2～3 月であるのに対し、日本海西部に分布する稚魚の孵化日組成は主に 4 月である。
- (2) 夏から秋季に日本海西部の漁場へ加入するマアジ未成魚は、西よりの海域において東シナ海南部発生群と九州北西沖発生群の両方で構成されるのに対し、東よりの海域では九州北西沖発生群のみで構成される。
- (3) 東シナ海の陸棚縁辺域表層において、マアジ仔魚の成長速度は水温と主な餌料生物である *Paracalanus parvus* を含むパラカラヌス科コペポダイト幼生密度の関数で表される。
- (4) 東シナ海の陸棚縁辺域近底層におけるマアジ稚魚分布密度の年変動は、表層（仔魚期後半）における成長速度の関数で表される（図 1）。
- (5) 日本海西部において、加入量水準が低い 2012 年と高い 2013 年との間でマアジ稚魚の発生時期と成長過程を比較した結果、両年の間で孵化日組成に顕著な差異はなかったが（図 2）、2013 年における成長速度は 2012 年よりも速かった（図 3）。春先の九州北西沖におけるクロロフィル濃度は 2012 年よりも 2013 年の方が高かったため、好適な餌料環境が

その後の成長・生残を促進し、加入量が増加したことを示唆している。

4. 具体的なデータ

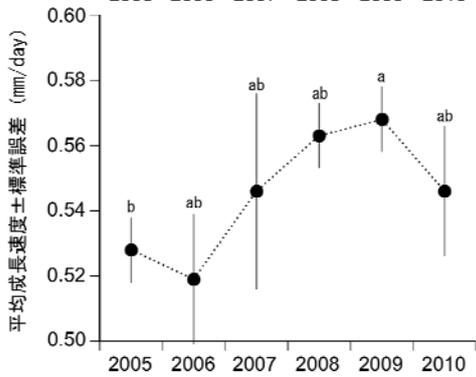
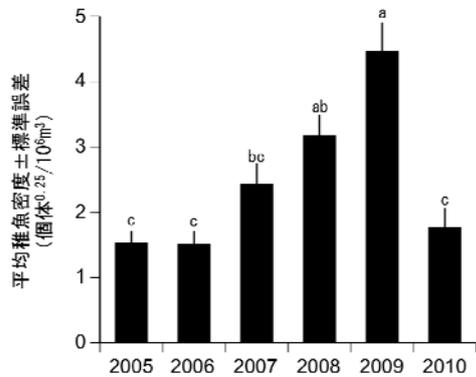


図1. 東シナ海の陸棚縁辺域近底層において5~6月に採集された稚魚密度（上）と表層において4月に採集された漂流稚魚の仔魚期後半における成長速度（下）。異なる文字は、統計的に有意に異なることを示す。

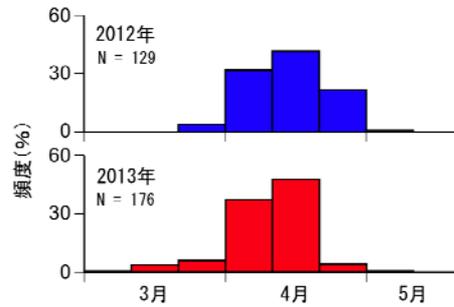


図2. 九州北西沖合域において採集された稚魚の孵化日組成。

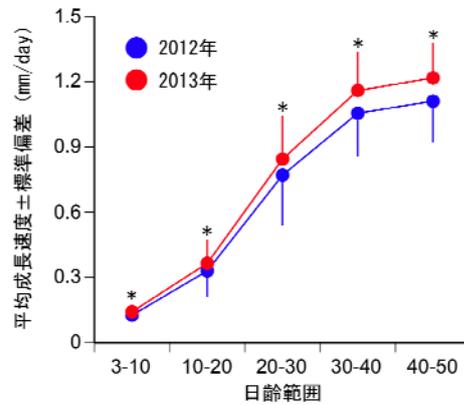


図3. 九州北西沖合域において採集された稚魚の成長速度履歴。*は統計的に有意に異なることを示す。

5. 調査・研究推進上の課題

- (1) 東シナ海と日本海西部の両海域において、成長速度と環境条件との対応関係を検討し、海洋動態モデルを用いた粒子追跡実験を実施して、加入量推定モデルを構築する。

6. 調査・研究発表

論文発表

- (1) Sassa, C., Takahashi, M., Nishiuchi, K., and Tsukamoto Y. (2014) Distribution, growth, and mortality of larval jack mackerel *Trachurus japonicus* in the southern East China Sea in relation to oceanographic conditions, *Journal of Plankton Research*, 36: 542-556.

口頭発表

- (1) 高橋 素光・佐々 千由紀・塚本 洋一・西内 耕 (2014) 東シナ海表層におけるマアジ仔稚魚の成長速度と環境条件との対応関係, 2014 年度水産海洋学会研究発表大会, 講演要旨集. p.37
- (2) Sassa, C., Takahashi, M., Konishi, Y., and Tsukamoto Y. (2014) Interannual variations in abundance and distribution of Japanese jack mackerel *Trachurus japonicus* larvae in the shelf-break region of the East China Sea during late winter and spring, PICES annual meeting 2014 in Yeosu, Republic of Korea.

他 1 件

様式-1 平成 26 年度資源動向要因分析調査課題報告書（小課題）

課題番号 6060
大課題名 資源動向要因分析調査
中課題名 マアジ対馬暖流系群
小課題名 輸送・生残過程を考慮した 加入量変動要因の解明
担当機関 西海区水産研究所資源海洋部海洋環境グループ・資源生態グループ・資源管理グループ 日本海区水産研究所資源環境部海洋動態グループ
担当者名 山田東也・北島聡・佐々千由紀・高橋素光・依田真理（西水研）
渡辺達郎・阿部祥子（日水研）

1. 調査・研究の目的

いままでの研究で、マアジの東シナ海大陸棚への着底の良否は、海洋環境変動による仔稚魚の成長の良否に影響されていることが示された。また、マアジ対馬暖流系群は複数の産卵群によって成り立っており、マアジの新規加入量予測精度向上のためには、マアジの初期成長に影響を及ぼす海洋環境について、より精度の高いモデルを日本海まで拡張して作成し、東シナ海南部～日本海にかけて時空間的に連続しているマアジの発生群に対して総合的な解析が必要である。特にマアジの初期成長に影響を及ぼす海洋環境（水温情報など）について、より精度の高いモデルを作成して、他の小課題で得られた生態的知見との関係を調べ、マアジの加入量の年変動について分析を行い、新規加入量の予測精度の向上を目指す。

2. 調査・研究方法

- (1) FRA-ROMS の再解析値を 2014 年まで更新し、他小課題において得られるマアジの各種生態的情報を活用しながら新規加入特性と加入量変動機序について検討する。
- (2) 東シナ海南部～日本海西部にかけての海況変動を検討するために開発された、日本海を対象とした海況予測モデル JADE の東シナ海拡張版 (JADE2) を用いて、マアジ対馬暖流系群の加入特性に影響を及ぼすと想定される九州西方海域の海況について検討を行う。平成 26 年度は、FRA-ROMS 再解析値を更新して解析を進めるとともに、日本海海況予測モデル (JADE) を東シナ海まで拡張させたモデル (JADE2) を用いてマアジ産卵海域として着目すべき九州西方海域における海況変動の解析を進める。

3. 今年度までの調査・研究成果の概要

- (1) FRA-ROMS の再解析値を 2014 年まで更新し、マアジ好適水温帯面積と着底トロール調査現存量推定値との関係を検討した。2014 年については、4 月 15 日現在のマアジ好適水温帯面積は 2013 年に引き続き低いレベルとなったが、その後の着底トロールの結果は増加に転じていた (図 1)。近年、天候の変化の時期のズレが指摘されていることから、好適水温帯面積の変化量と産卵時期のズレなども加えて検討する必要があるが示唆された。
- (2) 2009 年夏季(8～9 月)に九州北西沖で採取されたマアジ幼魚と春季(5～6 月)に九州北西沖および東シナ海陸棚縁辺域において採取されたマアジ幼魚の孵化日組成をもとに、東シナ海南西部と九州西方海域を産卵海域と仮定した粒子追跡実験を行い、それぞれの発生群の分布を比較した (図 2)。
- (3) 日本海海況予測モデルの東シナ海拡張版 (JADE2) について開発を進め、1993 年 1 月～2014 年 12 月までの再解析値の再計算を行った。

4. 具体的なデータ

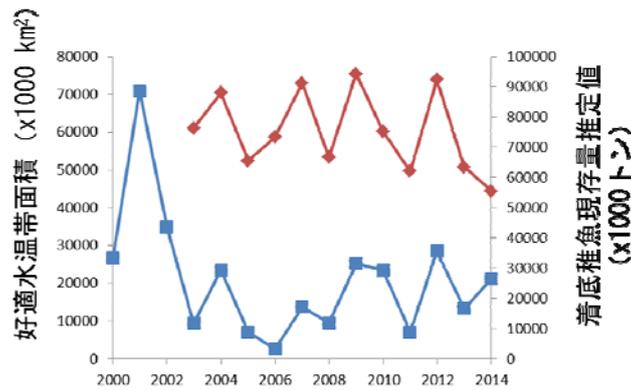


図1. マアジの好適水温帯面積（赤：FRA-ROMSによる再解析値 30m 水温）と着底トロール調査現存量推定値（青）の経年変化

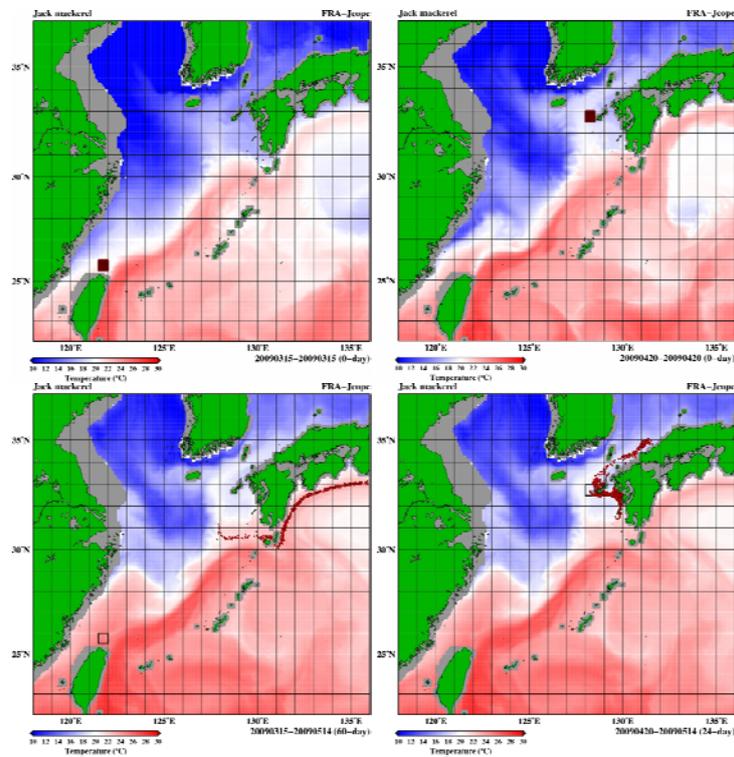


図2. 2009年の分析結果をもとに行った異なった産卵海域からの粒子追跡実験。
産卵場仮定海域（上段左：東シナ海南西海域(3月15日)、上段右：九州西方海域(4月20日)）
と5月14日における分布（下段左：60日後、下段右：24日後）

5. 調査・研究推進上の課題

- (1) JADE2で精度良く海況場を再現するためには観測結果の同化と検証作業が不可欠であり、検討を進める人員の配置が課題となる。

6. 調査・研究発表

- (1) 阿部祥子・高山勝巳・広瀬直毅・山田東也・久賀みづき・渡邊達郎（2014）拡張版日本海海況予測システム（JADE2）の開発Ⅰ－水温の再現性－. 水産海洋学会. ポスター発表.
- (2) 山田東也・渡邊達郎・阿部祥子・久賀みづき（2014）拡張版日本海海況予測システム（JADE2）の紹介. 第68回西日本海洋調査技術連絡会.