

令和 2 年 10 月 17 日現在

機関番号：82708

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K07924

研究課題名(和文) サンマの産卵経験の有無が回遊様式に与える影響の解明

研究課題名(英文) Research on the effects of the spawning experience on migration patterns of Pacific saury

研究代表者

巢山 哲 (Suyama, Satohsi)

国立研究開発法人水産研究・教育機構・東北水産研究所・グループ長

研究者番号：70344322

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：サンマは北太平洋に広く分布しているが、その成長率は中部および西部北太平洋で異なる。6～7月および1～3月に北太平洋中西部で実施された調査結果から、生育海域及び成長の違いが成熟過程に及ぼす影響を調べた。6～7月に160°E以西で採集された0歳魚の成長率は、160°E以东のものより高かった。また、160°E以西で産卵経験があった1歳魚の割合は、それ以东より高かった。0歳および1歳の魚の孵化期間は、ともに10～3月までと推定されたが、産卵の初期の10、11月に孵化した1歳魚は、西経域ではほとんど見られなかった。産卵初期に孵化して西経地域で成長した0歳魚は、1歳まで西向きに移動すると考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

サンマは日本では重要な漁獲対象魚となっているが、漁獲量は年によって大きく変動している。また、秋の味覚の代表として、毎年の漁況の予測や漁獲量の推移は国民の関心も高い。2000年代は20万トンを超えていた漁獲量も2010年以降減少を続け、2019年は1950年以降最低の数値となった。サンマは北太平洋に広く分布しており、海域によって成長速度が異なるほか、成熟過程、特に初回成熟年齢が成長に影響を及ぼしていると考えられる。本課題では海域による成長、成熟特性の海域差を明らかにし、その違いが成熟に及ぼす影響を明らかにする。また、産卵する個体が行わない個体と回遊様式が異なるか否かを検討する。

研究成果の概要(英文)：Pacific saury is widely distributed in the North Pacific Ocean. The growth rates of this species are known to vary between western and eastern habitat. We investigated the effects of different growing areas and growth on maturation based on the survey conducted in central to western North Pacific in June and July and January to March. Growth rate in age-0 fish collected in west of 160°E was higher than that of fish collected in the east of 160°E. Percentage of the age-1 fish that had spawning experience in the west of 160°E was also higher than that of in the east of 160°E. Hatch periods were estimated from October to March for age-0 and age-1 fish. However, few of age-1 fish hatched in early period of spawning season, October and November, were occurred in the west longitude area. The age-0 fish that hatched in early spawning season and grew in the west longitude area were considered to migrate to westward to next year.

研究分野：資源生態学

キーワード：サンマ 成熟 産卵 履歴 北太平洋 浮魚 水産資源

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

日本のサンマの漁獲量は2008年にピークを迎え、その後2010年以降大きく減少に転じた。それとともに6~7月における分布範囲が東側に移動し、漁場の沖合化と来遊時期の遅れを生じた。一方、6~7月に分布するサンマ1歳魚の年輪径は西側で大きく東側で小さいことから、成長に差がある可能性が指摘されている。2010年以降の資源減少は、西側に分布していた成長の良いと考えられるサンマの減少を引き起こした。成長の良否は成熟過程、特に0歳魚の成熟率や、産卵に伴う回遊様式に変化を及ぼすと推測されるが、個体ごとに過去の産卵経験の履歴を明らかにする方法がなかったため、これまでその実態は明らかにできなかった。近年になって飼育実験によってサンマの過去の産卵履歴を調査する方法が開発されたため、この手法を野外で採集されたサンマに応用し、過去の産卵履歴を推定できるようになった。

2. 研究の目的

中緯度域全体にわたる。産卵期は9月から翌年7月まで長期間続くが、飼育下では1個体の産卵は最大でも5か月程度であるため、個体ごとの産卵期はサンマ全体の産卵期よりも短い。産卵場は分布域南側全域に東西に広く広がる。6~7月の分布は、日本の沖合から日付変更線を越えた西経域までの公海上に広く広がるのが調査から明らかになっている。これらの魚群は8月以降に日本近海に來遊して漁獲対象となるが、この西側への回遊は日本近海の産卵場で産卵を行うためと推定される。6~7月に採集されるサンマ1歳魚の耳石年輪径を比較すると西で大きく東に行くに従い小さくなってゆくと、その成長速度が海域によって異なり西側で採集されたものは成長が良いと考えられる。一方、サンマは0歳(孵化後1年以内)に一部の個体が産卵するが、どれくらいの割合のサンマが1年目から産卵するかはわかっていない。また、この割合は、生育した海域あるいは餌環境の年変動のほか、近年の資源の減少に伴う分布域の変化にも影響を受けている可能性がある。そこで、飼育実験で開発された、経産魚を判別する指標を用いて、6~7月に採集された1歳魚の産卵履歴、すなわち孵化後1年間の産卵経験の有無を年別、海域別に明らかにした。また、産卵盛期の1~3月に行われた産卵親魚の調査結果と今回得られた知見を比較した。

3. 研究の方法

(1) 経産魚の割合の年別、海域別変化

2013~2016年の6~7月に北太平洋の日本近海から西経165度で行われたサンマ資源量調査(以下サンマ資源量調査)で、表層トロールを用いて採集されたサンマについて、生殖腺をブアン氏液に固定し魚体を冷凍して持ち帰った。実験室で魚体を解凍後に、体長を測定し、耳石を取り出して年齢査定を行い、1歳魚の年輪径を測定した。生殖腺は通常のパラフィン包埋法によって組織切片を1個体あたり2枚作成し、1枚を通常のヘマトキシリン-エオシン染色(H-E染色)、もう1枚をビクトリアブルー(VB)で染色し、前者は卵母細胞の発達段階、後者はVBに染色された細血管の有無を確認した。なお、VBに染色された細血管は過去に産卵した経験を示すことが飼育実験で明らかになっている。海域ごとの経産魚の割合は、経度10度ごとに求めた。

(2) 耳石日周輪の計数・計測

サンマ資源量調査で2012年に採集された0歳魚および2013年に採集された1歳魚の耳石を取り出し、研磨紙で耳石核中心まで研磨した後に電子顕微鏡で研磨面の写真撮影を行い、耳石日周輪計測システム(RATOC社)を用いて耳石日周輪の計数と計測を行った。0歳魚は中心から縁辺まですべての日周輪を計数した。1歳魚は途中冬季間に形成された年輪があり、この中では輪紋の計数ができないため、中心から輪紋が計数できるところまでの輪紋の計数と計測を行った。0歳魚は採集日から輪紋数を差し引くことによって孵化日を推定した。1歳魚は2nd Peak いわれる輪紋間隔が広がった輪紋の中心からの本数から孵化日を推定した。

(3) 産卵親魚の分布・成熟特性の解明

1996年~2017年の1~3月に本州南方の黒潮域(KA)、黒潮内側域(IKA)および本州東方の黒潮続流域(KEA)で行われた調査で採集されたサンマの分布、体長及び成熟状態を海域間で比較した。採集した個体の一部を船上で生殖腺を取り出して持ち帰り、組織標本を作製した。魚体は体長と体重、雌雄判別と生殖腺重量を計測した。これらの結果をもとに、海域ごとの産卵魚の体長・年齢および成熟魚の割合の特徴を明らかにした。

4. 研究成果

(1) 経産魚の割合の年別、海域別変化

VB血管を持つ個体、すなわち経産魚はすべて1歳魚であり、0歳魚ではVB血管を持つ個体は現れなかった。1歳魚のうちVB血管を持つ個体の割合は年によって大きく変化し、2016年は20.6%であったが、2014年には59.4%に達し、年変動が大きかった。0歳魚は前年の9月以降に生まれたものなのでこれらは成熟・産卵せず、翌年までにその一部が産卵を行うことが示された。経産魚の割合は2016年を除き西側が高く、東側で低かった(図1)。

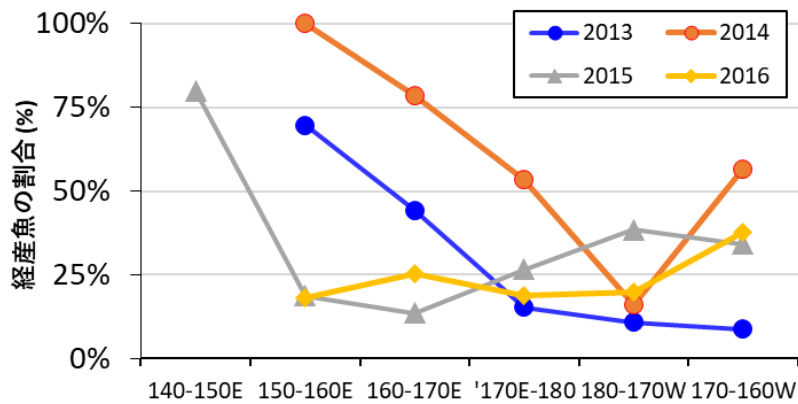


図1. 海域別の経産魚の割合

経産魚と未産魚の割合を耳石年輪径階級ごとに求めた。耳石年輪径が大きくなるとともに経産魚の割合が増え、0.8mm以上ではすべての個体に産卵経験があった。年輪が形成された体長を、耳石長 体長関係(8-9月のデータを用いた)から推定したところ、50%の個体が経産魚である推定体長は26.9cmであった(図2)。

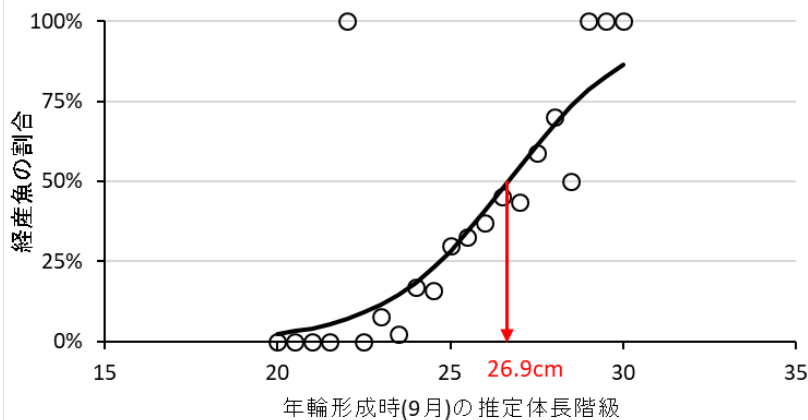


図2. 推定体長階級(0.5cmごと)の経産魚割合

(2) 耳石日周輪の計数・計測

2012年に採集された0歳魚の日齢査定

採集された0歳魚の体長範囲は9.1-28.7cmであり、経度20度ごとの海区すべてにおいて、体長階級20cm以上で23-24cm台に最頻値がみられた。また、各海域とも体長組成は2-3峰形を示し、2番目のピークが14.0~18.0cmにも現れた。耳石日周輪の計測を行った250個体の平均の体長と日齢はそれぞれ22.1±3.2(S.D.)cm、192.9±38.4であり、平均体長である22.1cmに達する日齢は西から東の順に大きくなり、147.0、185.1、190.0、191.5であり(p<0.01)東経160度よりも西側での成長が以東よりもよくなっていた。調査海域の東側に行くほど成長の遅い個体の割合が増加することが示された(図3)。

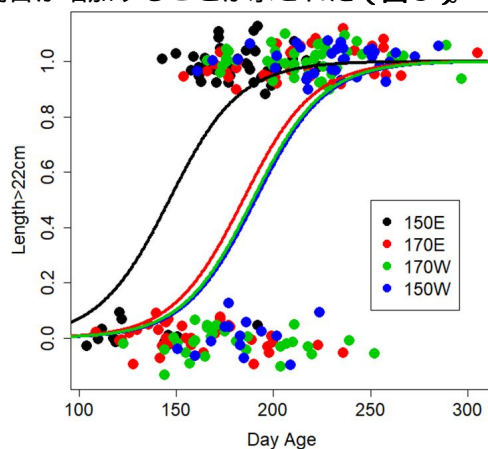


図3. 平均体長(22cm)に達する日齢の海域差

0歳魚の孵化時期を海域ごとに比較したところ、東経160°以西では12月以降孵化したものが

多かったのに対し、西経域では10月以降孵化した個体が多く、東の方が早い時期に生まれたものが多かった。

2013年に採集された1歳魚の日齢査定

採集された1歳魚の体長範囲は24.7~33.3cmであり、モードは東経140度台で30.5cmであり、東に行くほど小さくなり180~西経170度では27cm台となった。しかし、西経165~170では再び大きくなり、29.5cmとなった。過去の産卵履歴を解析した138個体の耳石日周輪を解析し、孵化時期を推定したところ2011年10月~2012年2月となっており、180°以東では11月20日以前に生まれた個体は1個体のみで東側の方が遅い時期に生れた個体が多かった。一方、経産魚の推定孵化時期は10月から2月と産卵期のほぼ全期間にわたっていた(図4)。

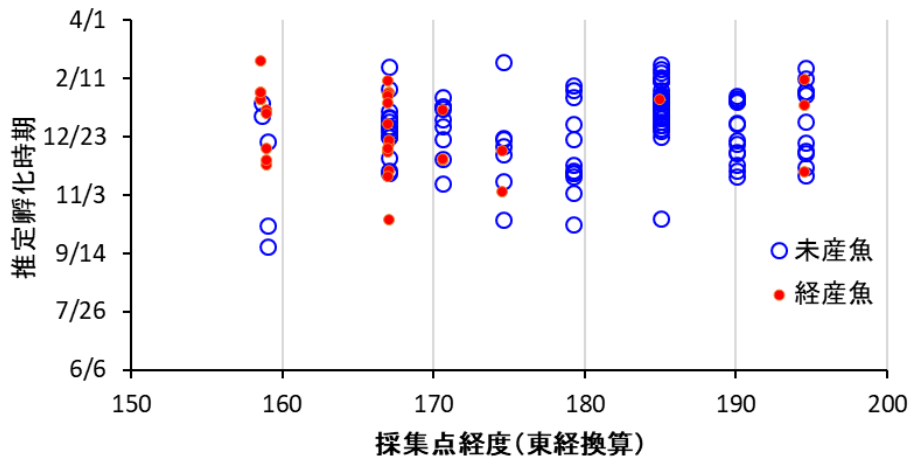


図4. 海域ごとの1歳魚の孵化時期と未産魚・経産魚の割合

(3) 産卵親魚の分布・成熟特性の解明

黒潮域(KA)、黒潮内側域(IKA)および黒潮続流域(KEA)3つの海区でサンマの体長別・年齢別の分布および成熟状態を比較した。分布する体長別、年齢別の分布は年によって変動が大きかったが、KAでは1歳魚の割合が非常に高いのに対し、IKAおよびKEAでは0歳および1歳魚が分布していた。同じ0歳魚でもKAに比べてKEAは小型個体(<25cm)の割合が大きかった。分布水温は、KAでは主に16-21℃、と比較的高水温に分布していたのに対し、KEAでは14~16℃と比較的低水温に分布していた。

体長と成熟の関係を見ると、IKAでは26cm以下の0歳魚は未熟あるいは退行状態のものが多く体長階級が小さくなるとともにその割合が増加した。一方、KAおよびKEAでは体長24cm以上の個体ではすべてが成熟していた(図5)。

KEAでは東経160度以西では幅広い水温帯で成熟魚の割合が高くなっていった。産卵履歴の調査では1年目の産卵期に産卵を行う個体が50%以下であることから、冬季調査に未熟な個体はさらに東側あるいは北の低水温域に分布していると考えられる。

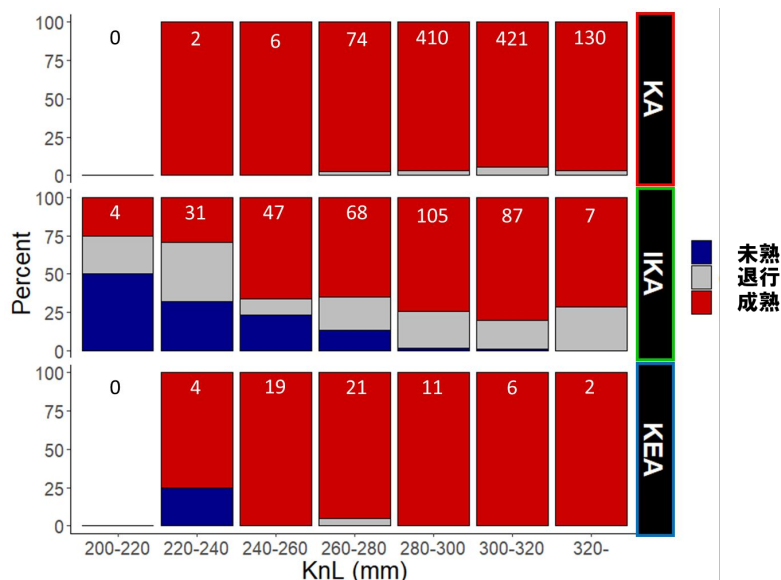


図5. 冬季の海域別、体長階級別の成熟魚の割合

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Satoshi Suyama, Hitomi Ozawa, Yasutoki Shibata, Taiki Fuji1, Masayasu Nakagami, Akio Shimizu	4. 巻 85
2. 論文標題 Geographical variation in spawning histories of age1 Pacific saury <i>Cololabis saira</i> in the North Pacific Ocean during June and July	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Fisheries Science	6. 最初と最後の頁 1-13
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s12562-019-01308-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Satoshi Suyama1 & Yoshio Masuda, Takashi Yanagimoto, Seinen Chow	4. 巻 21
2. 論文標題 Genetic and morphological variation in <i>Pennella</i> sp. (Copepoda: Siphonostomatoida) collected from Pacific saury, <i>Cololabis saira</i>	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Marine Biodiversity	6. 最初と最後の頁 1-13
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s12526-018-0901-x	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Hiroomi Miyamoto, Satoshi Suyama, Dharmamony Vijai, Hideaki Kidokoro, Miyako Naya, Taiki Fuji, Mitsuo Sakai	4. 巻 209
2. 論文標題 Predicting the timing of Pacific saury (<i>Cololabis saira</i>) immigration to Japanese fishing grounds: A new approach based on natural tags in otolith annual rings	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Fisheries Research	6. 最初と最後の頁 167-177
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.fishres.2018.09.016	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Midori Hashimoto, Hideaki Kidokoro, Satoshi Suyama, Taiki Fuji, Hiroomi Miyamoto, Miyako Naya, Dharmamony Vijai, Yasuhiro Ueno, Toshihide Kitakado	4. 巻 86
2. 論文標題 Comparison of biomass estimates from multiple stratification approaches in a swept area method for Pacific saury <i>Cololabis saira</i> in the western North Pacific	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Fisheries Science	6. 最初と最後の頁 445-456
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s12562-020-01407-3	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計15件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 富士 泰期, 栗田豊, 巢山哲
2. 発表標題 主産卵期におけるサンマ成魚の分布・成熟特性
3. 学会等名 平成31年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 渡辺 剛, 宮本 洋臣, 谷内 由貴子, 巢山 哲, 富士 泰期, 葛西 広海, 田所 和明
2. 発表標題 北太平洋移行領域における植物プランクトンの群集構造の地理的变化と海洋環境の関係
3. 学会等名 日本海洋学会2018年度秋季大会講演要旨集
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 黒田 寛, 巢山 哲, 宮本 洋臣, 瀬藤 聡
2. 発表標題 サンマ主要漁期における近年の北太平洋西部亜寒帯循環
3. 学会等名 2018年度水産海洋学会研究発表大会講演要旨集
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 箕 茂穂, 阿保 純一, 巢山 哲, 富士 泰期, 石村豊穂, 白井厚太郎, 伊藤進一
2. 発表標題 サンマ来遊予測モデルの開発
3. 学会等名 日本海洋学会2018年度秋季大会講演要旨集
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 巢山 哲・柴田 泰宙・富士 泰期・木所 英昭
2. 発表標題 サンマ0歳魚の日齢-体長関係の海域間比較
3. 学会等名 日本水産学会春季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 富士 泰期・巢山 哲・宮本 洋・木所 英昭
2. 発表標題 北太平洋におけるサンマ安定同位体比組成の分布特性
3. 学会等名 日本水産学会春季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 富士 泰期・巢山 哲
2. 発表標題 秋から冬にかけてのサンマの成熟に及ぼす外部環境要因の検討
3. 学会等名 平成29年度日本水産学会東北支部大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 富士 泰期・巢山 哲
2. 発表標題 サンマ繁殖特性の時空間変動に基づく産卵場評価
3. 学会等名 水産海洋学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 巢山 哲・富士 泰期・宮本 洋臣・木所 英昭・中神 正康
2. 発表標題 2012年～2016年における寄生性カイアシ類Pennella sp.のサンマへの寄生状況
3. 学会等名 平成29年度日本水産学会東北支部大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 巢山 哲
2. 発表標題 近年のサンマ資源に何が起きているか
3. 学会等名 北日本漁業経済学会・春季研究集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 黒田 寛, 巢山哲, 寛 茂
2. 発表標題 第6回三陸海域の水産業と海洋研究集会:サンマ漁業を取り巻く現状とこれから
3. 学会等名 水産海洋学会(第6回三陸海域の水産業と海洋研究集会 サンマ漁業を取り巻く現状とこれから) 水産海洋学会(第6回三陸海域の水産業と海洋研究集会 サンマ漁業を取り巻く現状とこれから)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 巢山哲, 宮本洋臣, 富士泰期
2. 発表標題 夏季の資源量調査からみる サンマの資源動態
3. 学会等名 水産海洋学会(第6回三陸海域の水産業と海洋研究集会 サンマ漁業を取り巻く現状とこれから)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 富士 泰期,上村 泰洋,古市 生,宮本 洋臣,橋本 緑,中山 新一朗,大島 和浩,巢山 哲
2. 発表標題 Habitat of Pacific saury Cololabis saira is affected by the distributional change of other small pelagic fishes in the North Pacific
3. 学会等名 PICES
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中山 新一朗,富士 泰期,橋本 緑,大島 和浩,巢山 哲
2. 発表標題 Property of Pacific saury recruitment in the North Pacific Ocean
3. 学会等名 PICES
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 橋本 緑,富士 泰期,中山 新一朗,巢山 哲,大島 和浩
2. 発表標題 Pattern transition of age-specific distribution for Pacific saury Cololabis saira in the Northwestern Pacific Ocean
3. 学会等名 PICES
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	富士 泰期 (Fuji Taiki) (50792660)	国立研究開発法人水産研究・教育機構・国際水産資源研究所・研究員 (82708)	