

様式-2 平成 24 年度資源変動要因分析調査課題報告書（中課題）

課題番号 3000
大課題名 資源変動要因分析調査
中課題名 サンマ太平洋北西部系群
担当機関 東北区水産研究所資源海洋部資源管理グループ
担当者名 巢山 哲

1. 調査・研究の目的

サンマ (*Cololabis saira*) は日本のほか、ロシア、台湾、韓国の3カ国の漁船が漁獲しているが、ロシア、台湾の漁獲量は近年増加している。日本の漁船はおもに8~12月に東経150度以西の日本近海で漁獲を行っているが、台湾と韓国は公海域で5月下旬から漁業を行っている。東北区水産研究所では、サンマの資源量を把握するために、2002年から、漁期前（6~7月）に日本近海から西経165度までの海域で中層トロールを用いた資源量調査を実施し、西経域まで連続してサンマが分布していることが明らかになった。しかし、日本近海に來遊して漁獲対象となるサンマは、漁期前調査時にどこに分布していた魚群であるか、また來遊するサンマの分布域の東限はどこであるのかは明らかになっていない。そのため、本種の資源評価を行う際に調査海域をどこまで設定すべきか、また、公海で行っている外国船の漁獲量が増大した場合に、日本に來遊する資源にどのような影響があるのかは明らかになっていない。

このように北太平洋に広く分布するサンマであるが、東シナ海、日本海や北米沿岸に分布するものを含めて、集団遺伝学的には変異がきわめて小さいと考えられている。ところが、耳石による成長の解析から、沿岸域および沖合域では成長に差が見られることが明らかになってきた。また、漁期前調査時には沿岸（西側）にサンマが多い年と少ない年があり、この分布様式の変化がその年の日本近海の漁場への來遊時期や量に影響を及ぼす可能性が指摘されている。

そこで、本課題では漁期前調査で採集された標本を主体に解析することにより、各海域で採集されたサンマの成長や摂餌生態、成熟過程にどのような差があるのかを調査する手法を開発し、海域および年による生活史の差を明らかにする。これらの差は餌生物や海洋環境に影響されていると考えられるので、海洋物理学的環境や植物・動物プランクトンの分布特性やその年変化を明らかにし、これらの年変動がサンマの生活史にどのような影響を与えているのかを検討する。さらに、漁期に採集されたサンマと漁期前調査で各海域において採集されたサンマと生物学的な特性を比較し、日本近海に來遊するサンマの漁期前調査時における分布の東限や、日本近海に來遊するまでの過程を推定する。得られた結果を資源変動要因分析調査において開発してきたサンマ成長・回遊モデルに反映して高度化し、漁期前調査から漁場に回遊するまでの過程を再現する。そして、漁期前調査結果を初期値として漁期の日本近海への來遊シミュレーションを行なう。

2. 今年度までの調査・研究成果の概要

- (1) 日本沿岸側（西側海域）と沖合域（東側）で採集されたサンマの間には成長に差があることが分かっていたが、その差を生じる日齢がいつ頃かは特定されていなかった。2006年に採集された1歳魚の耳石微細輪紋幅の解析から、ふ化後16日後には耳石径に有意差が現れることが示された。また、産卵期の初期（9~12月）にふ化した個体のみで日齢ごとの耳石径を比較すると、産卵期中期（1~3月）に生まれた個体よりも差が現れる時期が早いことが示された。(3010)
- (2) 成長に伴うサンマの餌料生物の変化を明らかにするため、体長階級別に消化管内容物に現

れるカイアシ類の種を解析した。0歳魚の消化管内容物の出現頻度は東経域ではカイアシ類が95.6%、オキアミ類が1.1%、西経域ではカイアシ類が48.1%、オキアミ類が63.0%であり、西経域ではオキアミの依存度が高かった。0歳魚が捕食しているカイアシ類の種類は成長に伴い変化し、体長100~150mmぐらいまでは主として *Paracalanus* 属などの小型が多く、150mmを超えるとサイズの大きい *Neocalanus* 属に転換していた。*Paracalanus* 属は東経域と西経域での分布密度にどちらかが高いという傾向はみられなかったが、*Neocalanus* 属は東経域の方が西経域に比べて密度が高かった。(3010)

- (3) 漁期前調査時に行った海洋観測結果から、調査線の南北における亜寒帯前線 (SAF) と亜寒帯境界 (SAB) の位置を決定し、海域を①亜寒帯前線の北 (N)、②亜寒帯前線と亜寒帯境界の間 (Transition Domain: TD) ③亜寒帯境界の南 (S) (Favorite et al., 1976) に区分し、海域ごとの特徴とその年変動を明らかにした。SAFは東経域では確認できない年があったが、西経域では全ての年で調査海域内に SAF が確認できなかった。西経域の SAB は安定して確認できるが、南北位置は年変動が大きかった。(3020)
- (4) 0~150mまでのクロロフィル a 濃度の積算量と表面のクロロフィル a 濃度との間に相関が認められたが、クロロフィルの極大値は10~30m付近に現れることが多く、海面のクロロフィル a 濃度が低くても0~150mまでのクロロフィル a 濃度の積算量が高い海域があった。海面のクロロフィル a の量が少ないものの0-150mの積算量が高い海域がどこに分布するのか、(3)で行った海洋環境区分にもとづいて今後検討を行う。(3020)
- (5) 経産魚の判別指標について、引き続き手法の開発を行っている。アルデヒドフクシン染色—オレンジ G による2重染色では経産魚の指標となる卵巣内の細血管の内弾性板を見分けることが可能なものの、産卵後の時間経過に伴い判別が難しくなる。そこで、飼育サンマの卵巣標本についてビクトリアブルー—アゾカーミン二重染色を行ったところ、長期間産卵を継続した経産魚では卵巣内にビクトリアブルーに陽性の小血管が多数観察されたのに対し、若齢魚や高齢未産魚ではほとんど観察されず、本染色法が経産魚と未産魚の判別に有効である可能性が高いと考えられた。(3030)
- (6) オイラー型モデル (個体群の動態を地理的に格子状に分けた区域で計算するモデル) において昨年まで使用していた海色衛星データを SeaWiFS から MODIS/Aqua に変更し、モデルの計算期間を2009年まで延長した。さらに、モデル内での日本近海への来遊量の年々変動が、実際の来遊資源量指数と同じ変動をするように西向き能動遊泳速度を調節した。その結果、西向き能動速度が2004年に低く、2008年に高いという年による違いが見られた。
- (7) 昨年度までに改良を行った Super Individual based model (個体ごとに移動と成長を追跡するモデル) を用いて、産卵場への回帰率を上げるために必要な条件を検討した。その結果、西向き能動遊泳を取り入れると西経域での回帰率が向上したものの、東経域における回帰率は若干の向上にとどまった。探索範囲を広げた場合は、東・西経両域で回帰率が向上した。西向き能動遊泳を取り入れ且つ探索範囲を拡大した場合は、両域で回帰率が向上したが、西経域での向上が大きかった。これらの結果から、サンマが探索範囲を広げることができるようなアルゴリズムの考慮の必要性が示唆される。

3. 調査・研究推進上の課題

- (1) 漁期前調査によって採集したデータに依存する課題が多いため、この調査を継続することが重要である。
- (2) それぞれの小課題の中で、海洋環境や餌料生物、サンマの成長などの海域差が明らかになってきた。また、モデル課題においても個体や個体群の移動や成長を再現できるようになってきている。今後は各小課題で得られた課題を比較し、結果に整合性がとれない部分について研究を進める必要がある。

- (3) 餌料となる甲殻類,特にオキアミ類の種の同定が難しく、餌生物の解析が進んでいない。西経域ではカイアシ類の他オキアミ類がサンマの重要な餌生物となっているが、胃内容物および環境中の定量的評価が重要である。
- (4) 2012年度は、従来の西経165度までの調査海域に加え、開洋丸による西経143度までの調査を行い、表層トロールによるサンマの採集の他、海洋観測やクロロフィルa定量のための各層採水も行った。そのため例年以上の標本が得られているが一部の標本は分析が進んでいない。サンマの調査がほとんど行われていない海域の標本であるため、確実に解析を進める必要がある。

4. 特筆すべき成果

- (1) 小課題3010において、沿岸域と沖合域における成長差が、ふ化後30日以内に生じることが示された。また、この差は産卵期の初期(9~12月)にふ化した個体では、産卵期中期(1~3月)に生まれた個体よりも成長差が現れる時期が早いことが示された。今後前年に採集された0歳魚の綫紋解析を行い、成長差が現れる過程を詳細に検討する。
- (2) 小課題3040において、オイラーモデルにおいて、西向き能動遊泳速度を調節した結果、年による違いが見られ、西向き能動速度が2004年に低く、2008年に高いという結果を得た。西向きの能動速度が年によって変化することが示唆されたため、海洋環境との関係が解明されれば、漁期前調査時の結果に基づくサンマ漁期の来遊予測の精度が向上すると期待される。

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 3010
大課題名 資源変動要因分析調査
中課題名 サンマ太平洋北西部系群
小課題名 北上期における成長および摂餌生態の地理的経年的変動
担当機関 東北区水産研究所資源海洋部資源管理グループ
担当者名 巢山 哲・中神正康・納谷美也子・清水昭男（中央水研）

1. 調査・研究の目的

東北区水産研究所では、2003 年から毎年 6～7 月に北太平洋においてサンマの漁期前調査を行っているが、分布するサンマの密度や体長、年齢組成、摂餌する餌生物は海域によって異なることが分かってきた。特にこの時期は活発な摂餌を行い、体長も急速に成長する時期であるため、成長の年変動や海域差が出やすい時期と考えられる。これらの年変動は、8 月以降日本近海に形成される漁場への来遊時期や漁獲物の体長組成および肥満度、さらに秋以降の産卵期における産卵数に影響する可能性が考えられる。そこで、本課題では漁期前調査で得られたサンマの栄養状態や成長、分布の把握とその年変動の実態を明らかにし、漁期に漁獲されたサンマと比較することによって、北上期の生物学的特性の年変動が漁獲物の特性や再生産に及ぼす影響を検討する。

2. 調査・研究方法

漁期前調査によって、6～7 月におけるサンマの年齢別分布尾数やその体長組成とその年変動が明らかになっている。また、耳石による成長の解析からは、沿岸で成長した個体は沖合で過ごした個体よりも成長がよい可能性が示されている。1 歳魚の耳石を観察すると、透明帯（年輪）の半径や、耳石タイプが海域によって異なり、調査海域の東側では年輪の半径が小さく透明帯は不透明帯には含まれた明瞭な帯として現れる耳石（タイプ III）を持つ個体の割合が高いのに対し、西側では年輪半径が大きく透明帯は耳石縁辺部に広く出現する耳石（タイプ II）を持つ個体が多いことが報告されている。さらに、東側と西側では、餌生物の量や種類に違いがあることが分かっており、餌となるプランクトンの密度も、両海域で異なっていることが示されている。そこで本課題では

- (1) 耳石の年輪の半径や耳石タイプは、2006 年には東経 160 度付近を境界として東西で差が見られたが、このような地理的変化が毎年観察されるのか、その境界位置には年変化があるのかを明らかにする。また、ふ化時期や耳石の成長を比較することによって、両海域で成長差を生じる原因を推定する。
- (2) 日本近海の漁場で漁獲されるサンマについても耳石の観察を行い、漁獲の対象となっているサンマが漁期前調査時にどの海域に分布していた個体群に特徴が近いかを明らかにする。
- (3) 餌料生物となるプランクトンの採集を行うとともに消化管内容物を分析し、摂餌重量や餌となる動物プランクトンの海域差の年変動を評価する。
- (4) 耳石以外に調査海域西側で成長した群と東側で成長した群の差を示す形質がないかを探索する。

3. 今年度までの調査・研究成果の概要

- (1) 2006 年に採集された 1 歳魚の耳石微細輪紋幅を耳石核から外側に計数可能な部分まで計

数し、耳石核からの距離の計測を行った。東経 160 度以西（西側）で採集された 48 個体と、東経 170 度以東（東側）で採集された 89 個体の計 137 個体について輪紋の計測を行い、各個体のふ化時期を 2nd-Peak 法 (Kurita et al. 2004) によって推定した上で、西側と東側で耳石成長様式にどのような差があるのかを検討した。両群の耳石成長の違いを解析した全ての個体で比較すると、ふ化後 16 日以降の耳石径で有意差が見られた (t-test, $p < 0.05$)。産卵期前期 (9 月～12 月；西側 17 個体, 東側 34 個体, 計 51 個体) と産卵期中期 (1 月～3 月；西側 31 個体, 東側 54 個体, 計 85 個体) に分けて解析すると、前者は 16 日目以降、後者は 31 日目以降に有意差が見いだされた。両海域での成長差はふ化後早い時期に生じること、産卵期初期に生まれた群では中期に生まれた個体に比べ、早い時期に成長の差を生じることが示唆された。

- (2) 成長に伴うサンマの餌料生物の海域差及び餌料となるカイアシ類の分布の地理的变化を明らかにするため、今年度は 0 歳魚の餌料生物について調べた。2005 年に東経域 (155-171E: 90 個体) 及び西経域 (165W: 27 個体) で採集された 100~200mm のサンマの消化管内容物と 2005~2008 年の 100 μm 目合いの NORPAC ネット 20m 鉛直曳きで得られた動物プランクトンの分布密度を解析した。消化管内容物の出現頻度は東経域ではカイアシ類が 95.6%、オキアミ類が 1.1%、西経域ではカイアシ類が 48.1%、オキアミ類が 63.0% であった。サンマが捕食していたカイアシ類は 100~150mm ぐらいまでは主として *Paracalanus* 属などの小型が多く、150mm を超えるとサイズの大きい *Neocalanus* 属に転換していた。カイアシ類の平均分布密度は *Paracalanus* 属が *Neocalanus* 属に比べ高かった。*Paracalanus* 属は東経域と西経域での分布密度にどちらかが高いという傾向はみられなかったが、*Neocalanus* 属は東経域の方が西経域に比べて密度が高かった。

4. 具体的なデータ

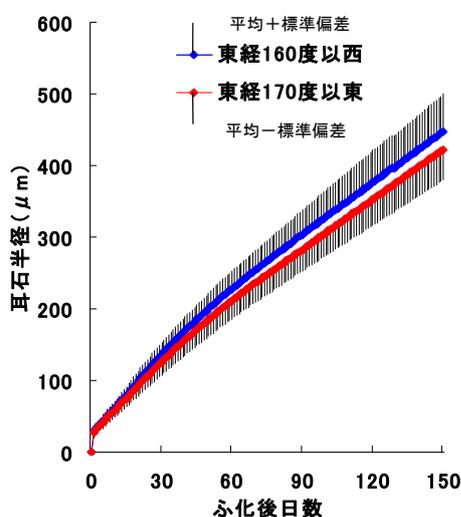


図 1. 東経 160 度以西と、東経 170 度以東（東側）で採集されたサンマ 1 歳魚の日齢別耳石径の比較。

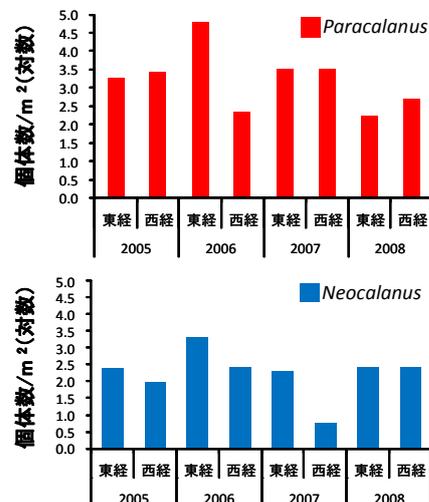


図 2. カイアシ類 *Paracalanus* 属及び *Neocalanus* 属の海域による平均分布密度の違い。100 μm 目合いのノルパックネットによる、日没直後の 20m 深からの鉛直曳きによる採集。

5. 調査・研究推進上の課題 特になし。

6. 調査・研究発表

- (1) Suyama et al. (2012) Migration route of Pacific saury *Cololabis saira* inferred from the otolith hyaline zone. *Fish Sci* 78:1179. 1186.

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	3020
大課題名	資源動向要因分析調査
中課題名	サンマ太平洋北部系群
小課題名	海洋環境の経年変動と分布様式に及ぼす影響
担当機関	東北区水産研究所資源海洋部資源管理グループ、海洋動態グループ
担当者名	中神正康・納谷美也子・巢山 哲・伊藤進一・塩本明弘（東京農業大学）

1. 調査・研究の目的

東北水研が6～7月に行っている東経 143 度～西経 165 度の調査結果から、サンマの分布量は、東経 160 度より西では毎年少ないか変動が大きいこと、東経 160 度以东では変動が少ないことが明らかとなっている。また相対的に調査海域の西側では 1 歳魚が多く、東側では 0 歳魚が多い傾向が見られる。これらサンマの分布様式の違いは海洋物理学的環境や基礎生産力などの東西方向での違いが反映していると考えられる。

そこで、本調査では毎年 6-7 月に行われているサンマの漁期前調査で得られたサンマの分布と海洋物理学的データ及び基礎生産力の指標となるクロロフィル a 濃度などを対応させることで、サンマの分布に影響する要因を検討する。今年度は、調査海域における人工衛星データ利用によるクロロフィル a 量のモニタリング可能性の検討と 2011 年までの海洋環境データによる東西南北の海洋構造区分を行った。

2. 調査・研究方法

- (1) 2003 年以降に行われたサンマ漁期前調査で得られた海洋観測データ（各層の水温・塩分躍層水深など）を整理し、年による海洋物理学的環境の特徴を把握する。基礎生産力データは、サンマの漁期前調査において、表面から 150m までのクロロフィル a 濃度及び栄養塩類（アンモニア、硝酸、亜硝酸、リン酸、ケイ酸）データも測定するほか人工衛星データも使用し双方のデータを比較する。また、これら環境要因とサンマの年齢別分布量、海域別の体サイズなどを照合する。
- (2) 24 年は 2003～2011 年調査時の海洋観測データ（500m 深までの水温、塩分観測）により、サンマ分布密度と海洋環境の特徴を調べた。水溫・塩分値は東西方向に経度間隔約 4 度ごとに南北 9 断面（東経 143 度～西経 165 度）の鉛直断面図を作成し、Favorite et al. (1976) の定義に従い、亜寒帯前線（SAF）と亜寒帯境界（SAB）の位置を決定し、①亜寒帯前線の北（N）、②亜寒帯前線と亜寒帯境界の間（Transition Domain: TD）③亜寒帯境界の南（S）の海洋環境の区分を行った。当年の 6-7 月調査で得られた 60 点の 0-150m 深までのクロロフィル a データ積算量と表面のクロロフィル a 濃度との関係を検討し、表面のクロロフィル a 濃度がその海域のクロロフィル量を代表しているか検討した。

3. 今年度までの調査・研究成果の概要

- (1) 海洋観測結果から、151E 以东では北の調査点から南下するに従って亜寒帯系水→亜熱帯系水へと変化していく構造が確認されたものの、西経域と東経域ではその特徴は異なった。東経域では年により SAF が確認できる年とできない年がみられたが、西経域では解析を行った全ての年で調査海域内に SAF が確認できなかった。西経域の SAB は安定して確認できるが、南北位置は年により変動していた。SAF-TD-SAB の位置とサンマの分布を比較した結果、サンマは TD 内および前線付近に多い傾向が見られた。しかし SAF-SAB 間だけでな

く、前線構造の南北にまたがって出現していた。特に年により SAB の南北分布には変動がみられた。有漁獲点の水温・塩分レンジの絶対値に年による違いはみられなかった。

(2) 0~150m までのクロロフィル a 濃度の積算量と表面のクロロフィル a 濃度との間に相関が認められた。よって、表面のクロロフィル a 濃度を用いることで植物プランクトン群集の現存量がモニタリングできることが示唆された。しかし、クロロフィル a の極大値は 10~30m 付近に現れることが多く、海面のクロロフィル a 濃度が低くても 0~150m までのクロロフィル a 濃度の積算量が高い海域があった。海面のクロロフィル a の量が少ないものの 0-150m の積算量が高い海域がどこに分布するのか、(1) で行った海洋環境区分にもとづいて今後検討を行う。

4. 具体的なデータ

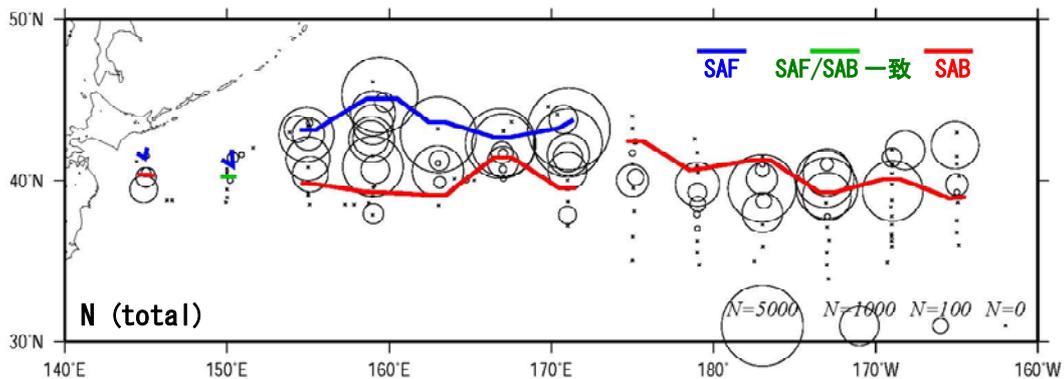


図 1. トロール調査によるサンマの分布 (尾数) と前線位置 (2005 年) 東経域では主に SAF-SAB 間で出現し、西経域では調査の経過 (東進) に従い北上する傾向がみられた。

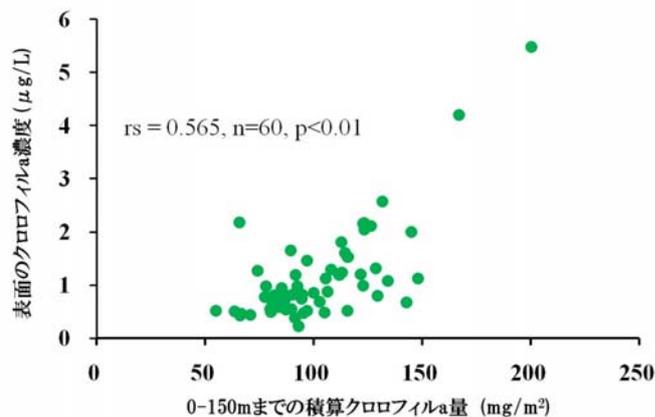


図 2. 表面から 150m までの全クロロフィル a 濃度の積算量 (mg/m^2) と表面のクロロフィル a 濃度との関係。

5. 調査・研究推進上の課題

特になし。

6. 調査・研究発表

(1) 中神正康・納谷美也子・巢山 哲・上野康弘 (2012) 漁期前調査結果によるサンマ年齢別分布の特徴. 第 61 回サンマ等小型浮魚資源研究会議報告書.

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 3030
大課題名 資源動向要因分析調査
中課題名 サンマ太平洋北西部系群
小課題名 年齢別成熟割合を求める簡易標準手法の高度化と応用
担当機関 中央水産研究所水産遺伝子解析センター機能研究グループ
東北水産研究所資源海洋部資源管理グループ
担当者名 清水昭男（中央水研）・巢山 哲（東北水研）

1. 調査・研究の目的

サンマの資源評価を行う上で親魚量及び産卵数の推定は重要であるが、親魚量の推定に必要な年齢別の成熟度に関しては未だに信頼できる推定方法が存在しない。この課題について、これまで行われてきた飼育実験で得られた標本や産卵場調査によって得られる多様な親魚標本を詳細に解析し、経産魚・未産魚の判別技術の高度化を図るとともに、毎年の変動が容易に判別できるように簡易な手法を開発する。これらの知見をもとに、サンマの資源評価および資源予測の高度化を図る。

既存の知見として、飼育実験下において群としての産卵数や産卵期間が明らかになっている。また、産卵後の個体には卵巣中に特異な細血管が観察されることから、これが経産魚の指標となる可能性が示されている。一方、野外調査で得られた1歳魚の卵巣の細血管を観察したところ、血管の量や分布様式には変異が大きく、経産魚と未産魚判別の確実な指標とするためには、さらに解析が必要なが分かった。また、産卵期間の長短が、血管の分布様式に影響を及ぼしている可能性も指摘されている。

2. 調査・研究方法

(1) 経産・未産魚判別技術の高度化

卵巣組織について様々な染色法や、免疫組織化学など生化学的手法を用いた染色等を検討し、さらには脳下垂体、肝臓等の生殖関連組織の観察等を行うことにより、産卵履歴評価手法の正確化、高度化をはかる。

(2) 産卵量の変化が卵巣中に血管の分布様式に及ぼす影響

厚岸栽培技術開発センターでの飼育により蓄積された、群産卵履歴の明らかな魚の卵巣サンプル、及び産卵場調査や産卵期の漁獲物調査によって得られた様々な時期の多様な卵巣サンプルを解析することにより、産卵量と卵巣内血管との関係をより精密に検討する。

(3) 経産・未産魚判別技術の簡易的・標準的手法の確立

より簡便かつ安定した染色法の開発や、卵巣組織データの数値化等を行うことにより、経産・未産魚判別を簡易・標準化する。ホルマリン固定標本を用いた、ルーチン業務として行える手法を目指す

◎24年度はサンマ卵巣切片に様々な染色法を試み、産卵履歴推定の高度化・簡便化を目指す。

3. 今年度までの調査・研究成果の概要

昨年度の成果

- (1) 卵巣内血管等の観察をルーチン業務で可能とすることを目標に染色法の検討を行った。ビクトリアブルー染色法は、市販の染色液があり染色法も簡便なため、ルーチン手法の候補の一つに挙げられた。染色時間は1時間が適当と判断された。

- (2) サンマ漁期前調査において得られた1歳魚サンマ69個体について、内弾性板の発達した小血管の出現を指標として経産魚未産魚の予備的判別を試みた。経産魚、未産魚、判定保留はそれぞれ40、11、18個体となり、現在の方法でもある程度の経産魚未産魚判別が可能と思われるが、正確な判断にはより詳細な指標が必要と考えられた。

当該年度の成果

- (1) サンマ卵巢、特に卵巢内血管の様々な染色法を試みた。ビクトリアブルー―鉄ヘマトキシリン―ピクリン酸―酸性フクシン四重染色は、手法が煩雑でルーチンの解析には不向きだが、卵巢血管の各種成分を最も鮮明に染め分けることができ、詳細な解析には最適であることが明らかとなった。
- (2) ビクトリアブルー―アゾカーミン二重染色法は、手法が簡便かつ染色液の全てが市販のものを利用することが出来るため、ルーチンの解析に適すと思われた。
- (3) 飼育サンマの卵巢標本についてビクトリアブルー―アゾカーミン二重染色を行ったところ、長期間産卵を継続した経産魚では卵巢内にビクトリアブルーに陽性の小血管が多数観察されたのに対し、若齢魚や高齢未産魚ではほとんど観察されず、本染色法が経産魚未産魚の判別に有効である可能性が高いと考えられた。
- (4) 共焦点レーザー顕微鏡を用いてサンマ卵巢の予備的観察を行った。本手法は垂直方向の解像度に非常に優れるため、通常の光学顕微鏡と比べてより精密な解析が可能であり、今後二重染色法等を開発すれば経産魚と未産魚の判別にも適用が期待できる。

4. 具体的なデータ

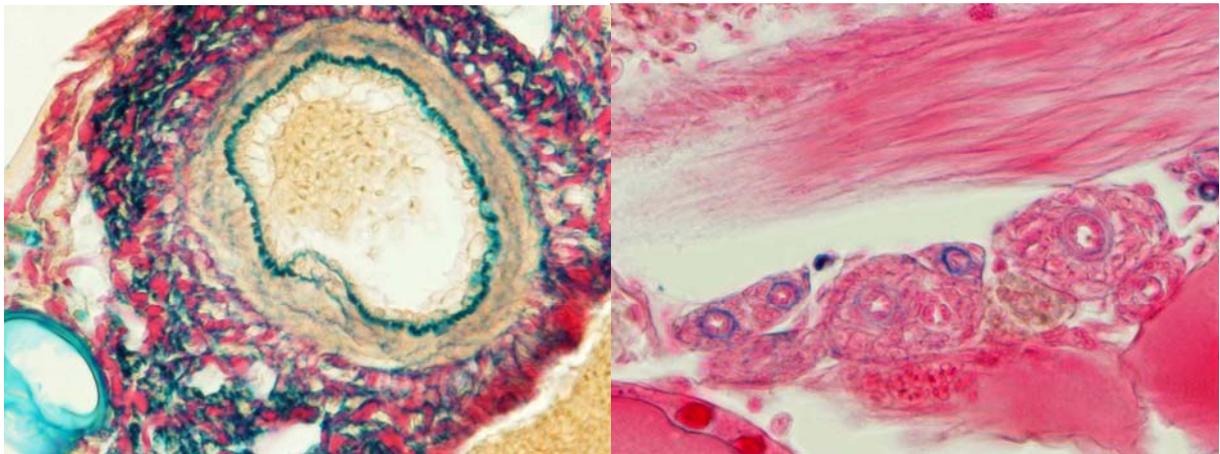


図1. サンマ血管の各種染色法による染色。左、ビクトリアブルー―鉄ヘマトキシリン―ピクリン酸―酸性フクシン四重染色を行ったサンマ卵巢動脈切片。弾性繊維(青)、膠原繊維(赤)、平滑筋(黄)及び細胞核(茶)が鮮明に染め分けられている；右、長期間産卵を行ったサンマ卵巢内小血管のビクトリアブルー―アゾカーミン染色。ビクトリアブルー陽性の血管が多数観察される。

5. 調査・研究推進上の課題

特になし。

6. 調査・研究発表

- (1) 清水昭男・巢山 哲(印刷中) サンマ卵巢切片のルーチンの染色法の検討と、野外採集サンプルの予備的な経産魚未産魚判別。第61回サンマ等小型浮魚資源研究会議報告書。
- (2) 巢山哲(2013), 飼育下におけるサンマの産卵生態, 水産学シリーズ 175 漁業資源の繁殖特性研究, 92-106

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 3040
大課題名 資源動向要因分析調査
中課題名 サンマ太平洋北西部系群
小課題名 回遊モデルの高度化と漁期前調査結果を用いた漁況予測手法の開発
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
北海道大学大学院環境科学院生物圏科学専攻
担当者名 伊藤進一・笥 茂穂・大野創介（東北区水産研究所資源海洋部）
岸 道郎（北海道大学大学院環境科学院）

1. 調査・研究の目的

これまで開発してきたサンマ成長・回遊モデルを高度化し、漁期前調査結果を初期値として漁期の日本近海への来遊シミュレーションを行ない、その問題点の抽出からサンマ回遊と海洋環境との関係を推定・検証する。

2. 調査・研究方法

資源動向要因分析調査において開発したサンマ成長・回遊モデルを、同調査で得られている飼育実験結果、野外調査結果などの情報を取り入れて高度化する。このモデルを、漁期前調査結果から得られるサンマの分布を初期値として、できるだけ現実的な海洋条件のもと駆動し、漁期中の日本近海への来遊シミュレーションを行う。

- (1) これまでの Super Individual Based Model (SIBM) の来遊シミュレーション結果から、通常の回遊アルゴリズムでは、日本近海への相対来遊量が極端に小さくなってしまっていることがわかっている。この結果は、サンマが能動的に西向きの遊泳を行っていることを示唆するが、その能動的な遊泳がどの程度必要であるのか。また、その遊泳速度がどのような年々変動をしているのかを調べる。西向き能動遊泳の年々変動と海洋環境とを対比することによって、どのようなメカニズムで西向き能動遊泳の変化が起きているのかを明らかにする。平成 24 年度は、これまで行った産卵回遊時の西向き能動遊泳の有無の実験、遊泳方向探索範囲を緯度経度 1/3 度から 1 度に広げた実験の結果をもとに、サンマの産卵場回帰率の変化を調べた。
- (2) オイラー型モデルでは、絶対来遊量を計算することが可能なことから、上記 SIBM の回遊メカニズムや他課題における成果を取り入れつつ日本近海への漁期来遊量シミュレーションを行ない、来遊する群の魚体組成などの再現精度を評価する。また、0 歳魚、1 歳魚の産卵強度の変動を解析し、加入量への貢献度を推定する。平成 24 年度は、来遊資源量指数が中位であった 2006 年を基準とし、モデル内でのその他の年の漁期来遊量が、実際の来遊資源量指数と同じ変動をするように西向き能動遊泳を変化させ、西向き能動遊泳必要量を求めた。

3. 今年度までの調査・研究成果の概要

- (1) 平成 23 年度までに行なった SIBM を用いた産卵回遊時の西向き能動遊泳の有無による数値実験から、西向き能動遊泳を加えただけでは中規模渦などに捕捉され日本近海までの回遊が再現されないこと、探索範囲を拡大するだけでも西向きに産卵回遊することが分かった。両者を取り入れた場合には産卵場が日本沿岸にも形成されることが分かった。平成 24 年度は、これらの計算結果において、産卵場への回帰率がどのように変化するか詳細に調べ

た(表1)。その結果、西向き能動遊泳を取り入れると、西経域での回帰率が向上したが、東経域では若干の向上にとどまった。探索範囲を広げた場合は、東・西経両域で回帰率が向上した。西向き能動遊泳を取り入れ且つ探索範囲を拡大した場合は、両域で回帰率が向上したが、西経域での向上が大きかった。これらの結果から、サンマが探索範囲を広げることができるようなアルゴリズムの考慮の必要性が示唆される。

(2) オイラーモデルでは、平成23年までに海色衛星データを SeaWiFS から MODIS/Aqua に変更し、計算期間を2009年まで延長した。現実的なサンマの産卵場をモデルで再現するためには、西向き能動遊泳をモデル内での巡航遊泳速度と同じオーダーにしなければならないことがわかった。これは上記のSIBMでの中規模渦への補足を除去するために必要な遊泳と考察された。平成24年度は、モデル内での日本近海への来遊量の年々変動が、実際の来遊資源量指数と同じ変動をするように西向き能動遊泳速度を調節した(図1)結果、西向き能動速度が2004年に低く、2008年に高い結果を得た(図2)。今後はこの時系列と海洋環境との対応を調べ、西向き能動遊泳速度を制御する要因を調べる。

4. 具体的なデータ

表1. 生まれた位置から2度以内に帰ってきて産卵をするサンマの割合

CASE	Initial Position			
	130°E to 180°E		181°E to 250°E (110°W)	
	1st year	2nd year	1st year	2nd year
01(産卵条件のよい海域を目指すだけ。探索範囲は周辺1度)	5/159	2/159	5/163	1/163
02(上に西向き遊泳を加える)	8/159	5/159	33/163	1/163
03(01の探索範囲を3度に広げる)	24/159	17/159	32/163	6/163
04(03に西向き回遊を加える)	29/159	4/159	47/163	0/163

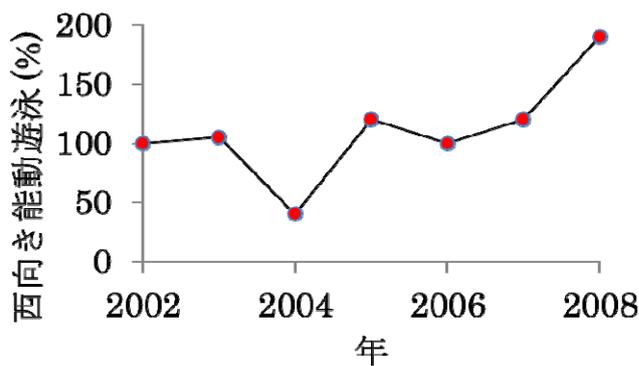


図2. モデル内で調節した西向き能動遊泳速度(巡航遊泳速度に対する百分率)。

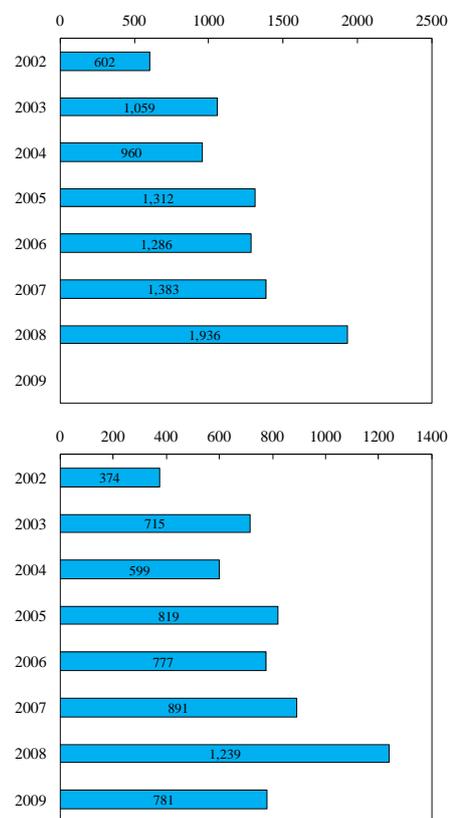


図1. モデル内で計算された来遊資源量(左)と実際の来遊資源量指数。

5. 調査・研究推進上の課題

現実的な流速場のデータセットの作成の継続が困難な状況にある。

6. 調査・研究発表

(1) 大野創介ほか(2013): 魚類成長過程を考慮した動態モデルの開発. 2013年度日本海洋学会春季大会要旨集. (印刷中)