

様式-2 平成 25 年度資源変動要因分析調査課題報告書（中課題）

課題番号 9000
大課題名 資源変動要因分析調査
中課題名 スケトウダラ日本海北部系群、ズワイガニ日本海系群、スルメイカ秋季発生系群
担当機関 日本海区水産研究所資源管理部資源管理グループ
担当者名 木所英昭

1. 調査・研究の目的

我が国の TAC をベースとした資源管理では、加入量の予測値によって将来予測が行われ、TAC の基礎となる ABC が算定されるとともに管理方針が決定される。したがって、加入量変動を的確に予測することは資源管理方針を決定する上において最も重要な要素となっている。特に当年および次年の加入量予測結果は ABC の算定に直接影響を与えるため、重要性が非常に高い。しかし、加入量の情報を漁獲情報から事前に把握することは困難であることに加え、海洋環境によって大きく変化するため、事前把握及び将来予測が困難なのが現状である。

本課題では、日本海海況予測システム（JADE）と連携し、そのデータを用いたシミュレーションによって、スケトウダラ日本海北部系群、ズワイガニ日本海系群、スルメイカ秋季発生系群の加入量予測および加入量変動の把握精度の向上を行い、ABC の精度向上、および的確な資源管理方針の策定に用いることを目的とする。平成 25 年度は、スケトウダラ日本海北部系群では、輸送生残シミュレーションを用いて 2013 年の加入量変動要因を検討した。ズワイガニではメガロパ幼生の採集調査を実施すると共に、輸送生残シミュレーションを元に加入量予測を行い、推定資源量との比較検討を行った。スルメイカでも輸送生残シミュレーションを用いて、スルメイカの再生産成功率の変化に及ぼす海洋環境（流動・水温）の影響を検討した。さらに日本海の中長期モデルを用いて 1970 年初頭の山陰海域における輸送環境の特徴を調べた。

2. 今年度までの調査・研究成果の概要

- (1) スケトウダラ日本海北部系群が高豊度であった 2006 年級群と 2012 年級群は産卵盛期が 2 月で一致していた。なお、過去の卓越年級群である 1986～1988 年級群についても 2006 年と同様に 2 月産卵群の生残が重要であることが示された。
- (2) 2 月に実施した卵分布調査によると、高豊度となった 2006 年級群や 2012 年級群では卵が石狩湾に多く分布する傾向が見られた。
- (3) 日本海北部系群の卵・仔魚を想定した粒子追跡シミュレーションの結果から、2006、2012 年は低水温傾向によって生残に有利だった可能性が示唆された。
- (4) 2013 年 2 月の産卵場周辺表面水温は 2006、2012 年と同様に 5～6℃であったが、2013 年の稚魚現存量はこれらの年級群よりも少なく、産卵期の水温だけでは説明できないことがわかった。2013 年については粒子の北上傾向が強いことの影響も示唆された。
- (5) ズワイガニメガロパ幼生の多くが沖合冷水域内に混在して分布しており、水深 150m 以浅の海域にはほとんどいなかった。メガロパは深度 0～500m に分布し、ゾエアよりも分布深度範囲は大きかった。モード深度は 100～250m で、モード水温は 4～10℃であった。
- (6) 近年（2010～2013 年）のズワイガニメガロパ幼生の分布密度と同海域の雌資源量との間には同様の変動傾向が見られ、メガロパ幼生期までは生残率の年変化が少ない（主要な資源変動要因になっていない）ことが示唆された。
- (7) 採集したズワイガニのメガロパを飼育水温約 7～8℃で観察した結果、採集から稚ガニまでに要する日数は平均 23 日であった。採集されたズワイガニ幼生は、1～2 ヶ月続くとされるメガロパ期のほぼ中間期の幼生と推測された。

- (8) シミュレーションによるズワイガニの帰還率と 7 年後のズワイガニ資源量は同様の变化傾向が見られ、浮遊幼生期の受動的輸送に伴う再生産効率の変動の可能性が示唆された。
- (9) スルメイカ秋季発生系群に相当する 4 月に外套背長 5cm 以上の個体は、表面水温 9℃～12℃の範囲に多く分布していた。
- (10) スルメイカは、外套背長 5cm に成長するまでに外套膜の形状が急速に細くなると共に、肉鰭が外套背長に対して伸張する傾向が認められ、成長に伴う遊泳力の増大が示唆された。体型の変化はスルメイカの餌生物の変化と深く関係していたことが明らかとなった。
- (11) 日本海海況予測システム JADE のデータを用いたスルメイカ幼稚仔の輸送シミュレーションの結果、シミュレーションによる 4 月 1 日までの生残率とスルメイカ秋季発生系群の RPS の間には正の相関関係があった。
- (12) 1970 年代初頭の気候変動に伴う海況変化の大きな特徴として、山陰沖の水温が上昇することが把握された。以上の特徴を中長期モデルによって表現することが出来た。
- (13) 1970 年代のレジームシフトを対象に、表層における対馬暖流下流方向への粒子の移動と、140m 深における亜表層反流による対馬暖流上流方向への粒子の移動の経年変化を調べた。その結果、1970 年初頭に表層では山陰沖から卵稚子が対馬暖流下流方向へ大きく移動し、亜表層では反流による対馬暖流上流方向への卵稚子の移動が弱まる可能性が示された。

3. 調査・研究推進上の課題

- (1) 改良型 JADE モデル運用に必要な人員の確保が急務である。近年、挙動が注目されている武蔵堆海域の産卵場について、粒子追跡シミュレーションによりその重要性を検討する必要がある。卵稚仔の生残に関与する環境要因を飼育実験等で検証する必要がある。
- (2) ズワイガニ資源量の変動と幼生分布の対応を検証するためには、今後も分布調査を継続してデータを蓄積する必要がある。
- (3) 資源量調査データを蓄積して生物輸送モデル結果との比較できる期間を増やし、水温等の他の海洋環境要素との関連を調べる必要がある。
- (4) 係留系を用いた海洋観測を継続実施してデータを蓄積し、幼生輸送に関わる流動の再現性の観点から、新規に運用される拡張版日本海海況予測システム (JADE2) の妥当性を検証する必要がある。
- (5) 水温条件を用いた調査点の設定による調査精度の向上には、調査日程の制限や時化の影響等により、困難であるのが現状である。
- (6) 中長期モデルによる計算結果では、80 年代に全体的に極前線が南側に位置しており、パラメータ調節に加えて、ナッジングさせる海面水温データを変更して改善を試みる。

4. 特筆すべき成果

- (1) 2013 年 2 月の産卵場周辺表面水温は 2006、2012 年と同様に 5～6℃であったが、2013 年の稚魚現存量はこれらの年級群よりも少なく、産卵期の水温だけでは説明できないことがわかった。2013 年については粒子の北上傾向が強いことの影響も示唆された。
- (2) シミュレーションによるズワイガニの帰還率と 7 年後のズワイガニ資源量は同様の变化傾向が見られ、浮遊幼生期の受動的輸送に伴う再生産効率の変動の可能性が示唆された。
- (3) 日本海海況予測システム JADE のデータを用いたスルメイカ幼稚仔の輸送シミュレーションの結果、シミュレーションによる 4 月 1 日までの生残率とスルメイカ秋季発生系群の RPS の間には正の相関関係があった。
- (4) 日本海の中長期海洋変動モデルを用いて検討した結果、1970 年初頭のレジームシフトに伴い、表層では山陰沖から卵稚子が対馬暖流下流方向へ大きく移動し、亜表層では反流による対馬暖流上流方向への卵稚子の移動が弱まる可能性が示された。

様式-1 平成 25 年度資源変動要因分析調査課題報告書（小課題）

課題番号	9010
大課題名	資源変動要因分析調査
中課題名	スケトウダラ日本海北部、ズワイガニ日本海、スルメイカ秋季発生系群
小課題名	スケトウダラ日本海北部系群の再生産変動要因の検討
担当機関	北海道区水産研究所、日本海区水産研究所、北海道立総合研究機構稚内水産試験場、北海道立総合研究機構中央水産試験場、北海道立総合研究機構函館水産試験場
担当者名	森 賢、船本鉄一郎、千村昌之、山下夕帆、田中寛繁、渡邊達郎、奥野 章、志田修、板谷和彦、本間隆之、渡野邊雅道

1. 調査・研究の目的

日本海北部に分布するスケトウダラ日本海北部系群は、北海道日本海側の沖底および沿岸漁業の重要種であり TAC 管理対象種である。しかし、その漁獲量は 1992 年度の 146 千トンから大きく減少し、2009 年度は 15 千トンまで落ち込んだことから、資源回復計画対象種として回復処置も実施されている。日本海北部系群は寒冷レジームから温暖レジームへの移行後に、漁獲量の減少の他、資源量の減少、産卵場の縮小、再生産成功率の低下等が観察されている。資源減少要因については、産卵期における水温上昇や親魚量減少などが指摘されているが、そのメカニズムについて不明な点が多く、加入量予測についても不確実性が高い。

本課題では、漁獲データ解析および調査船調査などで得られたスケトウダラ日本海北部系群に関する産卵期・産卵場、発育段階別分布状況などを解析し、そこで得られた知見を JADE モデルによる輸送拡散モデルに応用することで、生活史初期の環境変化に重点を置いた、スケトウダラの再生産状況の解析および加入量水準早期把握手法の検討を行う。

平成 25 年度は、改良された JADE モデルを用いた輸送実験、調査で得られた仔稚魚の分布状況等の取り纏め、高豊度年級となった 2006、2012 年級群及び最新年の 2013 年の検討・把握を行う。

2. 調査・研究方法

- (1) 調査で採集された幼魚の耳石を用いたふ化日推定を行い、幼稚魚の発育段階別分布状況を解析する。これらの成果は、輸送モデルのシミュレーションの検証資料とする。
- (2) 再生産成功率の変化が大きい 2005 年以降の産卵期・生活史初期の解析を進め、海洋モデルによる輸送シミュレーション結果と比較し、再生産に影響を与えた海洋環境を検討する。
- (3) 歴史データの再解析を行い、資源豊度が高かった 1980～1990 年代の生物情報について再検討し、近年との比較を行う。

3. 今年度までの調査・研究成果の概要

- (1) 稚魚の豊度が高かった 2006、2012 年級群に共通して見られた特徴として、2 月以降に産卵された集団が主体であり、初期成長については特に速い傾向は見られなかった。また、岩内湾や石狩湾における卵分布密度が高かった。4 月の稚魚分布状況から、北部海域で採集された稚魚ほど魚体が小さい傾向が見られ、産卵された時期が遅い個体ほど北部海域に輸送される可能性が高いことが示唆された。
- (2) 近年最大の産卵場である檜山海域の成熟期について調べたところ、2004 年度以降、産卵期が遅れる傾向が見られた。特に、2006 年度以降は 1 月中・下旬に産卵中、産卵後の個体の出現がほとんど見られなくなった（図 1）。

- (3) 1986～2013 年までの春期の稚魚のサイズを比較したところ、高豊度の加入が見られた年の稚魚のサイズは小さく、2006、2012 年級と同じ結果であった。しかし、生殖腺の観察から、2004 年以前では産卵期が 2006、2012 年よりも早い時期から始まっていたと考えられることから、産卵期の後半に産出された集団の生き残りが卓越年級発生に大きな影響を与えていることが推測された (図 1)。
- (4) 2013 年に実施された調査船調査より、2013 年級群の稚魚の豊度が、高豊度であった 2006、2012 年級群を大きく下回ることが確認された。2013 年 2 月の産卵場周辺表面水温は 2006、2012 年と同様に 5～6℃であったが、2013 年の稚魚現存量はこれらの年級群よりも少なくなったことから、産卵期の水温だけでは説明できないことがわかった。改良型 JADE モデルによる粒子追跡シミュレーションの結果、2013 年については粒子の北上傾向が強いこと、宗谷海峡を抜けてオホーツク海に流出する粒子数が例年より多いことが示された。2013 年 4 月の稚魚の分布も、日本海では例年よりも北部に偏り、オホーツク海での現存量も多かったことから、モデルによる再現の妥当性が確認された。

4. 具体的なデータ

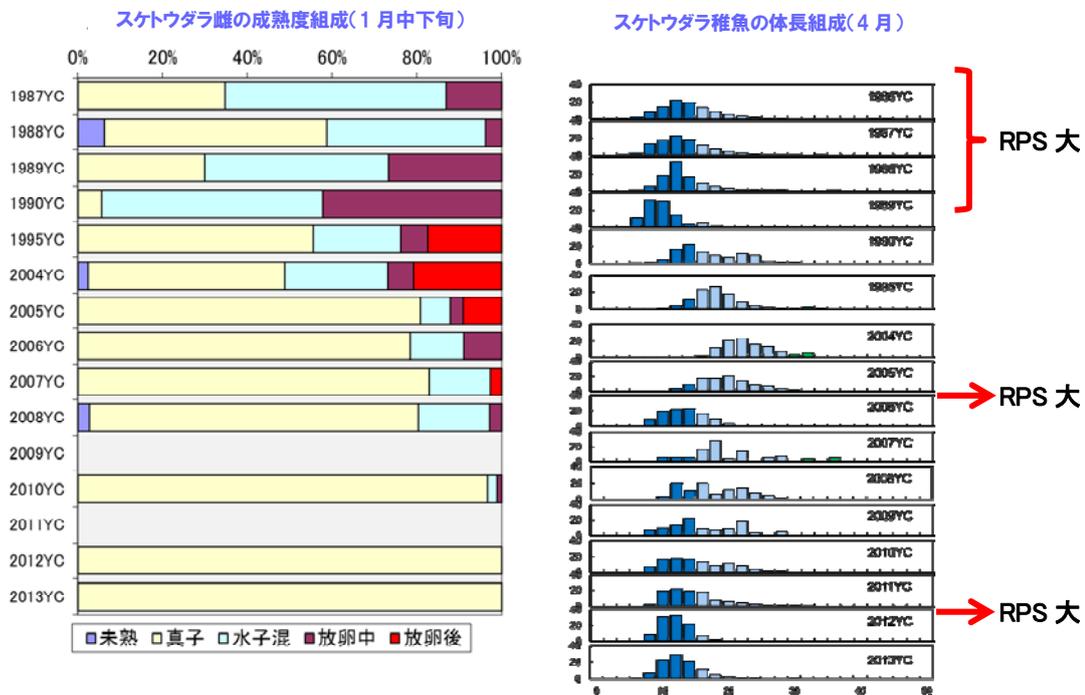


図 1. 北海道檜山海域における 1 月中下旬の成熟度組成と北海道日本海沿岸における 4 月のスケトウダラ稚魚の体長組成.

5. 調査・研究推進上の課題

改良型 JADE モデル運用に必要な人員の確保が急務である。近年、挙動が注目されている武蔵堆海域の産卵場について、粒子追跡シミュレーションによりその重要性を検討する必要がある。スケトウダラ卵稚仔の生残に直接関与する環境要因パラメータを飼育実験等で検証する必要がある。

6. 調査・研究発表

- (1) 千村昌之・田中寛繁(2014)：北海道西部日本海におけるスケトウダラ稚魚の食性. 平成 26 年度水産学会春期大会講演要旨集.

様式-1 平成 25 年度資源変動要因分析調査課題報告書（小課題）

課題番号	9020
大課題名	資源変動要因分析調査
中課題名	スケトウダラ日本海北部、ズワイガニ日本海、スルメイカ秋季発生系群
小課題名	ズワイガニ幼生の分布特性の解明
担当機関	日本海区水産研究所 資源環境部海洋動態グループ、資源管理部資源管理グループ、資源生産部資源増殖グループ、東京農業大学 生物産業学部アクアバイオ学科アクアゲノムサイエンス研究室
担当者名	本多直人・奥野章・渡邊達郎・山本岳男・上田祐司（日本海区水産研究所）、白井滋（東京農業大学生物産業学部）

1. 調査・研究の目的

ズワイガニ幼生は長い浮遊期間を有するため、その間の流れの変動が幼生の輸送および着底状況に影響を及ぼし、漁場形成や資源量変動に大きく関与していると考えられている。幼生輸送状況を数値モデルにより再現することで過去のズワイガニの資源量変動の経年変化を把握し、さらには資源動向予測に応用することが検討されている。正確なモデルを開発・運用するには、幼生の詳細な分布および生態特性をモデルに反映させることが不可欠である。本課題は、詳細なズワイガニ幼生分布調査と海洋調査を実施することで、幼生の分布ならびに浮遊沈降機構等の生物的特性を解明し、さらに幼生分布状況に関するデータを継続的に蓄積することで、その知見を資源への加入量の早期把握に役立てることを主な目的とする。

2. 調査・研究方法

- (1) 2008 年から継続して実施している調査船によるズワイガニ属幼生採集により、海域別・成長段階別に幼生の詳細な分布特性や生態特性を明らかにするとともに、各種海洋観測を同時に実施して、幼生分布海域における海洋構造の特徴を調べる。
- (2) 調査船による幼生分布調査結果の解析に加えて、水槽実験等を用いて幼生の物理的および生物学的な特性を調べ、幼生の浮遊沈降機構を詳細に把握する。
- (3) 幼生の分布調査結果を別途実施されるトロール調査による産卵親ガニや稚ガニの分布調査結果と比較することによって、幼生の分布状況とズワイガニ資源動向の対応を検討する。本年度は水産庁照洋丸を用いたズワイガニ属幼生の採集及び海洋観測、DNA 分析による種同定を実施して、幼生分布に関するデータの解析および蓄積をおこなった。また、調査結果から鉛直分布の日周性および深度 500m 以深における分布可能性を検討した。なお、水槽実験は飼育上の諸事情から実施しなかった。

3. 今年度までの調査・研究成果の概要

- (1) 前年度の分布調査結果補足
DNA 分析を用いたメガロパの種判別により、2012 年はズワイガニとベニズワイ両種の個体数密度とも過去 5 年間で最大であったことを確認した。また、特異的に大量のメガロパが採集された観測点ではズワイガニとベニズワイが全域の平均的な比率で混在しており、渦流により周辺海域から集積していたものと推測された。
- (2) 平成 25 年度の分布調査結果
2013 年 6 月に採集されたズワイガニ属メガロパの個体数密度は、前年の半分以下であった（図 1）。MOCNESS の繰返し操業により、メガロパの分布層が深度幅約 100~200m の範囲

内で日周変動することを確認した（図 2）。深度 500～1000m の曳網でメガロパは発見されなかった。

(3) メガロパ分布量と雌資源量の年変動比較

調査海域のメガロパ密度と前年の雌資源量の年変動を比較すると、2013 年までの直近 4 年間では増減傾向に正の相関がみられた（図 3）。

4. 具体的なデータ

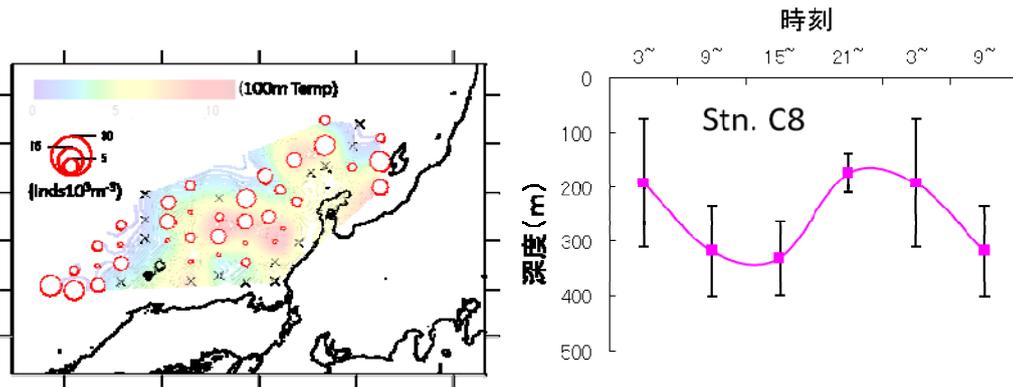


図 1. (左) 2013 年 6 月のズワイガニ属メガロパの水平分布

図 2. (右) メガロパの鉛直分布の日周性

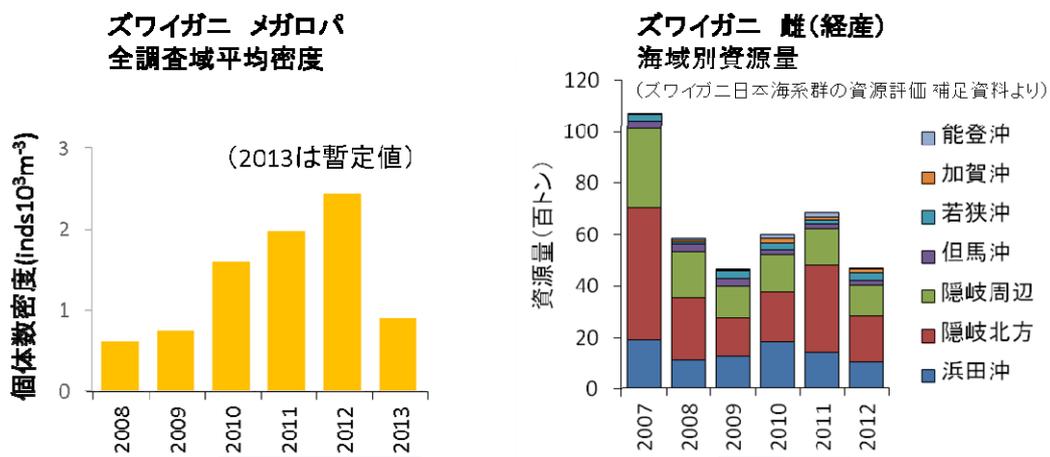


図 3. メガロパ分布量と前年の雌資源量の年変動比較

5. 調査・研究推進上の課題

ズワイガニ資源量の変動と幼生分布の対応を検証するためには、幼生分布調査を継続してデータを蓄積する必要がある。

6. 調査・研究発表

- (1) 本多直人, 他(2013): 日本海におけるズワイガニメガロパ期幼生の分布. 平成 25 年度日本水産学会春季大会講演要旨集, P13.
- (2) 本多直人(2014): ズワイガニ属メガロパの日周鉛直移動 (仮). 平成 26 年度日本水産学会春季大会発表予定.

様式-1 平成 25 年度資源動向要因分析調査課題報告書（小課題）

課題番号 9030
大課題名 資源動向要因分析調査
中課題名 スケトウダラ日本海北部系群、ズワイガニ日本海系群、スルメイカ秋季発生系群
小課題名 輸送生残過程を考慮したズワイガニの加入量予測モデルの開発
担当機関 日本海区水産研究所資源管理部資源管理グループ
担当者名 渡邊達郎・奥野章・上田祐司・木下貴裕（日本海区水産研究所）

1. 調査・研究の目的

ズワイガニ幼生は長い浮遊期間を過ごすことから、幼生の輸送に関わる年々の流況が着底海域に差異をもたらし、資源量変動の要因となり得ることが幼生分布調査と数値モデルの両面から示唆されている。このような変動要因仮説にもとづき、数値モデルを用いた資源量変動予測を実現していくために、幼生の生物特性に即した改良をモデルに加えるとともに、結果をよく検証する必要がある。本課題では、海洋モデルの精度を検証し、生物輸送モデルに本種幼生の生物特性を反映した改良を加え、資源量変動予測に数値モデルを応用する手法を開発することを目的とする。本年度は、既存モデルの問題点を検討するとともに、モデル検証用の係留観測を開始する。

2. 調査・研究方法

- (1) 日本海海況予測システム JADE のデータを用いて、ズワイガニ幼生の輸送・着底状況の年々のシミュレーションを実施し、実際のズワイガニ資源の変動との対応を調べるとともに、ズワイガニ幼生の経験環境に応じた生残特性等の新規知見を用いて生物輸送モデルに適切な改良を加える (H23-27)。
- (2) 日本海南西海域において船底 ADCP 観測、係留系観測等を実施し、ズワイガニ幼生の輸送に関わる海洋流動の実態を把握するとともに、JADE の海況再現性を検証する (H23-27)。
- (3) JADE データを用いたズワイガニ幼生の輸送・着底シミュレーションにおいて、着底までの経験水温・経験塩分を検討できるよう、生物輸送モデルを改良する (H24)。
- (4) 生物輸送モデルによる計算結果と資源評価調査結果とを比較し、海洋環境が与える資源変動仮説を検証する (H25-27)。

3. 今年度までの調査・研究成果の概要

- (1) 船底設置 ADCP、係留系等による流動調査を行った結果、隠岐諸島周辺海域のズワイガニ浮遊幼生の輸送に大きな影響を与えると考えられる対馬暖流の流動構造の時空間変動が詳細に明らかとなった。図 1 は船底 ADCP による 2013 年 7 月の観測結果であるが、隠岐諸島東方の隠岐海盆南部の水深 100m~200m に明瞭な垂表層反流が形成されていることがわかる (H ライン)。H ラインの東方 (T ライン) 及び西方 (K ライン) には反流は見られず、垂表層反流は沿岸に沿って不連続な流れであることが確認できた。
- (2) 海洋環境が与えるズワイガニ資源変動仮説では、生物輸送モデルによる産卵海域への粒子帰還率が高いほど再生産成功率が良いと考えられるため、ズワイガニ資源評価調査結果を用いて仮説の検証を行った。従来知見から 10 齢になるまで 7 年かかると仮定して、粒子帰還率と 7 年後の 10 齢資源量とを比較した (図 2)。両グラフが重なる 2006 年~2012 年の推定資源量との関係では、増加、減少傾向が良く一致した。

4. 具体的なデータ

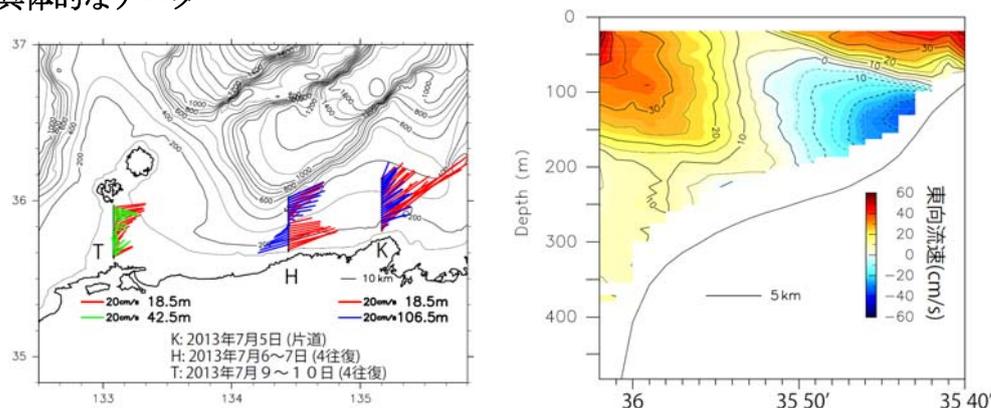


図 1. 2013 年 7 月に実施した船底設置 ADCP による隠岐諸島周辺海域の流動観測結果
 左図は T、H、K ラインにおける上層・下層の流速ベクトルで、T、K ラインは上層・下層とも同じ東向きの流れであるが、H ラインは下層に西向きの反流が見られる。
 右図は H ラインの平均断面流速分布 (4 往復平均) で、顕著な亜表層反流が沿岸に近い 100~200m 深に見られる。

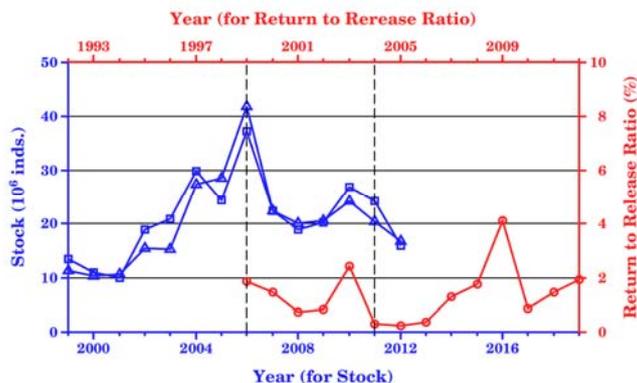


図 2. 生物輸送モデルによる粒子帰還率とズワイガニの推定資源量との比較
 赤線は生物輸送モデルによる粒子帰還率(1999~2012 年)。青線はズワイガニの推定資源量 (△ : 10 齢 雄、□ : 10 齢 雌 初産)。着底してから 10 齢に成長するまで 7 年かかるとして、両グラフは 7 年ずらして重ねている。

5. 調査・研究推進上の課題

- (1) 資源量調査データを蓄積して生物輸送モデル結果との比較できる期間を増やし、水温等の他の海洋環境要素との関連を調べる必要がある。
- (2) 係留系を用いた海洋観測を継続実施してデータを蓄積し、幼生輸送に関わる流動の再現性の観点から、新規に運用される拡張版日本海海況予測システム (JADE2) の妥当性を検証する必要がある。

6. 調査・研究発表

- (1) 福留研一・千手智晴・大慶則之・中田聡史・井桁庸介・渡邊達郎(2013) : 能登半島西部陸棚上における流れの季節変動特性. 2013 年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集, p. 144, 2013. 09. 20.
- (2) 高山勝巳・広瀬直毅・奥野章・渡邊達郎 (2013) : CTD データとの比較による JADE2 精度の検証. 2013 年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集, p. 282, 2013. 09. 19.

様式-1 平成 25 年度資源変動要因分析調査課題報告書（小課題）

課題番号	9040
大課題名	資源変動要因分析調査
中課題名	スケトウダラ日本海北部系群、ズワイガニ日本海系群、スルメイカ秋季発生系群
小課題名	環境条件を用いたスルメイカ秋季発生系群の加入量予測精度向上
担当機関	日本海区水産研究所資源管理部資源管理グループ、資源環境部海洋動態グループ
担当者名	木所英昭、内川和久、渡邊達郎

1. 調査・研究の目的

スルメイカは単年生の生物資源であり、毎年世代が交代する。そのため、新規加入量がその年の漁獲対象資源となる。よって適切な資源管理には、その年の新規加入量を早期に、漁期開始前に把握することが重要である。そのため、スルメイカ秋季発生系群では、新規加入量調査として、漁期直前の4月に漁獲対象となる前のスルメイカ（幼イカ）の分布状況を調査している。4月の新規加入量調査結果は7月に推定する資源量と正の相関関係が認められるものの、適切な資源管理・漁況予報に向けたより一層の精度向上が求められている。本研究では、スルメイカ秋季発生系群の新規加入量予測精度の向上、および変動要因の解明を目的とする。本年度は輸送生残シミュレーションを用いて、スルメイカの再生産成功率の変化に及ぼす海洋環境（流動・水温）の影響を検討した。

2. 調査・研究方法

- (1) 加入前のスルメイカ（幼イカ）の分布と海洋環境（水温、基礎生産、動物プランクトンの分布）の関係を明らかにする（H23-H25）。
- (2) 水温をはじめとする海洋環境から幼イカの分布状況を推定し、新規加入量調査の調査海域を設定するとともに採集試験を実施する（H23-H25）。
- (3) 日本海海況予測システム JADE のデータを用いて推定産卵場からの幼稚仔の輸送先の年変化をシミュレーションによって明らかにするとともに生残状況を予測する（H25-27）。
- (4) 従来から実施している新規加入量調査（定点調査）結果と、海洋環境条件を考慮した調査およびシミュレーション結果を合わせて新規加入量の把握精度向上を行う（H26-H27）。

3. 今年度までの調査・研究成果の概要

- (1) これまでのスルメイカ新規加入量調査結果（4月）では、外套背長 5cm 以上のスルメイカは、表面水温 9°C~12°C の範囲に多く分布していた。一方、外套背長 5cm 未満のスルメイカは水温 12°C 以上、特に 13 度以上の海域に多く分布していた。なお、表面水温 9°C 未満の海域ではスルメイカの分布密度が大きく減少した（H23 年度結果）。
- (2) 上記の分布水温特性をもとに、外套背長 5cm 以上のスルメイカが多く分布する海域（表面水温 9°C 以上、12°C 未満）の面積比の変化を計算すると共に、面積比率の変化を用いて、新規加入量調査の指標値の精度向上を試みた。しかし、明確な精度向上をしめす結果は得られなかった（H24 年度結果）。
- (3) スルメイカは成長に伴う食性および体型の変化として、外套背長 5cm に成長するまでに外套膜の形状が急速に細くなり、外套背長 10cm に達すると、ほとんど成魚と同じ体型になった。外套背長 5cm 以上では、プランクトンの他、小型の魚類も捕食するようになっていたことから、スルメイカ派外套背長 5cm 以上になると遊泳力が急速に増大し、食性も変化することが明らかとなった（H23 年度結果）。

- (4) 日本海海況予測システム JADE のデータを用いて推定産卵場からの幼稚仔の輸送シミュレーションを行った (図 1)。その結果、シミュレーションによる 4 月 1 日までの生残率 (ふ化後 1 ヶ月までは 15°C 以下で死亡、ふ化後 2 ヶ月以降は水温 8°C 以下の海域では死亡させた) とスルメイカ秋季発生系群の RPS の間には正の相関関係があった (図 2)。
- (5) 輸送シミュレーション結果では、暖水渦の中央付近にはスルメイカが輸送されず、分布密度が低いと推定された (図 1)。この結果は、新規加入量調査の採集調査結果と同様であり、調査結果の解釈および効率的な調査計画を検討する上での有益な情報である。
- (6) 2001 年～2013 年の前年の親魚量と翌年の資源量の間には、ほとんど関係が認められていないが、前年の親魚量にシミュレーションによる生残率を用いると推定精度が向上することが明らかとなった。

4. 具体的なデータ

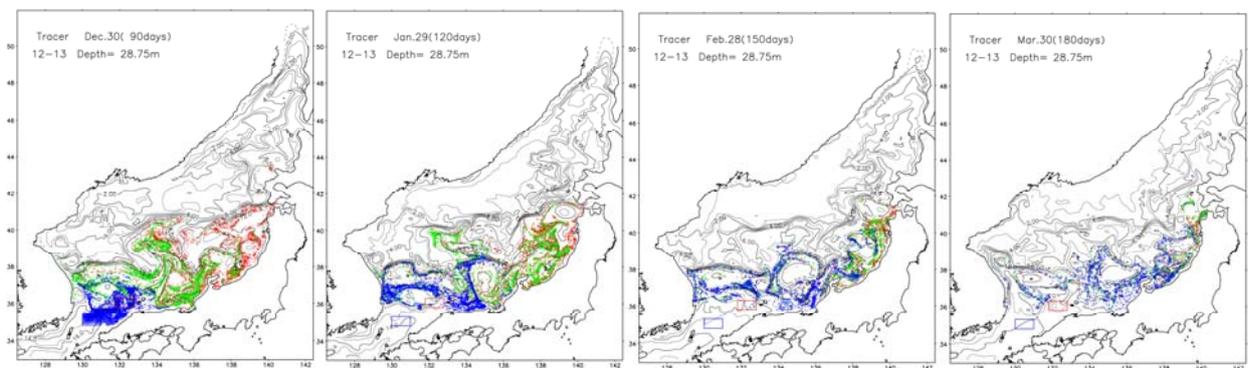


図 1. JADE のデータを用いたスルメイカ幼生の輸送シミュレーション結果 (2012 年 10 月～2013 年 4 月の結果)。産卵場は、10 月 (山陰東部)、11 月 (山陰西部)、12 月 (対馬海峡) に想定される海域を設定して実施。シミュレーションでは、輸送先の水温 (ふ化後 1 ヶ月までは 15°C、2 ヶ月以降は 8°C 以下) で死亡すると設定。

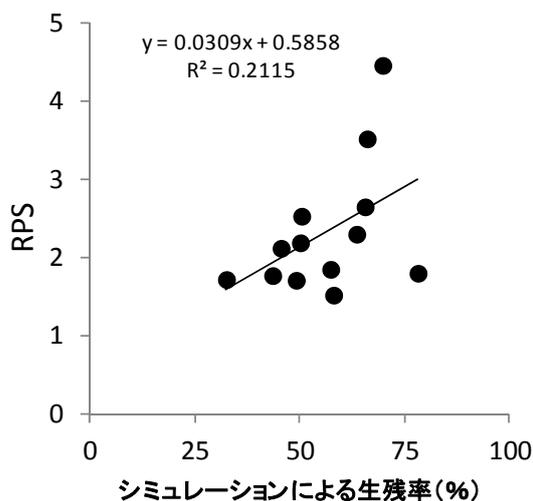


図 2. JADE データを用いた輸送生残シミュレーションによる 4 月 1 日までの生残率と、スルメイカ秋季発生系群の RPS (2001 年～2013 年) の関係

5. 調査・研究推進上の課題

- (1) 水温条件を用いた調査点の設定による調査精度の向上には、調査日程の制限や時化の影響等により、困難であるのが現状である。

6. 調査・研究発表

特になし。

様式-1 平成 25 年度資源変動要因分析調査課題報告書（小課題）

課題番号 9050
大課題名 資源変動要因分析調査
中課題名 スケトウダラ日本海北部系群、ズワイガニ日本海系群、スルメイカ秋季発生系群
小課題名 日本海の中長期的海洋モデルを用いた加入量変動要因の解明
担当機関 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 井桁庸介

1. 調査・研究の目的

日本海における 1960 年代から現在に至る約 50 年間の海洋環境（水温・塩分・流動場）の中長期変動を、海洋観測データ・再解析データ等から抽出し、それらを連続的に再現できる数値シミュレーションモデル（中長期モデル）を開発する。さらに、現況を高精度で再現する日本海海況予測システム（JADE）との相互比較によって、精度を検証すると共に改良を行う。それらの結果を使用して、対象魚種について稚仔魚の輸送・生残過程シミュレーションを行い、資源変動仮説を検証する。今年度は、中長期モデルの精度向上とその結果を用いた粒子移動計算の試行を行った。

2. 調査・研究方法

- (1) 1960 年代から現在までの、日本海の海洋環境の中長期変動の特徴を、ERA40 等の客観再解析データや海洋観測データを用いて抽出し、中長期モデルで再現すべき現象を特定する（H23-24）。
- (2) 日本海の渦解像大循環モデル（RIAMOM）を客観解析データ（ERA40 等）、SST データ等を境界条件として与えて駆動し、1960 年代～現在までの日本海の中長期変動を連続的に計算する。さらに、パラメータ調節を実施することで、その精度を向上させる（H24-27）。
- (3) 日本海海況予測システム（JADE）と重なる 1999 年以降の計算結果について中長期モデルと JADE との比較を行い、データ解析結果と合わせて精度を検証すると共にモデルの改良を行う（H26-27）。
- (4) 対象魚種の課題から提案される資源変動仮説に基づき中長期モデルによる計算結果を用いた稚仔魚の輸送・生残過程のシミュレーションを行い、資源変動仮説を検証する（H25-27）。

3. 今年度までの調査・研究成果の概要

(1) 中長期モデルの計算と精度向上

昨年度作成した中長期モデルについて、パラメータ調節を目的に複数の計算を実施した。その結果、1970 年代初頭のレジームシフトに見られた、寒冷期における山陰沖への対馬暖流第 3 分枝の南下、温暖期における対馬暖流第 3 分枝の北上が、中長期モデルにより精度良く表現された。一方で、1980 年代末のレジームシフトについては、極前線が 1980 年代に観測されたものよりも緯度 1～2 度南に位置しており、その再現性の向上が今後の課題として残されている。

(2) 粒子漂流計算の試行

1970 年代のレジームシフトを対象に、表層における対馬暖流下流方向への粒子の移動（実験 1）と、140m 深における亜表層反流による対馬暖流上流方向への粒子の移動の経年変化を調べた（実験 2）。実験 1 では、山陰沖に設定した領域 1（図 1）に 1/24° 間隔で 4408 個の粒子を設置し、各年 3 月 1 日から 5 月 15 日まで粒子の深度を 2.5m に固定しつ

つ漂流計算を実施した。全ての年で対馬暖流下流方向へ粒子が移動したが、移動距離には経年変化が見られた。特に対馬暖流第3分枝が山陰沖へ蛇行した1968・1971年には下流方向へ多くの粒子が流され、対象海域（領域1～6）外へ流出した（図2青線）。実験2では図1に示した6領域に1/24° 間隔で17838個の粒子を設置し、各年5月16日から7月30日まで粒子の深度を140mに固定しつつ漂流計算を実施した。全ての年で粒子は対馬暖流上下流方向へ移動したが、67～72年にかけて領域2から1への移動が弱まり（図2赤線）、71年以降は領域1からの流出が強まった（図2黒線）。1970年初頭のレジームシフトに伴い、表層では山陰沖から卵稚子が対馬暖流下流方向へ大きく移動し、亜表層では反流による対馬暖流上流方向への卵稚子の移動が弱まる可能性が示された。

4. 具体的なデータ

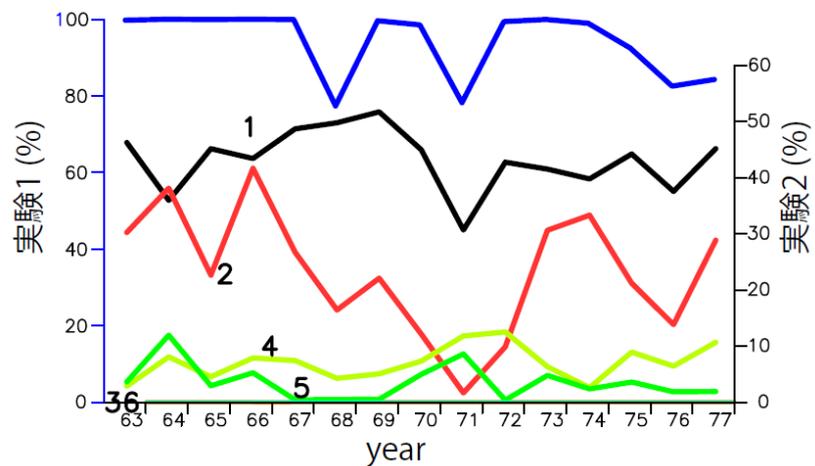
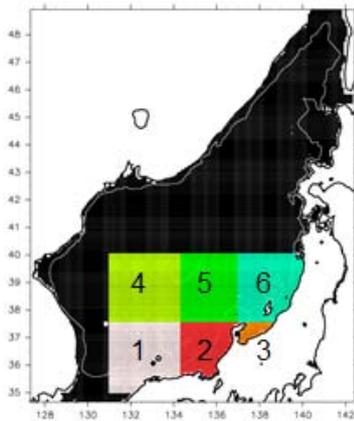


図1. 実験1、2で設定した領域1～6。

図2. 実験1において領域1の2.5m深から流した粒子のうち領域1～6に残留した全粒子の割合（青）。実験2において領域1～6の140m深から流した粒子のうち領域1に残留した粒子の割合（黒、赤、黄緑、緑）。それぞれの割合は各領域で流した粒子数を基準とした数値。

5. 調査・研究推進上の課題

- (1) 中長期モデルによる計算結果では、80年代に全体的に極前線が南側に位置しており、パラメータ調節に加えて、ナッジングさせる海面水温データを変更して改善を試みる。

6. 調査・研究発表

- (1) 井桁庸介・山崎恵市・渡邊達郎（2013）：1970年代初頭に起きたレジームシフトに伴う日本海水温分布の変化．2013年度水産海洋学会研究発表大会講演要旨集, p. 84, 2013. 11. 17.