

様式-2 平成 22 年度資源動向要因分析調査課題報告書（中課題）

課題番号 9000
大課題名 資源動向要因分析調査
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
担当機関 日本海区水産研究所日本海漁業資源部資源評価研究室
担当者名 木所英昭（課題代表者）

1. 調査・研究の目的

本課題では、日本海における複数の TAC による資源管理対象種の資源動向の変化を海洋環境（水温、流動：ただし魚種によって過程は異なる）をもとに明らかにすることを目的としている。スケトウダラ日本海北部系群では、日本海海洋予測システム（JADE）のデータを用いて近年の卵、稚仔魚～幼魚期における輸送状況をシミュレーションすることで、輸送条件が与える資源変動要因を検証することを目的とした（小課題 9010）。ズワイガニ日本海系群では、JADE による近年の輸送条件と、採集調査から得られたズワイガニ幼生の鉛直分布データを用いて輸送状況をシミュレーションし、産卵海域付近の陸棚斜面海域に戻ってくることを検証すると共に、中長期的な輸送環境と資源変動の関係を明らかにすること目的とした（小課題 9020）。また、スルメイカ秋季発生系群では、資源変動と餌料環境の中長期的な変化を把握すると共に、幼スルメイカの分布と餌環境の関係を明らかにすることを目指した（小課題 9030）。以上の日本海における主要魚種の資源変動要因を解明するうえで基盤となる中長期的な海洋環境（水温、流動）の変化の海洋動態モデルによる再現精度の向上も引き続き行った（小課題 9040）。

2. 今年度までの調査・研究成果の概要

本中課題で得られた海洋環境（日本海の水温・対馬暖流の流動）の変化が与える水産資源（複数魚種）変動への影響過程は下記の通りである。

1) 日本海における水温変化が与える影響

スルメイカ秋季発生系群では水温偏差が高いほど幼生期から幼イカ期の生残率が高く（図 1）、1990 年代以降の冬季の水温上昇が 1990 年代以降の資源量の増大および主発生時期の拡大に寄与したことが示された。スケトウダラ日本海北部系群では 2006 年に豊度の高い年級群が出現したが、2006 年は例年と比較して水温が低く（スケトウダラ稚仔魚の生残に適正な水温であり）、スケトウダラの生残率が高かったことが加入量が多かった要因として示された。

日本海における冬春季の水温の変化パターンは、東西および南北でのシーソーパターンも認められるものの、日本海全域で同様な変化傾向が最も強い（平井 1994）ため、日本海における水温の変化は、影響の方向性は魚種系群によって異なるものの、複数魚種（スルメイカおよびスケトウダラ）の変動要因として影響するものと判断される。

2) 対馬暖流の流動変化が与える影響

スルメイカ秋季発生系群では、中長期モデルを基に検討した結果、1990 年代以降の水温上昇の直接的な影響に加え、対馬暖流沖合分枝の蛇行傾向が強くなることにより、暖流域に留まる傾向が強くなったことが資源量が増加する要因になったと判断された（図 1）。

スケトウダラ日本海北部系群では基本的に水温と加入量に負の相関が示されており、産卵場から生育場への輸送過程における環境条件が加入を左右すると考えられる。近年のスケトウダラ日本海北部系群の産卵場は道南海域が主となっているが、現状の数値モデルによる流動をもとにしたシミュレーションでは、石狩湾からは生育場のある武蔵堆周辺への輸送過程はよく示されたものの、檜山・岩内の産卵場からの輸送は経路の変動が大きいと示され（図 2）、当系群

においては水温に加えて産卵場の形成位置と流動条件が加入資源量を左右する要因の一つとなっていることが示唆された。

ズワイガニ日本海系群では、幼生の着底海域である陸棚斜面上および産卵海域に再び戻ってくることで本資源の加入の成功および資源の増大につながるとの作業仮説の検証をおこなった。近年の流動条件によるシミュレーションの結果では、ズワイガニ幼生は、メガロパ幼生期に沈降すると共に反流によって産卵海域付近に戻ってくることが示された。また、中長期モデルを用いた結果では、資源量が増加に転じた年の加入群は、産卵海域の陸棚斜面域に多く輸送されることが示された(図 3)。ただし、中長期モデルによる解析では、陸棚斜面域への輸送には山陰沿岸域の冷水渦が深く関係しており(図 3)、その流動場の再現精度に大きく依存すること(および対馬暖流域に形成される渦が資源変動と深く関係すること)も明らかとなった。

以上のように対馬暖流域において、各魚種それぞれに各流動条件が関与していることが示された。今後、各流動条件の変化をもとに各魚種系群の資源動向を判断することが可能になることが期待される。加えて、これら資源変動に関与する流動の変動は、対馬暖流域全体の広域的な変動の様相を併せもつ可能性があり、それらを明らかにすることで、複数魚種系群の資源変動を広域的な流動条件の変化と関連づけて同じ要件として説明することも可能になると期待される。

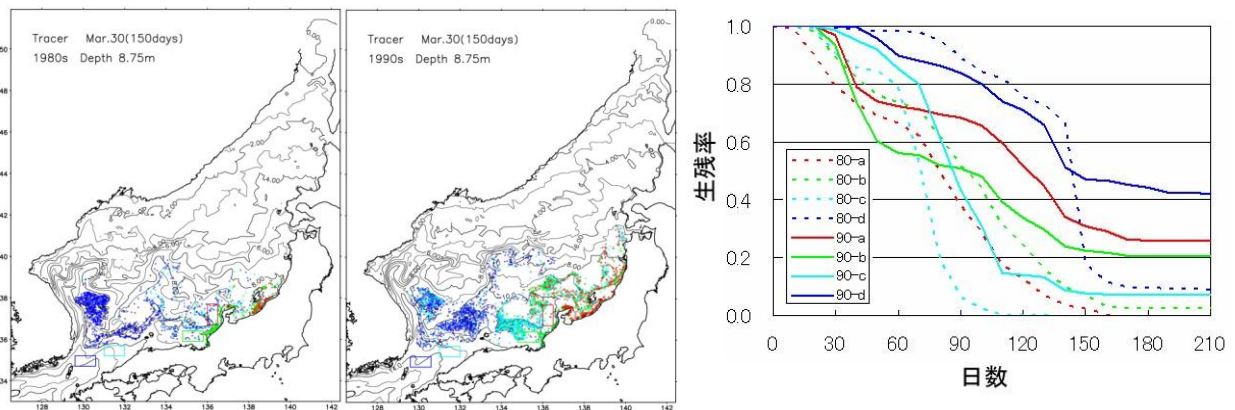


図 1. スルメイカの中長期海洋モデルを用いたシミュレーションによる 1980 年代と 1990 年代の生残率の変化シミュレーション結果(平成 20 年度成果報告書より)

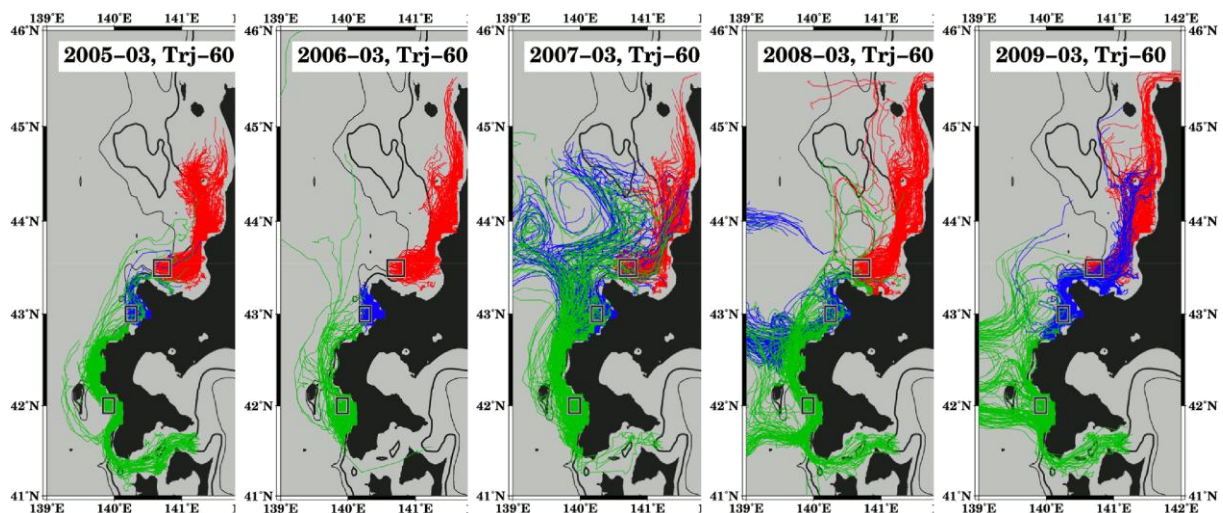


図 2. 2005～2009 年のスケトウダラ 3 月ふ化群卵仔魚の JADE による輸送シミュレーション。産卵場の設定は、緑：檜山、青：岩内、赤：石狩。

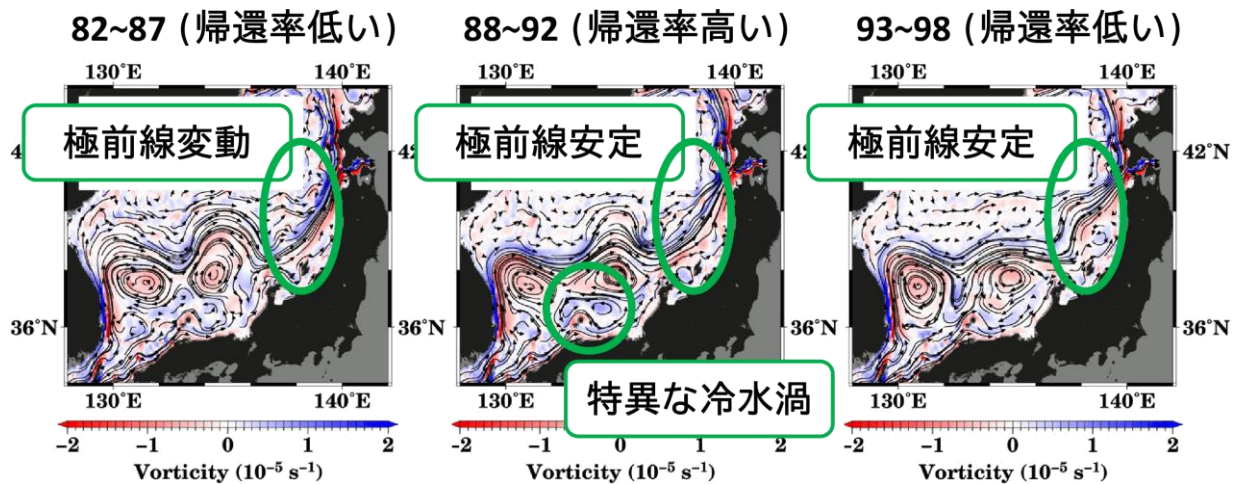


図 3. 中長期海洋モデルによるズワイガニ幼生の帰還率（設定した産卵場＝山陰沿岸付近の大陸棚斜面へ輸送される割合）の変化と対馬暖流の流動の関係。

3) 餌料環境との関連

本中課題では物理環境の変化が与える水産資源変動への影響を中心に検討してきたが、小課題 9030 では、スルメイカ秋季発生系群を対象に餌料環境の影響についても検討を加えた。その結果、スルメイカの餌料として重要なキュウリエソもスルメイカ同様に 1990 年代以降増加していたこと、近年の幼イカの分布調査結果（平均採集個体数）と衛星画像による基礎生産（Chl. $-a$ の分布密度）の間には相関があることが示され、物理環境に加え、餌環境も合わせて検討することで、より精度の高い資源変動要因の解明および加入量予測が可能になることが示された。

4) 各魚種系群における成果の概要

各小課題（魚種系群）で得られた主要な成果の概要は下記の通りである

- (1-1) 調査で採集された仔稚魚のふ化日組成は年によって異なり、加入の良かった 2006 年級群では 3 月が主体であったのに対して、加入が悪かった 2008 年級群のふ化月は 1～3 月におよんでいた。
- (1-2) 日本海海況予測システム（JADE）の解析値を用いた卵仔魚輸送実験の結果、3 月産卵が生存適水温帯に保持されやすく有利等の結果が得られた。産卵期の後半に北方の産卵場で生まれると生残が良くなると期待できることから、産卵場が南方に限定されている要因が、近年の加入量変化を検討する上で重要と推測された。また、実際に観測された 2006 年 3 月生まれの高い生残の状況は、このシミュレーションによる卵・仔魚の経験水温の観点から説明することができた。
- (2-1) 平成 22 年調査ではメガロパ幼生は隠岐～若狭湾沖で個体数密度が高く、能登半島沖に比較的個体数密度が高かった平成 21 年度とは水平分布が異なっていた。なお、メガロパ期幼生の甲幅および甲長と水平分布および鉛直分布に明確な相関は確認できなかった。
- (2-2) ズワイガニ幼生の鉛直分布特性と海洋環境の関係から、幼生の鉛直分布は海水の鉛直密度分布にある程度依存する傾向が確認され、海洋鉛直構造の季節変化のみによっても幼生の分布深度が徐々に深くなる機構の存在が示唆された。
- (2-3) 日本海海況予測システム（JADE）のシミュレーションによって、隠岐～若狭湾沖で個体数密度が高かった平成 22 年 6 月の調査結果は正確に再現された。さらに、帰還率（孵出海域への着底率）の年々変動を推定した結果、ゾエア期幼生輸送時に対馬暖流流路が離岸し

ている年には幼生が孵出海域に滞留しやすくなり、着底時期に浜田沖で強い垂表層反流が持続すると、帰還率が非常に高くなることが示唆された。

- (2-4) 中長期モデルデータ (RIAMOM) で幼生の輸送計算を試行したところ、JADE データと同様に幼生の帰還率に年々変動がみられ、レジーム移行期に隠岐海峡付近に特異な冷水渦が生じたときに幼生帰還率が特異的に上昇していたと推測された。
- (3-1) スルメイカの主要な餌生物の一つであるキュウリエソの5月および10月の分布は、レジームシフト後(1989年～1991年)は、レジームシフト前(1979年～1988年)と比較して、分布密度が増大していたことに加え、分布範囲も北方に拡大していた。
- (3-2) 衛星データ (MODIS) による沖合域における Chl. -a の平均分布密度の経年変化は幼スルメイカの平均採集個体数と同様であり、沖合域における Chl. -a の平均分布密度と幼スルメイカの採集個体数有意な相関関係が認められた。
- (4-1) 1982～2000年の日本海海洋環境場の再現実験を行い、パラメータ調整とその精度検証を行った。極前線の形状(134° E 付近の凸状と138° E 付近の凹状)を良く表現する結果を得たが、衛星データと JADE の結果に比べ、極前線が南に位置している事が判明した。
- (4-2) 中長期モデルの最新結果を利用し、1982年から1998年までのズワイガニ及びスルメイカの輸送・生残の試行実験を行い、両魚種の生残が中長期的に変動する結果が得られた。

3. 調査・研究推進上の課題

- (1) スケトウダラ日本海北部系群の資源変動要因の更なる解明には、産卵場の形成要因および沿岸域の稚仔魚分布と環境の関連の解明が重要であり、沿岸域の海洋環境の詳細な解析値が必要となる。
- (2) ズワイガニの加入過程を解析するには、幼生の種判別手法の高度化・迅速化に加え、より詳細な生態情報(孵出海域、時期、浮遊期間、沈降機構など)が必要であり、そのためにはズワイガニ幼生の分布生態調査の継続が要求される。
- (3) スルメイカの資源変動機構および加入量推定の精度向上には、物理環境に加えて餌料環境の関係を解析することも重要である。そのためには基礎生産・餌料環境との関連に加えてスルメイカの餌料に関する詳細な検討も不可欠である。
- (4) 水産資源の中長期的な変動と海洋環境の関係を検討するには海洋環境の中長期変動モデルの精度向上は非常に有効である。今後も継続して精度向上に努めることが重要である。特にどの現象に注目してモデルで再現を目指すかの整理・抽出を行う必要がある。

4. 特筆すべき成果

- (1) スケトウダラ日本海北部系群では、稚仔魚の道北沿岸域への輸送が再生産成功に大きく関与すると考えられるが、近年の道南の産卵場からは輸送されにくく、産卵場の形成状況が近年の資源低水準に深く関与している可能性が示された。
- (2) ズワイガニ日本海系群の幼生は孵出後、対馬暖流によって東方に輸送されるが、メガロパ幼生期に沈降すると共に反流によって再び孵出海域付近の大陸棚斜面域に輸送されて着底することが示された。また、山陰沿岸域の冷水渦の存在が、ズワイガニ幼生が孵出海域に戻ってくる際に大きな影響を与え、資源変動に影響を与える可能性が示された。
- (3) スルメイカ秋季発生系群では、物理環境の変化(輸送環境・水温環境)が資源変動と関連していることが示されたが、さらに餌料環境の中長期的変化および基礎生産の年変化も資源変動および加入量変動と関連していることが示唆された。

様式-1 平成 22 年度資源動向要因分析調査課題報告書（小課題）

課題番号 9010
大課題名 資源動向要因分析調査
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状況の把握と変動要因の検討
担当機関 北海道区水産研究所亜寒帯漁業資源部資源評価研究室・日本海区水産研究所日本海海洋環境部海洋動態研究室・北海道立総合研究機構中央水産試験場・函館水産試験場
担当者名 森 賢・千村昌之・山下夕帆（北水研）・渡邊達郎・奥野 章（日水研）・志田 修（中央水試）・渡野邊雅道（函館水試）

1. 調査・研究の目的

日本海の海洋環境の中長期変化に対応するように、スケトウダラ日本海北部系群の資源水準は変動しており、近年観察された寒冷レジームから温暖レジームへの移行においては、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た。このような海洋環境の変化による影響について、スケトウダラ日本海北部系群では産卵場や卵・仔魚の輸送過程等が変化することにより、初期生残が影響を受けると考えられている。本課題では、スケトウダラ日本海北部系群に関する産卵場、卵・仔魚の分布状況等を解析し、海洋環境変化に伴う初期生態の変化を解析する。

平成 22 年度は耳石日齢解析を用い孵化～幼魚期の時空間分布を調べ、JADE を用いた輸送モデルの出力結果と合わせ、レジームシフトにともなう生態変化について検討する。

2. 調査・研究方法

- (1) 1980 年代と 1990 年代における産卵場や幼稚魚の分布状況を、既存の調査資料を基に整理する。また、近年の調査で採集された幼稚魚の耳石を用いた日推定により、幼稚魚の分布の時空間的变化を解析する。これらの成果を、輸送モデルのシミュレーションの初期設定および検証資料とする。
- (2) 再生産成功率の変化が大きかった 2006 年前後の産卵期・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要因の検討を行う。
- (3) 中長期の資源変動仮説として産卵場の縮小による初期生残条件の悪化を想定し、1980 年代（生残率が高く、資源水準が高い）と 1990 年代（生残率が低く、資源水準が低い）の産卵水域環境の再現や流動場モデルを用いた卵稚仔輸送実験結果と合わせて検討し、海洋環境の変化が与える幼稚魚の生残への影響を明らかにする。

3. 今年度までの調査・研究成果の概要

- (1) 産卵期の親魚の漁獲は檜山では毎年ほぼ同じ海域に見られているが、武蔵堆の産卵期の漁獲量は 1990 年代後半以降に急減した。卵の分布状況においても、1980 年代には利礼周辺および宗谷海峡で産卵後間もない卵が採集されていたが近年は石狩湾以南のみとなっている。これらの結果から、かつて存在した武蔵堆の産卵場は 1990 年代後半以降ではほぼ形成されておらず、産卵場が縮小していることが確認された。
- (2) 近年の調査情報から、卵は主に檜山以北、幼稚魚は岩内以北の沿岸および武蔵堆に分布していることが明らかとなった。1980 年代に観察された、卵・幼稚魚のオホーツク海への移出も、2006 年級群では同様に観察された。卵および幼稚魚は岩内湾以北に広く輸送されており、

仔稚魚現存量が多い年にはオホーツク海にまで移出していたと考えられる。(図 1)

(3) 調査で採集された仔稚魚のふ化日組成は年によって異なり、加入の良かった 2006 年級群では 3 月が主体であったのに対して、加入が悪かった 2008 年級群のふ化月は 1~3 月におよんでいた。また、現時点では加入量豊度は明らかではないが、比較的多くの仔稚魚が採集された 2010 年では 2 月が主体となっていた。(図 2)

(4) 日本海海況予測システム (JADE) の解析値を用いた卵仔魚輸送実験を行い、卵仔魚期の輸送・拡散状況の変化と加入量変動について検討を行った。海洋環境が再生産に及ぼす影響については、対馬暖流の強弱により卵仔魚の輸送パターンが変化し、好適な生育場への到達およびそこでの滞留期間が変化する事により生残率が変化すると仮説化した。シミュレーションは加入量が大きく変化した 2005~2009 年で実施し、モデル出力としては輸送経路と卵仔魚の経験水温を選択した。

シミュレーションにより、①北海道日本海側陸棚上の北上流は産卵期に弱く、徐々に強くなる、②南方産卵場 (岩内・檜山) から生育場への輸送経路は年々・月々の変動が大きい、③北方産卵場 (石狩) から生育場への輸送経路は安定している、④経験水温の観点から、3 月産卵が生存適水温帯に保持されやすく有利等の結果が得られた。これらの出力結果より、産卵期の後半に北方の産卵場で生まれると生残が良くなると期待できることから、産卵場が南方に限定されている要因が、近年の加入量変化を検討する上で重要と推測された。また、実際に観測された 2006 年 3 月生まれの高い生残の状況は、このシミュレーションによる卵・仔魚の経験水温の観点から説明することができた。(図 3、図 4)

4. 具体的なデータ

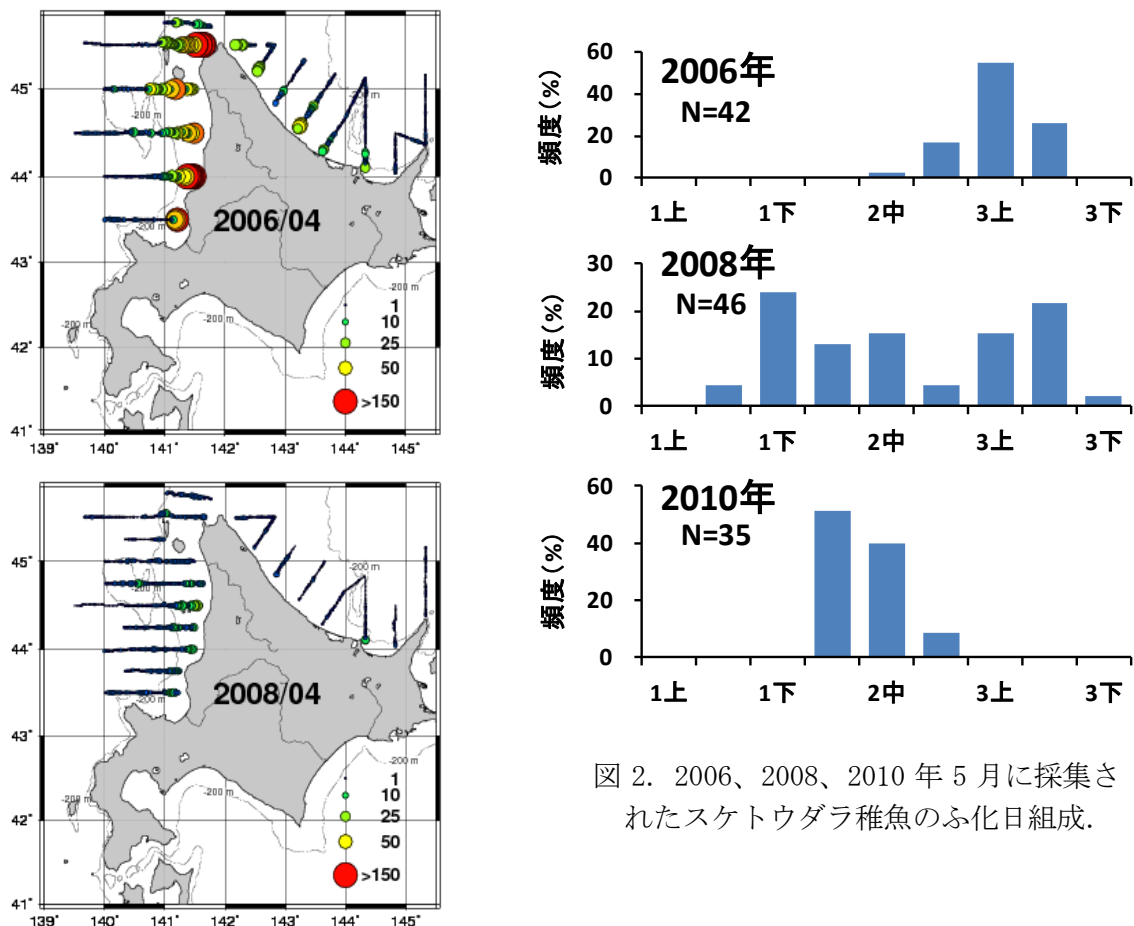


図 1. 2006 年 4 月および 2008 年 4 月におけるスケトウダラ稚魚の分布状況.

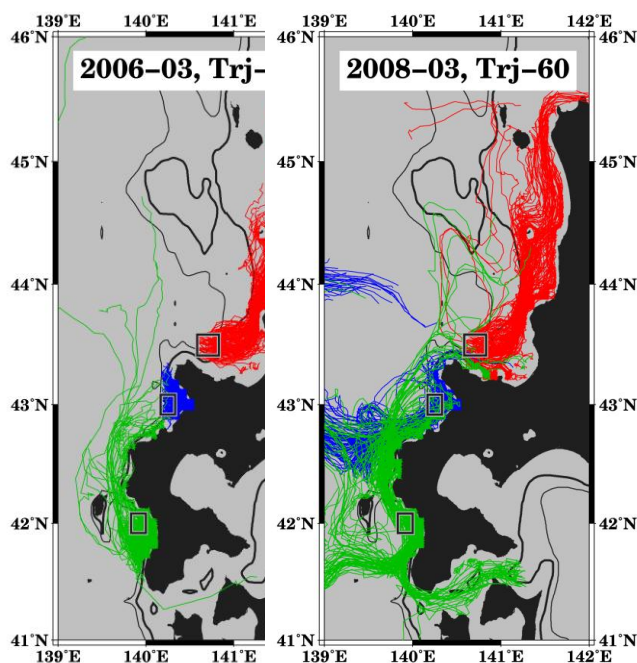


図 3. 2006 年および 2008 年の 3 月ふ化群を想定した卵仔魚の輸送シミュレーション結果. 各色はスタートの産卵場の違いを示す (緑: 檜山、青: 岩内、赤: 石狩).

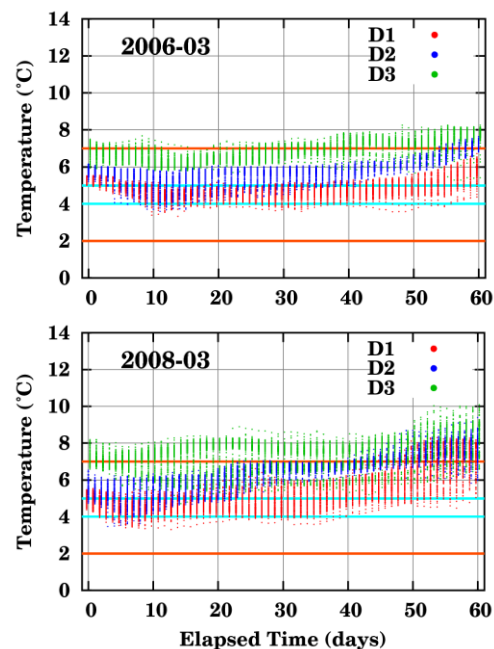


図 4. 輸送シミュレーションで得られた卵仔魚の経験水温分布. 各色はスタートの産卵場の違いを示す (緑: 檜山、青: 岩内、赤: 石狩). また、赤線は生存の適水温帯 (2~7°C)、青線は最適水温帯 (4~5°C) をそれぞれ示す.

5. 調査・研究推進上の課題

- (1) 近年の産卵場および卵・仔稚魚は極沿岸域に分布しているため、これらと環境要因との関連を検討するには沿岸域の海洋環境の詳細な解析値が必須である。
- (2) 日本海とオホーツク海との資源の交流に関しては知見が少ないため、仔稚魚がオホーツク海へ移出することによる資源への影響の判定が困難である。
- (3) 山陰・隠岐海域と同期した対馬暖流の流路・流勢変動の影響は、今回の実験からは明言できないが、可能性としては存在する。その影響があるとすれば、岩内・檜山で大きく、石狩では小さいと考えられるため、JADE による海況の再現性をよく検討する必要がある。
- (4) 1980 年代のモデル化はデータ不足により困難であり、1980 年代の輸送状況を再現することはできなかった。

6. 調査・研究発表

- (1) 千村昌之・本田 聡・山下夕帆・森 賢(2009): 2006 年にスケトウダラ日本海北部系群で高豊度年級群が発生した要因. 2009 年度水産海洋学会研究発表大会講演要旨集.
- (2) 山下夕帆・森田晶子・千村昌之・森 賢・平松一彦(2009): 北海道西部海域の沖合底曳き網漁業対象種における漁獲特性の変化. 平成 21 年度日本水産学会北海道支部大会講演要旨集.

様式-1 平成 22 年度資源動向要因分析調査課題報告書（小課題）

課題番号 9020
大課題名 資源動向要因分析調査
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日本海海洋環境部海洋動態研究室
担当者名 本多直人・奥野 章・木下貴裕・上田祐司

1. 調査・研究の目的

ズワイガニの資源変動には、温暖期において浜田～隠岐周辺海域を中心に分布密度が増加するという顕著な傾向が認められている。ズワイガニ幼生は発生後、約 3 ヶ月の長い浮遊期間を有し、その期間中の流れの変動が幼生の着底海域の差異をもたらすと考えられている。平成 21 年度まで実施した資源動向要因分析調査結果からは、浜田～隠岐周辺海域における島根沖冷水域の離接岸がズワイガニ幼生の輸送状況に大きな影響を及ぼし、当海域でのズワイガニの分布密度変動に大きく関与している可能性があることが示された。これを検証するためには、数値モデルを用いて、ズワイガニ幼生の輸送状況の経年変化を過去にさかのぼって調べる必要があり、そのためにはズワイガニの分布特性に準拠した数値モデルの改良が不可欠である。本課題では、数値モデルの改良に必要となるズワイガニ幼生（特に知見が乏しいメガロパ期）の分布特性を解明することを目的とする。

2. 調査・研究方法

- (1) 産卵期～着底期における海洋環境の把握：調査船による ADCP/CTD 観測の実施
- (2) モクネスおよびボンゴネットによるズワイガニ属幼生の分布把握
- (3) DNA 分析によるズワイガニ・ベニズワイガニ及び両種の交配種の種判別
- (4) ズワイガニ幼生輸送・分布モデルの開発及び改良

平成 22 年度は平成 21 年度と同様に日本海西部海域において 6 月上旬～中旬に照洋丸（水産庁）を用いてズワイガニ属幼生採集（モクネス 35 点、ボンゴ 41 点）及び海洋観測を実施し、ズワイガニ幼生（特にメガロパ期）の水平および深度 0～500 m までの鉛直分布特性を調べた。さらに過去の調査結果を踏まえて、数値モデルによるズワイガニ幼生の分布状況の再現および幼生輸送の年々変動の検討を試みた。

3. 今年度までの調査・研究成果の概要

- (1) ズワイガニ属幼生の分布調査

平成 21 年調査で採集されたズワイガニのほとんどがメガロパ期幼生であり、分布深度範囲は 100 m 以浅にのみ分布していたゾエア期幼生よりも大きく、深度 50～400 m の範囲に分布していた。モード深度は 150～200 m および 250～300 m の 2 峰型で、モード水温は 8～10℃であった。メガロパ期幼生の分布深度範囲は西側よりも東側の方が大きくなる傾向があった。平成 22 年調査では約 400 個体のズワイガニ属幼生が採集され、個体数密度は前年調査の約 2 倍であった。現在、DNA 分析による種判別中である。採集された幼生はメガロパ期主体で、前年調査と同様に深度 100～200 m がモードとなる鉛直分布であった（図 1）。能登半島沖に比較的個体数密度が高かった前年調査とは若干異なる水平分布が確認され、隠岐～若狭湾沖で個体数密度が高くなった（図 2）。メガロパ期幼生の甲幅および甲長と水平分布および鉛直分布に明確な相関は確認できなかった。これまでに実施したゾエア期幼生の鉛直分布特性と海洋環境の関係から

も、幼生の鉛直分布は海水の鉛直密度分布にある程度依存する傾向が確認され、海洋鉛直構造の季節変化のみによっても幼生の分布深度が徐々に深くなる機構の存在が示唆された。

(2) 数値モデルによる幼生分布状況の再現および幼生輸送の年々変動の検討

隠岐～若狭湾沖で個体数密度が高かった平成 22 年 6 月の調査結果は、過去の分布調査結果から推定された幼生期の沈降様式（図 3）を日本海海況予測システム（JADE）のシミュレーションに組み込むことにより正確に再現できた（図 4）。この手法をもとに 1999～2009 年の幼生の輸送を計算し、孵出海域（浜田～隠岐周辺海域）への帰還率（孵出海域への着底率）の年々変動を推定した（図 5）。その結果、ゾエア期幼生輸送時に対馬暖流流路が離岸している年には幼生が孵出海域に滞留しやすくなり、そのような年の着底時期に浜田沖で強い亜表層反流が持続すると、帰還率が非常に高くなることが示唆された。1982～1998 年に関しては中長期モデルデータ（RIAMOM）で幼生の輸送計算を試行したところ、JADE データと同様に幼生の帰還率に年々変動がみられ、レジーム移行期に隠岐海脚至近に特異な冷水渦が生じたときに幼生帰還率が特異的に上昇していたと推測された。

4. 具体的なデータ

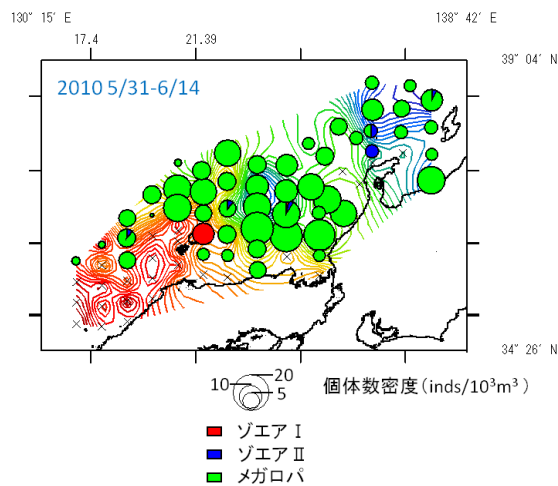


図 1 ズワイガニ属幼生の水平分布（H22 年 6 月）。

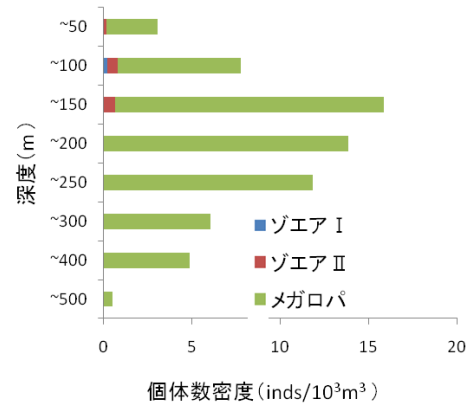


図 2 ズワイガニ属幼生の鉛直分布（H22 年 6 月）。

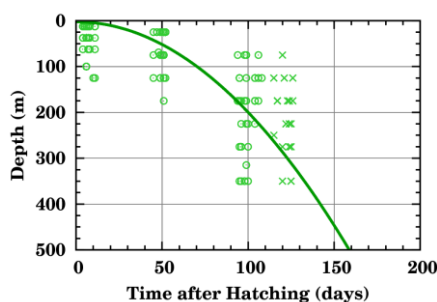


図 3 分布調査データから推定したズワイ幼生期の沈降曲線（孵出海域を浜田沖、孵出時期を 2～3 月と仮定）。

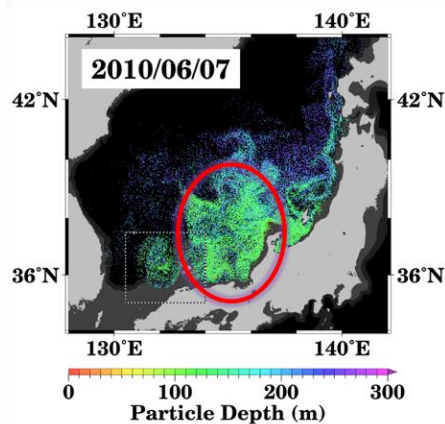


図 4 JADE データを用いたズワイガニ属幼生分布の再現結果。若狭湾沖（大和海盆）に大量の幼生が滞留する状況を再現。

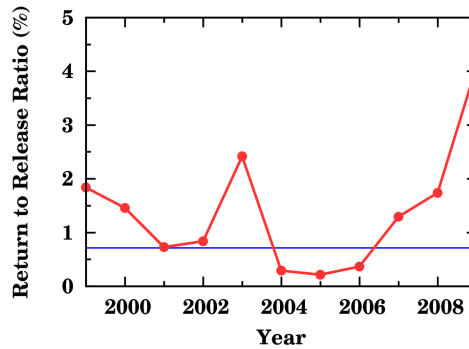


図5 JADE 計算により推定された幼生帰還率の年々変動（99～09年）。赤：各年の帰還率、青：11年平均流速場による帰還率。気候値的な流れでは高い帰還率は望めないが、年ごとに化する流況に応じて帰還率が非常に高くなる年が生じる。

5. 調査・研究推進上の課題

- (1) 輸送計算のパラメタ決定に必要な幼生の生態情報（正確な孵出場所、および時期、浮遊期間、沈降機構、日周移動特性、生残、着底条件、着底から稚ガニまでの期間など）は、まだ十分ではない。詳細な分布・生態調査を継続するとともに、実際の資源変動と輸送計算との対応を検証する必要がある。
- (2) 現時点ではまだDNA分析による種同定に時間を要するため、手法の高度化が望まれる。
- (3) JADE データが現時点では過去11年分しかなく、十分な解析ができたとはいえない。また、観測の不足により、JADEによる垂表層海況の再現性は十分に検証されていない。詳細な海洋観測を継続して信頼性を高めるとともに、物理モデルおよび生物輸送モデルの改良をさらに進める必要がある。

6. 調査・研究発表

- (1) T. Watanabe, 他(2010): Seasonal current structure of the subsurface countercurrent under the Tsushima Warm Current in the east of the Noto Peninsula in the Japan Sea. WPGM, S21A-173.
- (2) T. Watanabe, 他(2011): Seasonal development of the subsurface countercurrent under the Tsushima Warm Current east of the Noto Peninsula in the Japan Sea observed by moored upward-looking ADCP. JO. (印刷中)
- (3) 奥野 章・他(2010): 山陰・隠岐海域で孵出したズワイガニ幼生の輸送シミュレーション. 2010年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集, 166.
- (4) 伊藤 雅・他(2010): 山陰沖陸棚上における対馬暖流の流路変動. 2010年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集, 125.
- (5) 渡邊達郎・他(2010): 能登一佐渡海域における流動変動観測（1）－季節変動－. 2010年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集, 130.
- (6) 井桁庸介・他(2010): 能登一佐渡海域における流動変動観測（2）－数日周期変動－. 2010年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集, 131.
- (7) 本多直人・他(2010): 日本海沖合におけるズワイガニ属幼生の鉛直分布特性. 平成22年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, 6.
- (8) A. Okuno, 他(2010): Numerical simulation of the larval transport of snow crab *Chionoecetes opilio* in the Japan Sea. PICES-2010 Program and Abstracts, 205.
- (9) 奥野 章・他(2010): 幼生輸送シミュレーションにもとづく日本海産ズワイガニの資源変動に関する考察. 2010年度水産海洋学会研究発表大会講演要旨集, 24.

様式-1 平成 22 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、ズワイガニ日本海、スルメイカ秋季発生系群
小課題名 スルメイカ秋季発生系群の餌環境
担当機関 日本海区水産研究所日本海漁業資源部資源評価研究室・日本海海洋環境部海洋動態研究室
担当者名 木所英昭・渡邊達郎・内川和久

1. 調査・研究の目的

スルメイカの資源量は海洋環境の変化と共に大きく変化すると想定されている。また、資源量の変化と共に産卵場や資源構造（発生時期構成）が変化することが明らかとなっている。また、海洋環境の変化を用いた幼生の輸送・生残シミュレーション（平成 20 年度までの動向要因分析調査結果）によって、水温の変化が与える日本海に分布するスルメイカ（主に秋季発生系群）の資源変動への影響を示すことが出来た。しかし、スルメイカの生残には、水温による直接的影響の他、餌環境の影響も想定される。そこで、本課題では、輸送実験によって得られた幼生～幼イカの集積海域における餌料環境を評価し、餌料環境が与えるスルメイカの資源変動への影響についても検討する。

2. 調査・研究方法

- (1) 2003 年～2010 月の衛星画像（MODIS）による基礎生産データ（Chl. *a* の分布密度）を用い、幼スルメイカ分布と餌料環境の関係、および採集数の経年変化との関係を調べた。
- (2) 4 月のスルメイカ新規加入量調査時で採集したスルメイカの消化管内容物を海域別（沖合域と沿岸域）、および外套背長範囲別（5cm 未満、5cm～10cm 未満、10cm 以上）に調査し、加入前のスルメイカの主要な餌生物、海域・大きさによる餌生物の変化を調べた。
- (3) 4 月のスルメイカ新規加入量調査時に、LNP ネットによる 150m の鉛直曳きによって動物プランクトンを採集し、幼イカ分布と餌生物分布の関係を調べた。

3. 今年度までの調査・研究成果の概要

- (1) キュウリエソは沿岸域（対馬暖流域）におけるスルメイカの主要な餌料の一つである。キュウリエソの分布域および分布量はスルメイカ同様に 1989 年のレジームシフトと共に増大・拡大していた。加入前のスルメイカの消化管内容物を分析したところ、沖合域（北緯 37 度 50 分～38 度 20 分）では外套背長範囲に関わりなく、主にオキアミ類、端脚類が多かった（図 1）。沿岸域（北緯 35 度 50 分～36 度 50 分）では、外套背長 5cm 未満まではオキアミ類、端脚類が多かったが、外套背長 5cm 以上では魚類（主にキュウリエソ）が多くなった（図 1）。この結果は、キュウリエソの変化がスルメイカ資源に影響を及ぼす場合、外套背長 5cm 以上の段階における成長・生残に影響を及ぼす可能性を示している。
- (2) スルメイカの新規加入量調査（4 月）では、若狭湾から能登半島の沿岸域にかけては外套背長 5cm 未満（多くは 2cm～4cm）のスルメイカが多く採集され、大和堆南沖（沖合域）では外套背長 5cm 以上のスルメイカが多く採集されていた（図 2）。ここで、動物プランクトンが主な餌料であった沖合域に注目すると、スルメイカの採集個体数が多かった北緯 38 度東経 136 度付近は、オキアミ類および端脚類等のスルメイカの餌料となるプランクトンが多く（表 1）、餌環境としても良好な海域であることが示された。
- (3) 衛星データ（MODIS）では、Chl. *a* の分布密度は沖合の大和堆南周辺で高い傾向が見られ、これまで新規加入量調査で幼スルメイカが多く採集された海域、および H20 年度までに実施

した流動モデルによる輸送実験で幼スルメイカが多く集積され海域の基礎生産量が高いことが示唆された。また、沖合域における Chl. -a の平均分布密度の経年変化は幼スルメイカの平均採集個体数と同様であり、沖合域における Chl. -a の平均分布密度と幼スルメイカの採集個体数有意な相関関係が認められた（図 3）。

4. 具体的なデータ

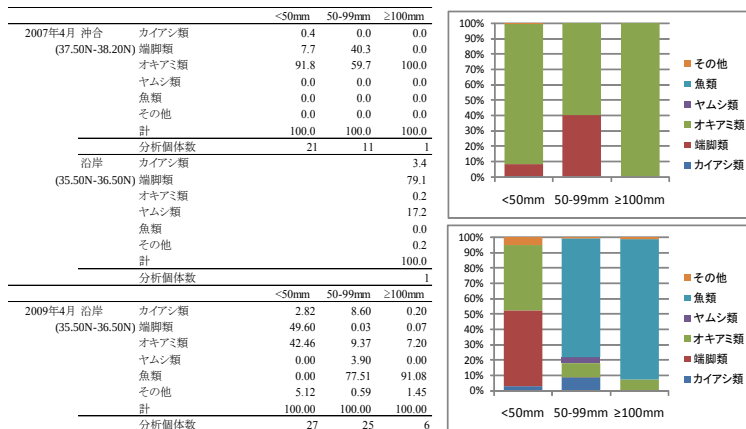


図 1. 新規加入量調査（2007 年および 2009 年 4 月）で採集した幼スルメイカの消化管内容物（重量組成%）。

表 1 2009 年 4 月の動物プランクトン湿重量。LNP による 150m 鉛直曳網採集による。

動物プランクトン(甲殻類)湿重量(g)												
北緯\東経	133.3	134.0	134.3	135.0	135.3	136.0	136.5	137.0	137.5	138.0	138.5	平均
39					5.7		4.0		10.1		6.2	6.5
38			13.3		12.7	10.8	9.2		6.4		12.7	10.7
37	6.2		8.0		6.1	12.9	6.7	2.9				7.0
36	4.2		10.3		7.7		3.3					7.3
35			3.6		2.8							3.2
平均	5.5		9.8		7.9	11.5	6.5	2.9	7.7		8.4	8.0

オキアミ類・端脚類湿重量(g)												
北緯\東経	133.3	134.0	134.3	135.0	135.3	136.0	136.5	137.0	137.5	138.0	138.5	平均
39					1.0		1.0		5.1		1.4	2.0
38			1.5		1.2	3.5	4.3		0.7		1.5	2.2
37	1.3		1.5		0.6	1.9	0.6	0.3				1.1
36	1.1		1.8		1.5		1.1					1.4
35			1.0		0.0							0.5
平均	1.2		1.5		1.0	3.0	2.2	0.3	2.2		1.4	1.6

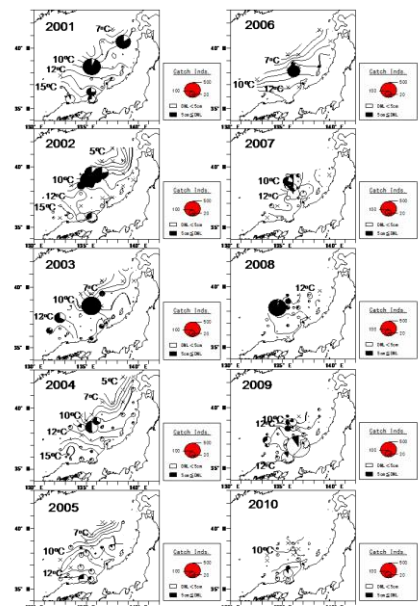


図 2. 2001～2010 年 4 月の幼スルメイカの採集結果

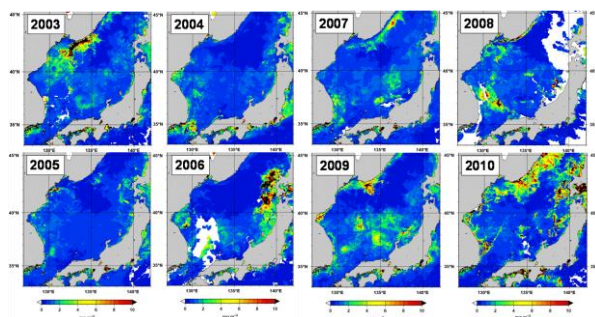
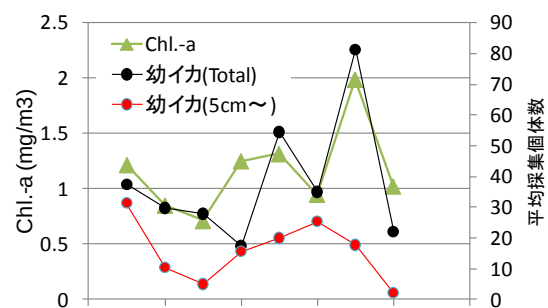


図 3. 2003 年～2010 年の衛星画像（MODIS）による Chl. -a の分布（左図）と、沖合域（北緯 37-39 度、東経 132-137 度）における平均 Chl. -a 密度と幼スルメイカの採集個体数の経年変化



5. 調査・研究推進上の課題

(1) スルメイカの資源変動機構および加入量推定の精度向上には、物理環境に加えて餌料環境の関係を解析することも重要である。そのためには基礎生産・餌料環境との関連に加えてスルメイカの餌料に関する詳細な検討も必要である。

様式-1 平成 22 年度資源動向要因分析調査課題報告書（小課題）

課題番号 9040
大課題名 資源動向要因分析調査
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 日本海の中長期変動モデルの開発
担当機関 日本海区水産研究所日本海海洋環境部海洋動態研究室
担当者名 井桁庸介

1. 調査・研究の目的

日本海における 1980 年代から現在に至る約 30 年間の海洋環境（水温・塩分・流動場）の中長期変動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）を開発し、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。それらを用いてスケトウダラ北部日本海系群、スルメイカ秋季発生系群、ズワイガニ日本海系群に関する稚仔魚の輸送・生残過程のシミュレーションを行い、海洋環境の中長期変動に伴う資源変動要因を明らかにする。

2. 調査・研究方法

- 1) 日本海の渦解像大循環モデル（RIAMOM）を大気客観解析データ（ERA40、JRA25）、SST データ等を境界条件として与えて駆動し、1980 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（H21-22）。
- 2) 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（H22）。
- 3) 中長期変動モデルを用いて、ズワイガニ及びスルメイカの輸送・生残過程の中長期変動を計算し、資源変動仮説を検証する（H22）。

3. 今年度までの調査・研究成果の概要

- 1) 中長期モデルによる 1982 年から 1998 年までの再現実験とその結果の精度検証
平成 21 年度から引き続き、ERA40・JRA25 を使用し、1982～1998 年の日本海海洋環境場の再現実験を行い、パラメータ調整とその精度検証を行った。東韓暖流の離岸位置等の従来の懸案事項を克服した上で、CTD 観測結果に見られる 1990 年代の極前線北上に伴った佐渡北方沖の昇温現象（図 1 (a)）を、より精度良く再現出来るモデルを最適な結果と定義し、パラメータ調整を実施した。その結果、現段階では、JRA25 を用い、SST の同化を行わない方法により、最も良い結果を得ることが出来た（図 1 (b)）。
- 2) 中長期モデルによる 1999 から 2000 年までの計算とその結果の精度検証
1) で得られた結果を使用し、日本海海況予測システム（JADE）の計算時期と重なる 1999 から 2000 年までの計算を行い、その結果の精度検証を行った。検証は、衛星による海面水温データと日本海海況予測システム JADE による再解析データを使用し、極前線の挙動に注目して実施した。中長期モデルは、極前線の形状（134° E 付近の凸状と 138° E 付近の凹状）を良く表現する結果を得たが、衛星データと JADE の結果に比べ、極前線が南に位置している事が判明した（図 2）。
- 3) 中長期変動モデルを用いたズワイガニ及びスルメイカの輸送・生残シミュレーション
1) で得られた中長期モデルの最新結果を利用し、1982 年から 1998 年までのズワイガニ及

びスルメイカの輸送・生残の試行実験を行った。両魚種の生残が中長期変動する結果が得られ、これらをスルメイカ、ズワイガニの両課題に提供した。

4. 具体的なデータ

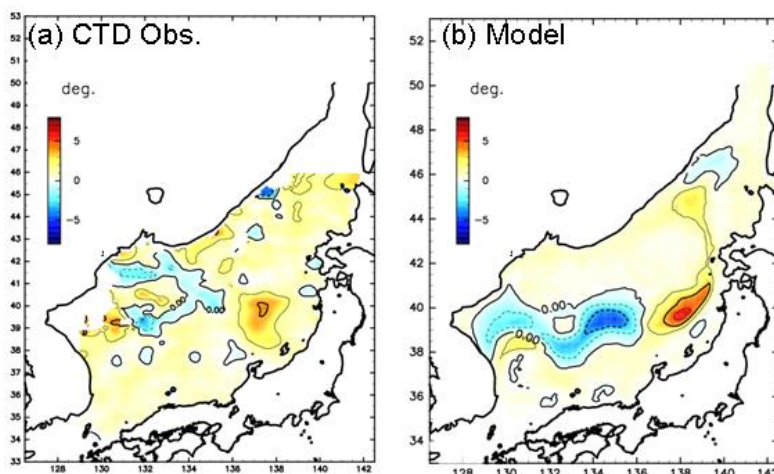


図1. (a) CTD 観測で得られた 50m 深水温を使用して見積もった 1990 年代(1993-1998)から 1980 年代(1982-1987)を差し引いた水温偏差. (b) (a)と同様. ただし, 中長期モデルで再現された 42.5m 深水温を使用.

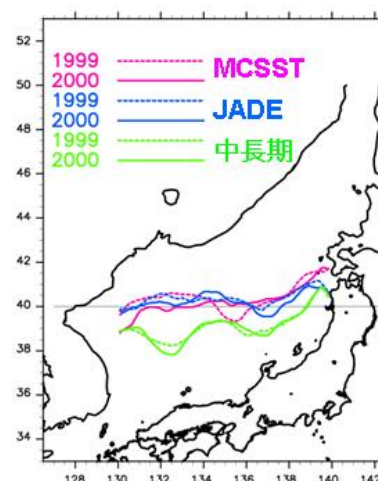


図2. 海面水温勾配から見積もった極前線の年平均位置の推移.

5. 調査・研究推進上の課題

- 1)引き続きパラメータの調節を実施し、中長期変動の再現性の精度を向上させる必要がある。
- 2)連続計算を行う前のスピナップ (RIAMOM をなじませる) 期間の長さについて検討が必要。

6. 調査・研究発表

- (1) Y. Tian, H. Kidokoro, T. Watanabe, Y. Igeta, H. Sakaji and K. Watanabe (2010): Response of yellowtail *Seriola quinqueradiata* in the Japan Sea to sea water temperature over the last century and potential effect of global warming, A2-6115, P100.
- (2) Y. Igeta, T. Watanabe and D. Simizu (2010): Numerical experiment on changes of circulation in the Japan Sea in the end of 1980's, GC-22A01.
- (3) 柿木康児・渡邊達郎・高山勝巳・加藤修(2010): 佐渡海峡の通過流量の経年変化. 2010 年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集, p76.
- (4) 柿木康児(2010): 水位差から推定した佐渡海峡を通過する流量の経年変化. 第 65 回日本海海洋調査技術連絡会総会, CDR0M.
- (5) 柿木康児・渡邊達郎・井桁庸介・高山勝巳・加藤 修(2010): 佐渡海峡の通過流量と周辺海域の海面力学高度の関係, 日本海及び日本周辺海域の海況モニタリングと波浪計測に関する研究集会, CDR0M.

