

## 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 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、日本近海に来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、また来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、日本に来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来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、日本近海に来遊するサンマの漁期前調査時における分布の東限や、日本近海に来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来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) 海域別の0歳魚の成長速度の違いを明らかにするため、2005年に採集された0歳魚について、漁期前調査時に東経159度上の調査線および西経域で採集した2群に加え、漁期に日本近海で漁獲された0歳魚も加えた3群で耳石径の成長を比較した。漁期前調査時に採集した2群では、違いが見られなかった。また、漁期の耳石径は、57日以降では漁期前調査時に採集された群よりも有意に大きかった。
- (2) 2003~2013年6~7月の前線構造の分布は以下の特徴が見られた。SAF及びSABは東経151度付近および東経167~171度付近では毎年調査海域内で確認されたが、両者の南北位置

には年による違いが見られた (図 1 上図)。サンマが毎年出現する東経 171 度線上の SAB の平均位置の緯度は 2003~2007 年に北緯 39 度付近であったのに対し、2008~2013 年は 43 度付近に約 4 度北上した。一方、SAF の平均緯度は 44 度付近で大きな変動は見られなかったため 2008~2011 年は SAB と SAF の南北間隔は狭くなった。2012 年以降、SAF は北上し、再び SAB と SAF の南北間隔は広がった。南北間隔の変化は黒潮続流の勢力の変動による流軸の南北変化が関係していたことが推察される。

- (3) 海域別クロロフィル a の最近 10 年の変動を明らかにするため、現場観測のデータに基づき、2004~2013 年の 0~150m までのクロロフィル a 積算量の経年変化を解析した。その結果、クロロフィル a 積算量は隔年変動を示すこと、2006 年以前 (36~46mg/m<sup>2</sup>) に比べて 2007 年以降 (48~54mg/m<sup>2</sup>) の方が高い値であるという特徴があることが分かった。
- (4) 簡易な経産魚の判別方法を開発するため、様々な成熟状態の飼育サンマの卵巣標本に対して、近接切片のアルデヒドフクシン-オレンジ G 染色とビクトリアブルー-アゾカーミン染色とを行い、血管構造の比較を行った。卵巣内細動脈は成熟に伴い発達し、アルデヒドフクシン陽性の弾性繊維も同時に増加するが、産卵期終了後、卵巣の退行に伴って、弾性繊維が分断や凝縮等の退行的兆候をみせることが明らかとなった。細動脈の弾性繊維のうち、退行変性したもののみがビクトリアブルー陽性となることから、未発達の卵母細胞のみを持つが、ビクトリアブルー陽性の血管を多数もつものは、過去に産卵してその後退縮した経産魚とみなせることが示された。
- (5) オイラー型モデルによって、西向き能動遊泳速度の年変動と海洋環境の関係を検討した。5 月から 6 月にかけて、北太平洋中央部が高水温でその他の縁辺部が低水温であると西向き能動遊泳が強まる関係にあった。また、8 月から 10 月にかけては北西太平洋が高水温で北東太平洋が低水温のときに、西向き能動遊泳速度が強まることが示された。
- (6) 海域によるサンマの成長速度の違いをモデル上で検討するため、SIBM を用いた数値実験によって、東経 130~160 度 (A 海域)、東経 160~西経 170 度 (B 海域)、西経 170~110 度 (C 海域) を回遊するサンマの成長をモデル内で比較した。B 海域で生まれて B 海域で産卵するサンマが 1 年目に成長は悪いが、2 年目に成長が良いことを示した。

### 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。

### 4. 特筆すべき成果

- (1) 3030 の課題において、経産魚と未産魚の判別手法がさらに簡易化され、その原理となる経産魚の細血管の弾性繊維が染色される仕組みも明らかになった。この手法を野外標本に応用する準備も進んでいる。
- (2) 漁期前調査時 (6~7 月) から漁期 (8 月以降) の間に、サンマは西方に回遊するが、2010 年以降西側の資源の減少とともに東から回遊する魚群も減っている。この西向き能動遊泳速度は年変動しているが、海洋環境要素 (東西流速、南北流速、水温、クロロフィル a) の相関解析を行ったところ、5 月から 6 月にかけて北太平洋中央部が高水温でその他の縁辺部が低水温であること、または、8 月から 10 月にかけては北西太平洋が高水温で北東太平洋が低水温のときに、西向き能動遊泳速度が強まることが示された。(小課題 3040)

## 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 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) 昨年の解析結果から、2006 年に採集された 1 歳魚では、東経 160 度以西と、東経 170 度

以東で採集された群で、耳石の成長速度が異なることが示された。そこで、前年に採集されたこの年級群（0歳魚）について、海域別に耳石成長の比較を行った。比較は、漁期前調査時に東経159度上調査線（34個体）および西経域で（採集43個体）した2群に加え、漁期に日本近海で漁船によって漁獲された0歳魚（27個体）も加えた3群で行った。漁期前調査時に採集した2群では、ふ化時期は9～2月で、海域による耳石成長の違いは見られなかった（ $P > 0.05$  t-test）。また、漁期の0歳魚のふ化時期は10～4月であり、産卵期中盤以降にふ化した個体の割合が高かった。これらの耳石径は、57日以降で漁期前調査時に採集された群よりも有意に大きかった（ $P < 0.05$ ）。漁期前調査に、海域による成長差が見られなかった原因として、成長がよい個体は東経160度より西に分布している可能性が示唆された。

- (2) 2012年に出現した *Pennella* sp. の寄生率の年齢別寄生率の年級別地理的变化（漁期前調査を検討した。また、漁期における年齢別寄生率の月別変化を調べた。漁期前調査時の寄生率は0歳、1歳ともに東経163度以西で特に高く、その東側では低かった。東経163度以西の調査線別寄生率は1歳魚では30%を越えたが、0歳魚では最大で6.6%であった。0歳魚の方が寄生された個体の分布範囲は広がった。漁期中の寄生率は1歳魚では漁期始めに高かったが10月以降はほとんど出現しなかった。一方、0歳魚の寄生率は漁期の初めから終盤まで低水準で推移した。
- (3) 前年の調査結果において海域の違いによる餌生物の違いが見られたため、海域によって筋肉中の安定同位対比に違いが見られないか、分析を開始した。

#### 4. 具体的なデータ

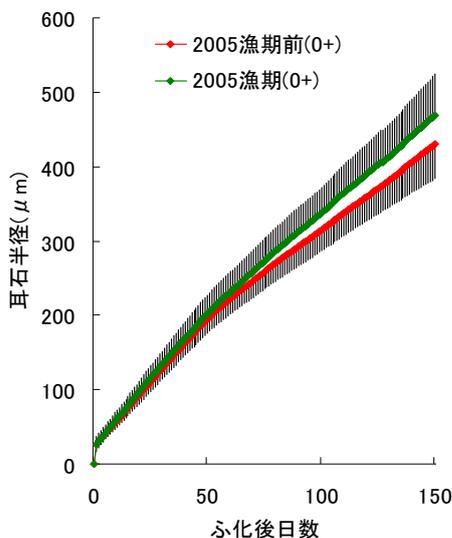


図1. 漁期前調査と漁期に採集されたサンマ0歳魚の日齢別耳石径の比較。  
(縦棒は標準偏差)

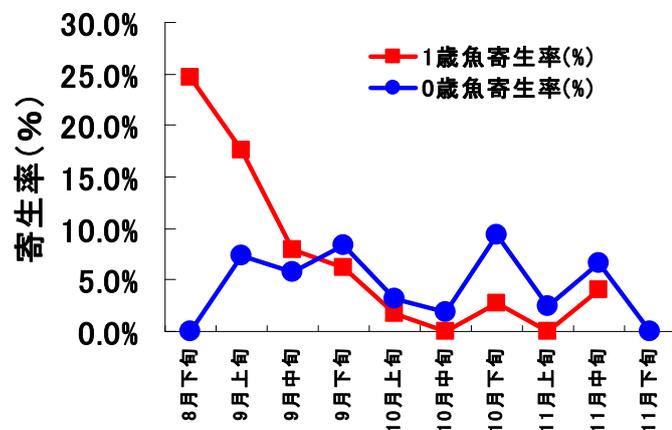


図2. 漁期における *Pennella* sp. に寄生されたサンマの年齢別寄生率の旬別変化。

#### 5. 調査・研究推進上の課題 特になし。

#### 6. 調査・研究発表

- (1) 巢山 哲・中神正康・上野康弘（印刷中）：2012年における *Pennella* sp. に寄生されたサンマの出現状況. 第62回サンマ等小型浮魚資源研究会議報告書. ほか1報

## 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	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浮魚・いか資源グループ、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 度より西では変動が大きいこと、東経 160 度以東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生物学的環境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、調査海域における海洋前線位置及びクロロフィル a 量の経年変化を検討した。

### 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) 25 年は 2003～2013 年 6-7 月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、Favorite *et al.* (1976) の定義による前線位置の年変動を明らかにした。前線位置は亜寒帯前線（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。また 2004 年以降の調査で得られた 0-150m 深までのクロロフィル a 積算量の経年変化を調べた。

### 3. 今年度までの調査・研究成果の概要

- (1) 2003～2013 年 6～7 月の前線構造の分布は以下の特徴が見られた。SAF 及び SAB は東経 151 度付近および東経 167～171 度付近では毎年調査海域内で確認されたが、両者の南北位置には年による違いが見られた（図 1 上図）。サンマが毎年出現する東経 171 度線上の SAB の平均位置の緯度は 2003～2007 年に北緯 39 度付近であったのに対し、2008～2013 年は 43 度付近に約 4 度北上した。一方、SAF の平均緯度は 44 度付近で大きな変動は見られなかったため 2008～2011 年は SAB と SAF の南北間隔は狭くなった。2012 年以降、SAF は北上し、再び SAB と SAF の南北間隔は広がった。南北間隔の変化は黒潮続流の勢力の変動による流軸の南北変化が関係していたことが推察される。
- (2) 海域別クロロフィル a の最近 10 年の変動を明らかにするため、現場観測のデータに基づ

き、2004～2013年の0～150mまでのクロロフィルa積算量の経年変化を解析した。その結果、クロロフィルa積算量は隔年で変動していること、2006年以前(36～46mg/m<sup>2</sup>)に比べて2007年以降(48～54mg/m<sup>2</sup>)の方が高い値であることの特徴として挙げられた。現在その原因について解析中である。また、今後、クロロフィルa積算量を動物プランクトン現存量などの観測値と比較する。

#### 4. 具体的なデータ

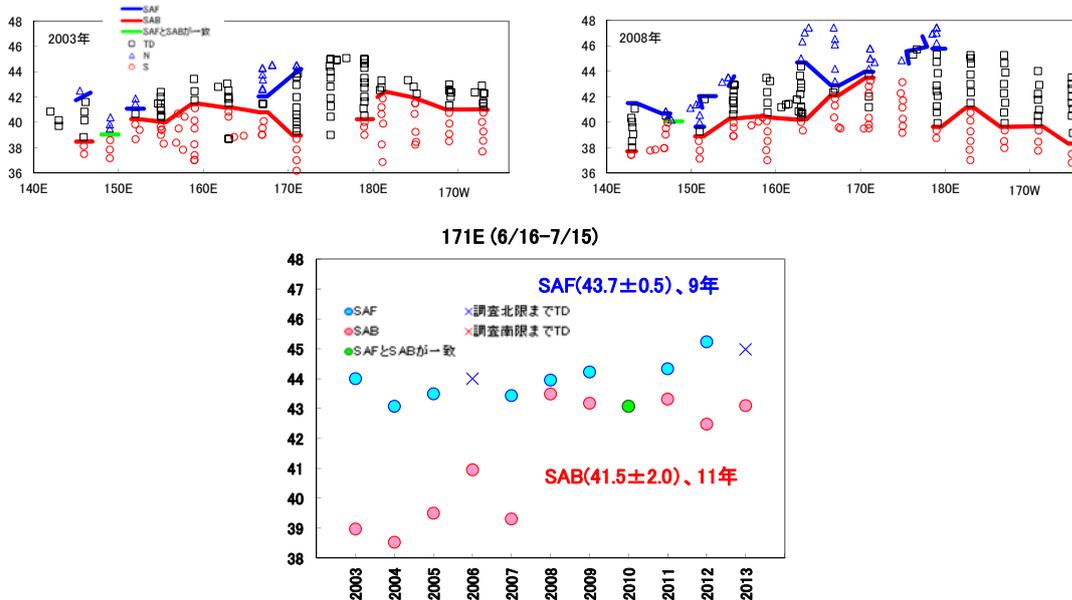


図1. 上図の左は東経171度線上のSAFとSABの南北間隔が広い年(2003年)、右は狭い年(2008年)であり、プロットは調査点におけるTD、N及びSを示している。下図は2003～2013年の東経171度線上のSAFとSABの緯度の経年変化を示している。

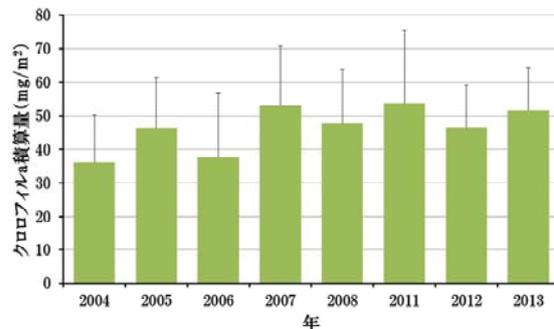


図2. 表面から150mまでのクロロフィルa積算量(mg/m<sup>2</sup>)の平均値と標準偏差。

#### 5. 調査・研究推進上の課題

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(2013): 漁期前調査結果によるサンマ年齢別分布. 第61回サンマ等小型浮魚資源研究会議報告書, 266-268.
- (2) 塩本明弘(印刷中): 平成24年度基礎生産力調査において得られた結果の概要. 第62回サンマ等小型浮魚資源研究会議報告書.
- (3) 納谷美也子・中神正康・巢山 哲・上野康弘(印刷中): 2003～2012年の漁期前調査による海洋構造の特徴. 第62回サンマ等小型浮魚資源研究会議報告書.

## 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 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）  
協力機関 北海道大学水産学部

### 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

◎25年度は昨年度開発したルーチン的染色法についてさらに検討を行うとともに、天然魚の産卵履歴の予備的推定を行う。

### 3. 今年度までの調査・研究成果の概要

昨年度の成果

- (1) サンマ卵巣、特に卵巣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、卵巣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ると思われた。
- (3) 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巣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った。

#### 当該年度の成果

- (1) 様々な成熟状態の飼育サンマの卵巣標本に対して、近接切片のアルデヒドフクシン―オレンジ G 染色とビクトリアブルー―アゾカーミン染色とを行い、血管構造の比較を行った。
- (2) 卵巣内細動脈は成熟に伴い発達し、アルデヒドフクシン陽性の弾性繊維も同時に増加するが、産卵期終了後、卵巣の退行に伴って、弾性繊維が分断や凝縮等の退行的兆候をみせることが明らかとなった。
- (3) 細動脈の弾性繊維のうち、退行変性したもののみがビクトリアブルー陽性となることから、未発達の卵母細胞のみを持つが、ビクトリアブルー陽性の血管を多数もつものは、過去に産卵してその後退縮した経産魚とみなせることが示された。
- (4) ビクトリアブルー―アゾカーミン染色を用いて天然サンマ卵巣標本の予備的観察を行った。本染色法を用いれば天然魚においても経産魚未産魚判別が比較的容易に行え、分布の西側では経産魚の割合が高くなる傾向が認められた。次年度以降さらに詳しく検討する。

#### 4. 具体的なデータ

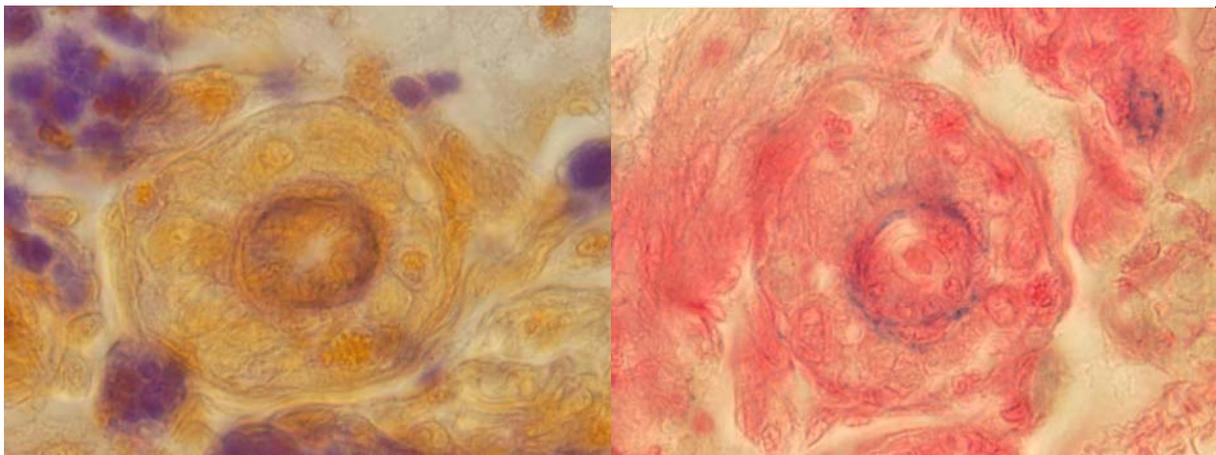


図 1：サンマ卵巣近接切片の染色像。左、アルデヒドフクシン―オレンジ G 染色；右、同一血管のビクトリアブルー―アゾカーミン染色。アルデヒドフクシン染色で弾性繊維の退縮の兆候を示す血管のみがビクトリアブルーに陽性となる。

5. 調査・研究推進上の課題 特になし
6. 調査・研究発表

## 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 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 サンマ回遊モデルの高度化と漁期前調査データを用いた漁況の予測の試行  
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) 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である。一方、これまでの来遊シミュレーション結果から、通常回遊アルゴリズムでは、日本近海への来遊量が極端に過少評価され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。本課題では、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。これらの成果を加えた上で、来遊する群の魚体組成などの再現精度を評価するとともに、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25年度は、観測されている来遊資源量指数の変動に対応する来遊資源量をモデルで再現するために必要とされた西向き能動遊泳速度を海洋環境要素と比較した。

(2) 上記のオイラー型モデルは、個々のサンマの回遊経路や成長履歴を追うことができないため、Super Individual Based Model (SIBM)を用いて、沿岸と沖合を回遊するサンマに生じる成長差の原因を探求する。また、日本周辺海域に来遊するサンマの回遊経路を推定する。平成25年度は、東経160度以西とその沖合を回遊するサンマの成長差を検討した。

### 3. 今年度までの調査・研究成果の概要

(1) オイラー型モデルでは、平成23年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、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を示した。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、西向き能動遊泳速度が2004年に低く、2008年に高い結果を得た。平成25年度は、この西向き能動遊泳速度と海洋環境要素（東西流速、南北流速、水温、クロロフィルa）の相関解析を行ったところ、初夏から秋季にか

けての海面水温と有意な相関関係が得られた。5月から6月にかけては北太平洋中央部が高水温でその他の縁辺部が低水温であると西向き能動遊泳が強まる関係にあった(図1上)。また、8月から10月にかけては北西太平洋が高水温で北東太平洋が低水温のときに、西向き能動遊泳速度が強まる関係にあった(図1下)。最も相関が高い海域では、相関係数が0.98であった(図2)。今後は、計算期間を延長し、この関係を精査する必要がある。

(2) SIBMを用いた数値実験から、平成23年度には西向き能動遊泳と中規模渦よりも広い探索範囲をモデル内で与えることで、日本沿岸にも産卵場が形成されることがわかった。平成24年度は、産卵場への回帰率を解析し、西向き能動遊泳の導入は西経域で回帰率向上に、探索範囲拡大は東・西経両域での回帰率向上に貢献することがわかった。平成25年度は、東経130~160度(A海域)、東経160~西経170度(B海域)、西経170~110度(C海域)を回遊するサンマの成長をモデル内で比較し、B海域で生まれてB海域で産卵するサンマが1年目に成長は悪いが、2年目に成長が良いことを示した。

#### 4. 具体的なデータ

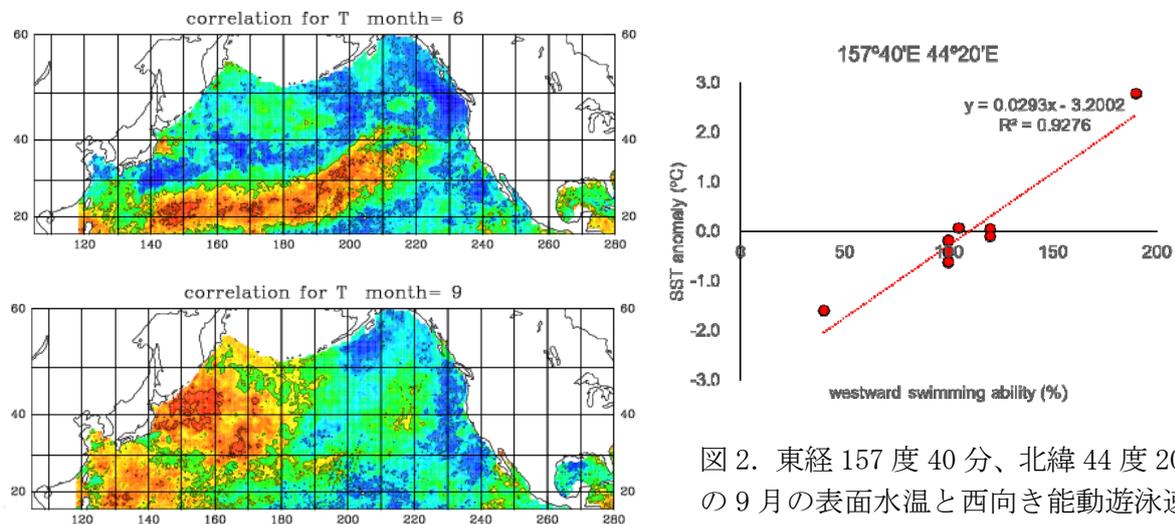


図2. 東経157度40分、北緯44度20分の9月の表面水温と西向き能動遊泳速度の散布図。

図1. 西向き能動遊泳速度と6月(上)、9月(下)の海面水温との相関分布。暖(寒)色系が正(負)相関。

#### 5. 調査・研究推進上の課題

提供されている現実的な流速場のデータセットの解像度が緯経度1/3度から1/4度に変更になっているため、モデル解像度の変更が必要となっている。

#### 6. 調査・研究発表

- (1) Kishi M. J., S. Yoon, T. Terui, S. Suyama, M. Nakagami and S. Ito (2013): A Lagrangian modeling approach for Pacific saury migrations. PICES-2013 Program and Abstracts, 107.
- (2) Ito S., T. Okunishi, M. J. Kishi and M. Wang (2013) Modeling ecological responses of Pacific saury (*Cololabis saira*) to future climate change and its uncertainty. Workshop report on "Global assessment of the implications of climate change on the spatial distribution of fish and fisheries".

他1報。