

## サンマの不漁要因と海洋環境との関係について

(調査・研究の進捗)

### ポイント

水産研究・教育機構は、近年のサンマの不漁要因及び環境変動の関係について解明を進めてきており、得られた科学的知見を報告します。

#### 【不漁要因と環境変化との関係】

- 日本におけるサンマの漁獲量の減少は、2010年に突然起きた分布の沖合化が契機であったと考えられる。
- 2010年以降も海洋環境や餌環境の変化等により沖合化と資源の減少が継続、進行している。
- 沖合化の背景として、近年の親潮の弱化とそれに伴う道東・三陸沖の水温の上昇があると考えられる。
- サンマの餌となる動物プランクトンの量も、近年、減少傾向にある。
- サンマの分布域が沖合に偏ったために産卵場や生育場も、餌条件が良くない沖合に移動している。
- 沖合の方が餌の密度が低いため、生育場の沖合化は、成長の低下を招くだけでなく、成熟にも悪影響を及ぼしている。
- 日本に近い海域では、他の浮魚類が増加したことにより、サンマが日本の近くに回遊しにくくなっている可能性が考えられる。
- 音響技術による浮魚類の分布把握のための技術開発や、回遊に関する生理変化を遺伝子分析から解明しようとする新たな研究を進めている。

水産研究・教育機構は、サンマの資源状況及び不漁要因の解明を引き続き進め、北太平洋漁業委員会における国際的資源評価に貢献し、水産資源の持続的利用及び我が国の漁業生産のため、科学の視点から貢献してまいります。

令和3年に水産庁で開催された「不漁問題に関する検討会」において、『不漁の要因となる環境変化や漁海況等の状況については、継続して把握することが必要である。その際、資源の再生産への影響についても把握すること等が重要である』と意見がとりまとめられました。

今回の報告は、水産研究・教育機構がこれまで都道府県や大学等の学術機関と協力しつつ行ってきたサンマに係る調査・研究の成果や進捗状況をとりまとめたものです。

本研究の成果の一部は、水産庁事業（水産資源調査・評価推進事業）及び科研費基盤研究（C）「黒潮続流域でのサンマ仔稚魚の生残過程：初期餌料と最適成長環境の探索（20H0305915）」により得られました。

#### 参考資料

本件照会先：

国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産資源研究所

（研究担当者）広域性資源部 副部長 久保田 洋 TEL：045-788-7503

（広報担当者）企画調整部門 部門長 上原 伸二 TEL：045-788-7615

# サンマの不漁要因解明について

## (調査・研究の進捗)

---

令和5年4月



国立研究開発法人  
水産研究・教育機構

# 紹介する研究内容

- 水産研究・教育機構では、「不漁問題に対する検討会」で示された不漁要因の仮説に基づいて、サンマの不漁原因を解明するための研究を水産庁の委託事業で行ってきました。
- ここでは、これまで得られた主な成果について、課題ごとに概要をまとめました。

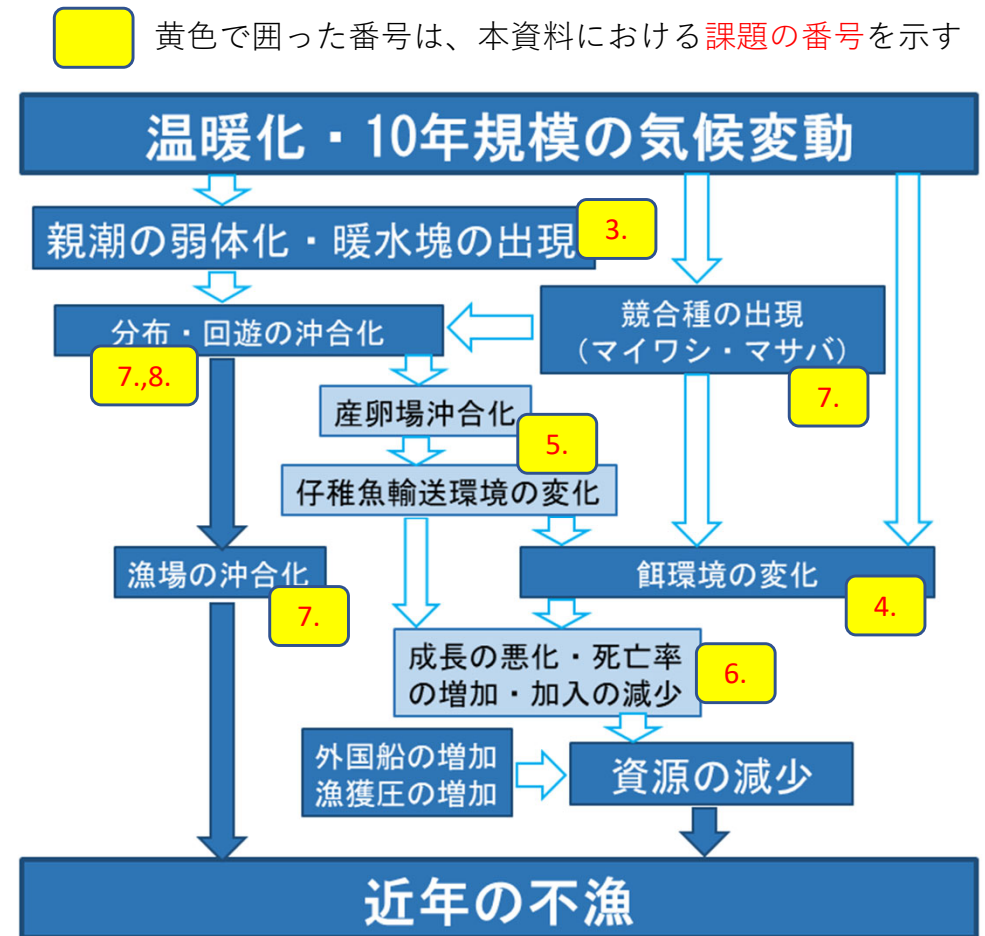
1. サンマ不漁の状況
2. サンマの生態の概要
3. 海洋環境の変化
4. 餌生物の減少
5. 産卵場と生育場の沖合化
6. 成長の悪化と成熟の遅れ
7. 南下回遊時期の遅れと経路の沖合化
8. 新たな技術による調査・研究
  - ①音響技術によるサンマや他の浮魚類の分布域の把握
  - ②遺伝子の解析による生理・成熟状態の把握

・ 研究担当者、引用した資料・論文

# サンマの不漁要因解明について（調査・研究の進捗）

- 日本におけるサンマの漁獲量の減少は、2010年に突然起きた分布の沖合化が契機であったと考えられます。
- 2010年以降も海洋環境や餌環境の変化、他の浮魚類（マイワシ、サバ類）の出現などにより沖合化と資源の減少が継続、進行しています。
- 沖合化の背景として、近年の親潮の弱体化とそれに伴う道東・三陸沖の水温の上昇があると考えられます(3.)。
- サンマの餌となる動物プランクトンの量も、近年、減少傾向にあります(4.)。
- サンマの分布域が沖合に偏ったために産卵場や生育場も、餌条件が良くない沖合に移動してきました(5.)。
- 沖合の方が餌の密度が低いため、生育場の沖合化は、成長の低下を招くだけでなく、成熟にも悪影響を及ぼしています(6.)。
- 日本に近い海域では、他の浮魚類が増加したことにより、サンマが日本の近くに回遊しにくくなっている可能性が考えられます(7.)。
- 音響技術による浮魚類の分布把握のための技術開発や、回遊に関する生理変化を遺伝子分析から解明しようとする新たな研究を進めています(8.)。

※( )内の数字は本資料における課題の番号と左のフロー図における位置づけを示しています。



不漁問題に関する検討会とりまとめ（令和3年6月）\*1から

# 1. サンマ不漁の状況

- 2008年に35.5万トン記録した日本の漁獲量はその後徐々に減少し、2021年は2.0万トンとなりました。2019年以降は3年連続で、1950年以後の過去最低記録を更新しました(図1)。
- 漁獲量の減少とともに漁場の沖合化も進み(図2)、2021年には公海の漁獲量の割合は95%に達しています(図3)。
- 小型の漁船は漁場が沖合に移ったことによって出漁が難しくなり、10年前に77隻いた10~20トンの漁船は、2021には44隻と43%減少したほか、100トン以上の大型船でもサンマ漁から撤退する船が出ています(図4)。
- サンマの不漁の背景には、単に分布するサンマの量が減っただけではなく、分布域が沖合に移ったこと、さらに沖合のサンマが日本の近海まで回遊してなくなったことも影響しています。

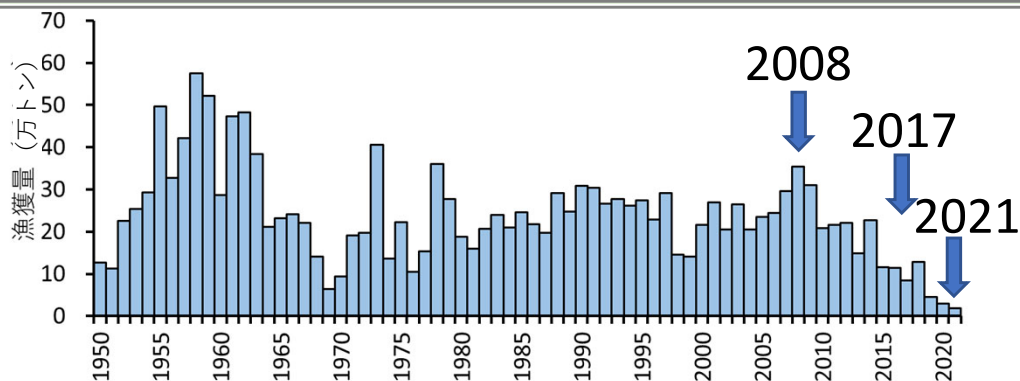


図1 1950~2021年の日本のサンマ漁獲量 (2008, 2017および2021年の漁場を図2に示した) \*2.

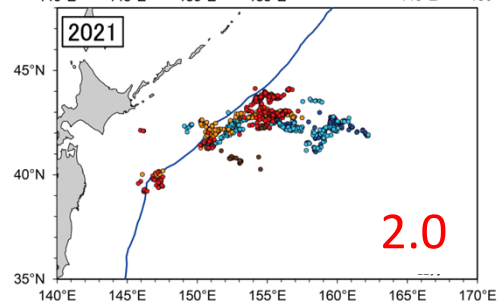
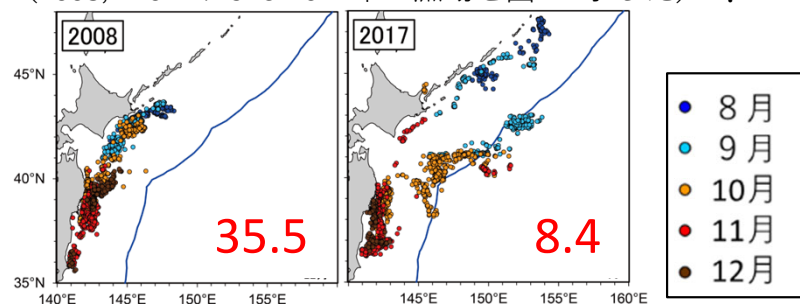


図2 2008, 2017および2021年の日本漁船のサンマ漁場。赤字はその年の漁獲量を示す(単位は万トン)。青線より東は公海(聞き取り調査結果に基づく)。

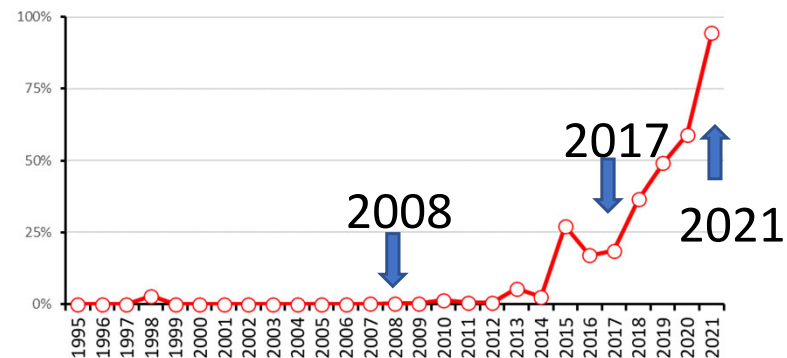


図3 1995~2021年の日本のサンマ漁獲量の中に占める公海漁獲量の割合(2008, 2017および2021年の漁場を図1-2に示した)。

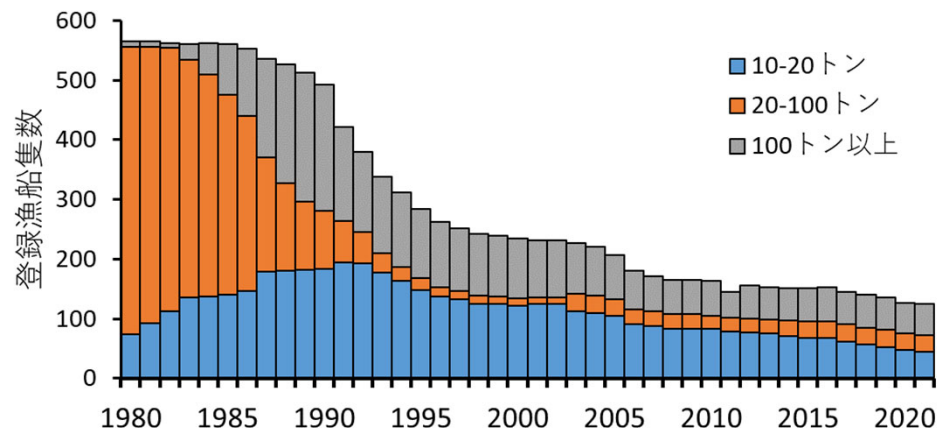


図4 1980~2021年のトン数階級別のサンマ棒受網の漁船数(10トン以上の大臣許可船) \*3.

# 2. サンマの生態の概要

- サンマの不漁の原因を探るためには、その生態を理解することが必要です。ここでは基本的なサンマの生態を示しました。しかし、近年の資源の減少に伴って、分布や生態に関して一部に変化がみられています。
- サンマの分布域は日本の周辺だけではなく、北太平洋の亜熱帯から亜寒帯海域のアメリカ沿岸まで広がっています。春から初夏には太平洋のはるか沖(東経150度以東)にいたサンマも、秋には日本周辺に回遊してきます(図1)。
- サンマの産卵は、9月頃から翌年6月頃にかけて、分布域の南側で行われます。産卵場も日本の近海からアメリカの沖合まで、分布域の南側に東西に広く広がっています。
- サンマの寿命は最大約2年です。普段私たちが店頭で見かける体長30cmくらいのサンマは、生まれて1年以上過ぎた1歳魚です。1歳魚には頭の中にある耳石という小器官に年輪があるので、年齢を判別できます(図2)。
- サンマの餌は微小な動物プランクトン(甲殻類)(図3)です。これは仔稚魚から成魚まで変わりません。
- 当機構では水産庁の委託を受け、毎年6-7月に日本近海から西経165度までサンマの分布量を調べています。この結果でも分布量が減少していること、特に日本に近い海域で分布量の減少が顕著であることがわかっています(図4, 5)。

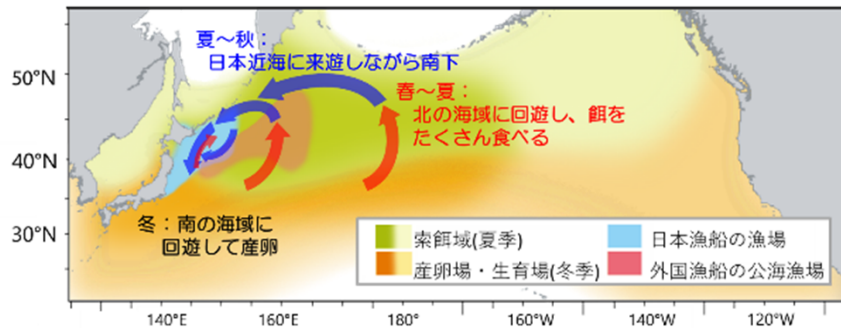


図1 サンマの分布海域と回遊の模式図(1歳魚)。0歳魚の回遊経路の詳細はよくわかっていない。

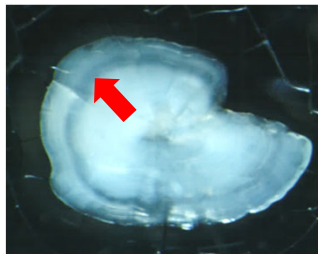


図2 サンマの耳石。矢印が年輪で、この有無によって年齢がわかる。

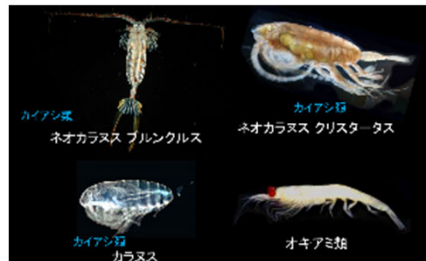


図3 サンマの餌となる動物プランクトン。

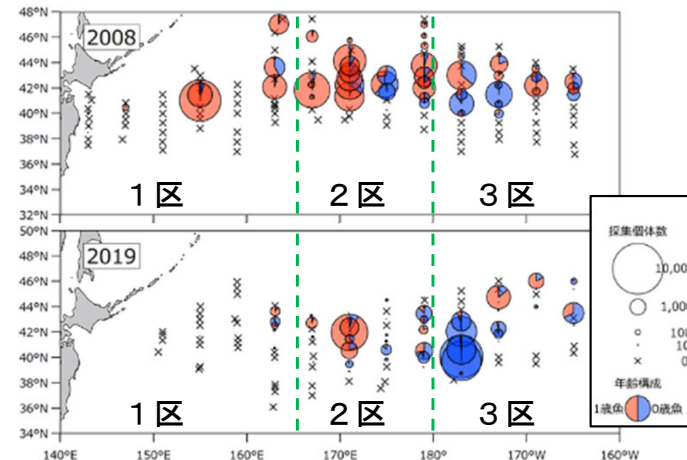


図4 6-7月に毎年行っているサンマの分布量調査の結果の例(2008年と2019年)\*2。丸の大きさはトロール網で採集されたサンマの数、丸の中の赤と青は0歳と1歳の割合を示す。

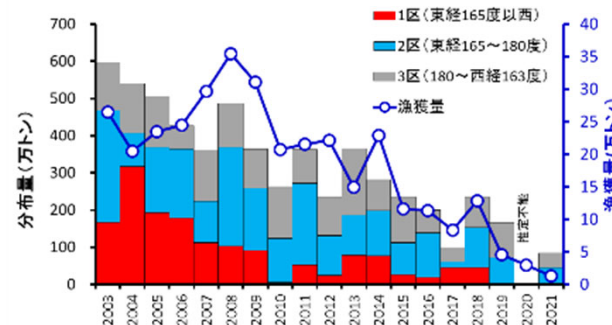


図5 6-7月に毎年行っているサンマの分布量調査結果による海域別の分布量。棒グラフの高さは調査海域全体の分布量、赤の棒グラフは日本に近い海域の分布量\*2。分布量の減少とともに日本の漁獲量も減少している(青の折れ線グラフ)。

# 3. 海洋環境の変化

- サンマ漁場の形成に最も大きな影響を与える環境要因は親潮の流路と強さです。夏～秋季のサンマ漁期における親潮の流れは1990年代後半をピークに徐々に弱くなり、2010年代中盤には最も弱くなり、道東沖まで達しなくなりました(図1)。現在、その強さは徐々に回復していますが、道東沖に達する状況にはもどっていません。
- さらに2010年代後半以降には、冬季の海上風の影響により北緯40～41度帯に高い海面水位『高水位偏差の壁』が発達し、親潮が南下しにくくなる要因が加わったと考えられます(図2)。

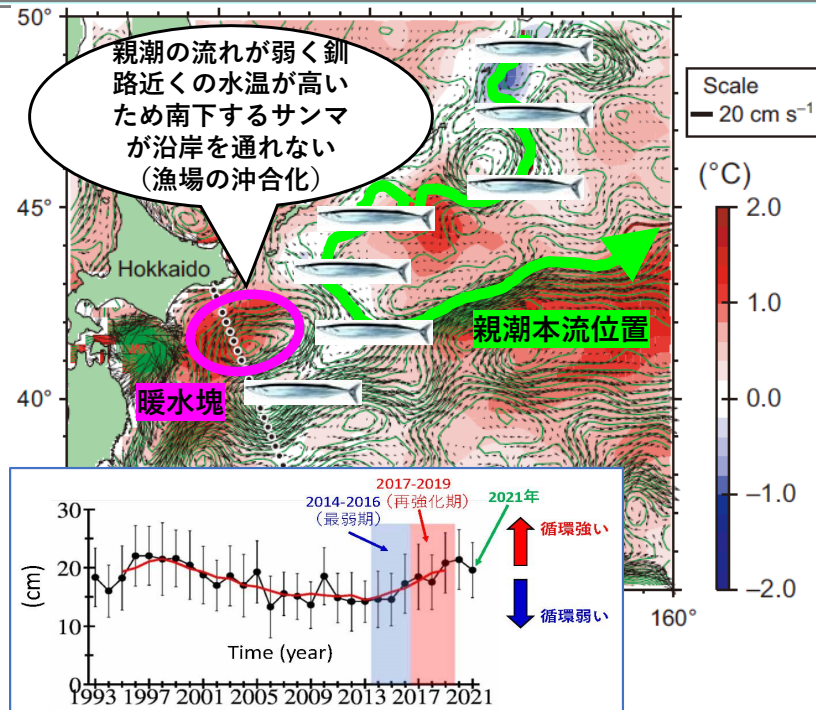


図1 2010年代前半の漁場の沖合化. 2010～2014年の8月と9月で平均した海面水温平年差(カラー)、流速(黒矢印)および親潮本流位置(緑矢印)\*4. 下のグラフは、親潮の流れ強さの指標となる海面高度の水位差の経年変化\*5.

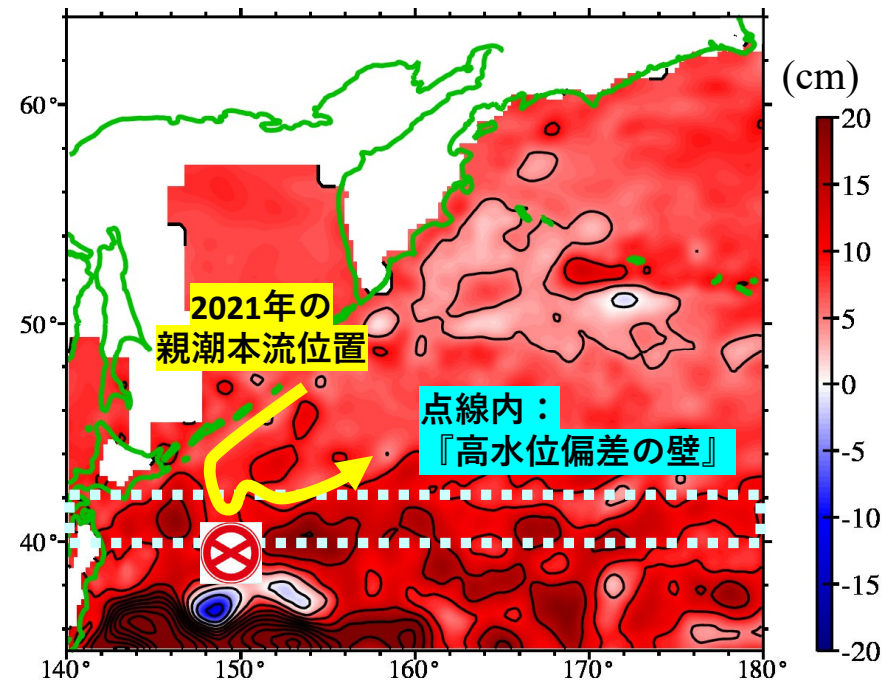


図2 2010年代後半以降に顕在化した親潮の南下を阻む『高水位偏差の壁』(2016-2021年で平均した海面水位の偏差\*)。北緯40-41度付近の海面水位が高い海域が東西方向に広く帯状に形成されたため、親潮がそれを乗り越えて南下することができなくなっている。

\*海面水位の偏差とは？ 海面は凸凹しており、ここでは、人工衛星の海面高度計等から推定した海面の高さを「海面水位」と呼び、1993～2012年(20年)平均値からの差を「偏差」と定義しています。



# 4. 餌生物の減少

- サンマの餌となる動物プランクトン(図1)の量やその餌の植物プランクトンも、2010年以降、減少しています。この減少傾向は詳細な調査が行われている北海道沖ではっきり現れています(図2)、沖合でも同様に減少していることがわかってきました(図3)。

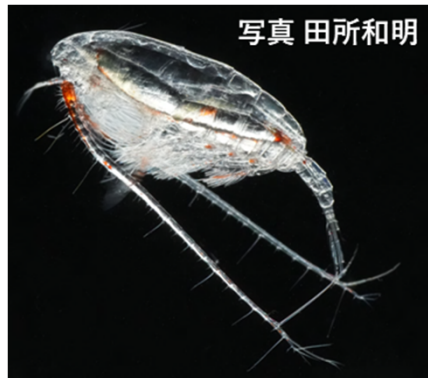


図1 サンマの重要な餌生物である亜寒帯性カイアシ類*Neocalanus plumchrus* (左)と*N. cristatus* (右)。成体の大きさは*N. plumchrus* が約4.5mm、*N. cristatus*は、8.0mm。

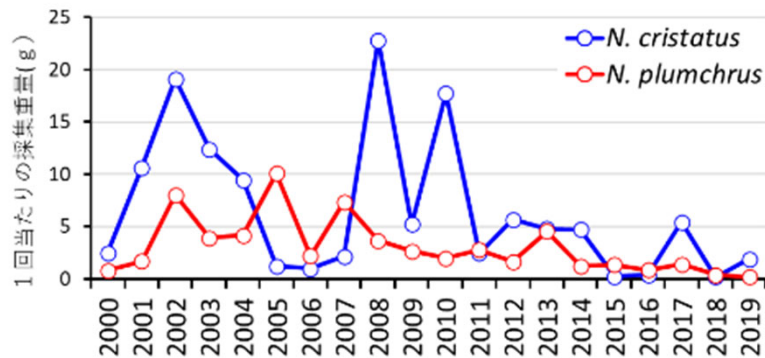


図2 2000～2019年の北海道沖におけるサンマの重要な餌生物である亜寒帯性カイアシ類*Neocalanus plumchrus*と*N. cristatus*の生物量の経年変動。

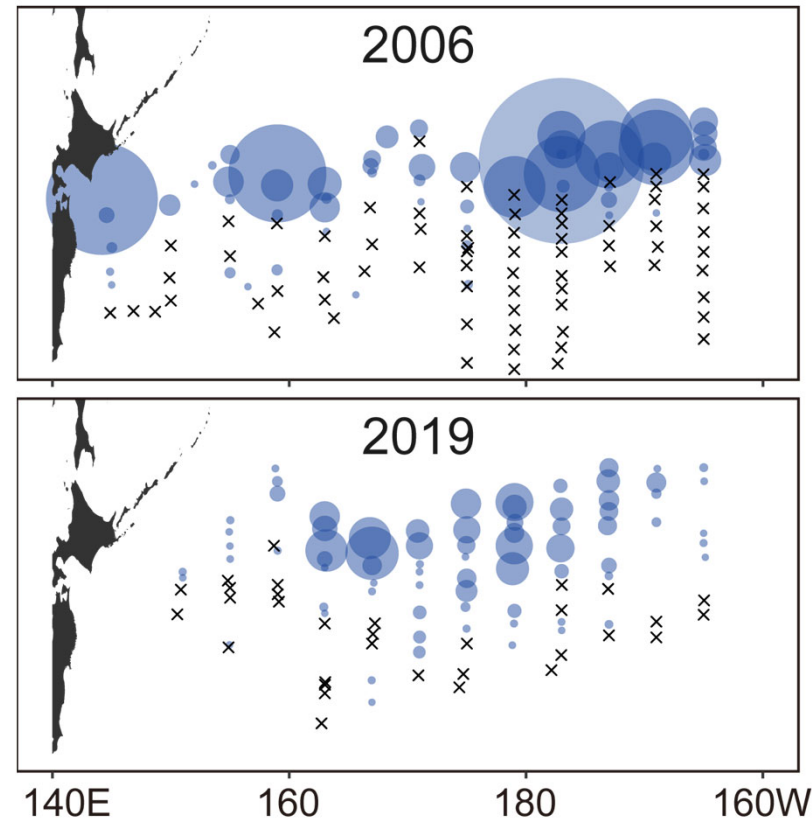


図3 サンマ資源量調査時の*Neocalanus plumchrus*分布状況。○の大きさは6-7月の調査点における相対的な分布密度を示し、×は出現しなかったことを示す。2019年には高密度に分布する調査点が減少している。

# 5. 産卵場と生育場の沖合化

- サンマは本州南側の海域からその東の沖合で、冬季を中心に産卵します。2010年以降に夏～秋の産卵前のサンマの分布が沖合に移動した結果、2011年1月以降の産卵期に本州南側の産卵場に来遊する親魚が減少し、この海域で生まれるサンマが少なくなったと考えられます(図1)。
- サンマの仔稚魚は黒潮に乗って東に流され、その後北上します。近年、本州東側の黒潮続流では蛇行が少なくなっているため、仔稚魚は近海で北上できず生育条件が良い海域に到達できず、さらに東の沖合に流されやすくなると考えられます(図2)。

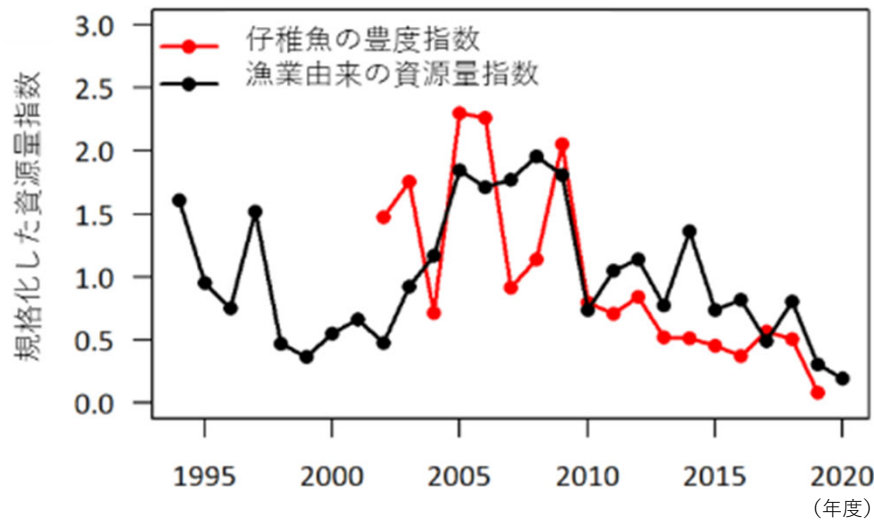


図1 サンマ仔稚魚の豊度指数（本州南側の産卵場（房総～薩南海域）での調査結果、赤線）とサンマ棒受け網漁業由来の資源量指数（≒親魚量の指標、黒線）の推移。2011年以降に仔稚魚の豊度が低下したのは、親魚量の減少により産卵量が減少した影響と考えられる。

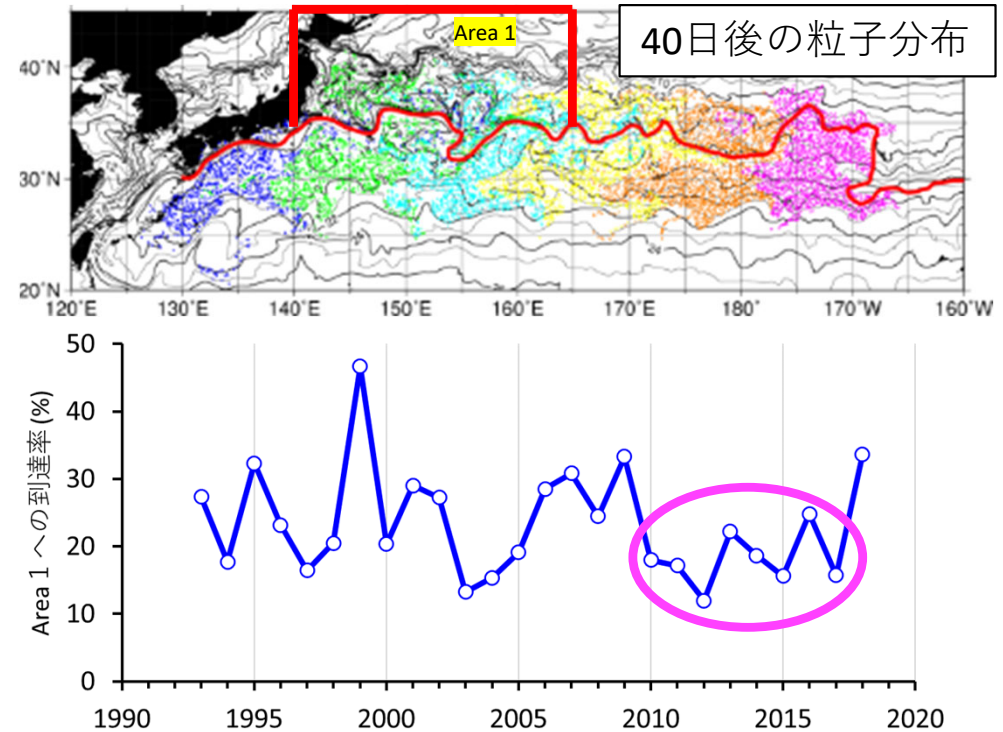


図2 粒子輸送シミュレーションの例。上の図は本州南沖から流した粒子（サンマ仔稚魚に見立てた）の40日後の分布。Area1はサンマの仔稚魚の成長が好適な海域を示す。下のグラフは、各年の主産卵場から流した粒子のうちArea1に運ばれた粒子の割合の推移。2010年以降、Area1に運ばれる粒子（仔稚魚）の割合が減少している。

# 6. 成長の悪化と成熟の遅れ

- 沖合で成長した稚魚は、日本に近い海域で育ったものに比べて成長が悪い傾向があります(図1)。近年の産卵場と生育場の沖合化によって、成長の良い個体の割合が減少していると考えられます。
- 一部のサンマは、生まれて1年以内の0歳時から産卵します。1歳になったばかりのサンマの卵巣に残る痕跡を利用して、過去に産卵を行ったか(0歳時に産卵をしたか)を調べたところ、東経175度以西では、0歳時に産卵したサンマの割合が2015年以降低下していました(図2)。この要因として、餌の減少による成長の悪化が影響した可能性が考えられます(4. 参照)。

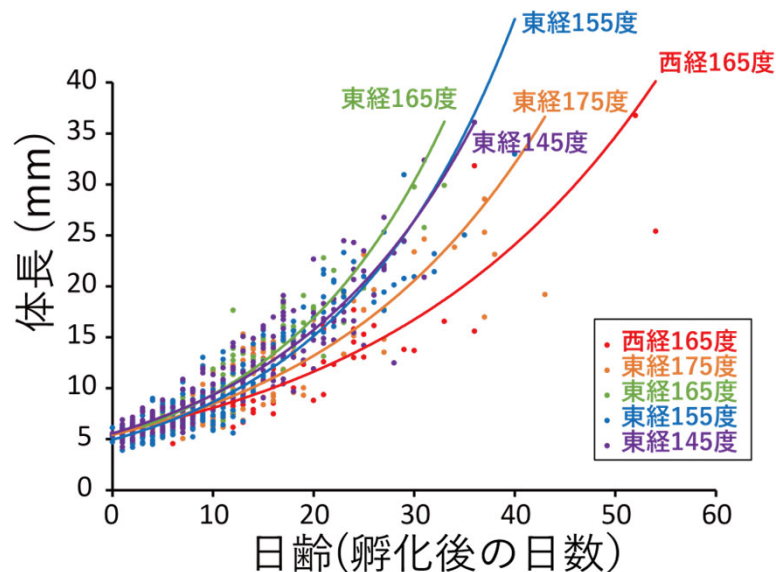


図1 サンマ稚魚の日齢と体長との関係。同じ日齢で比較したとき、沖合の稚魚ほど体長が小さい傾向があり成長が悪いことがわかる。

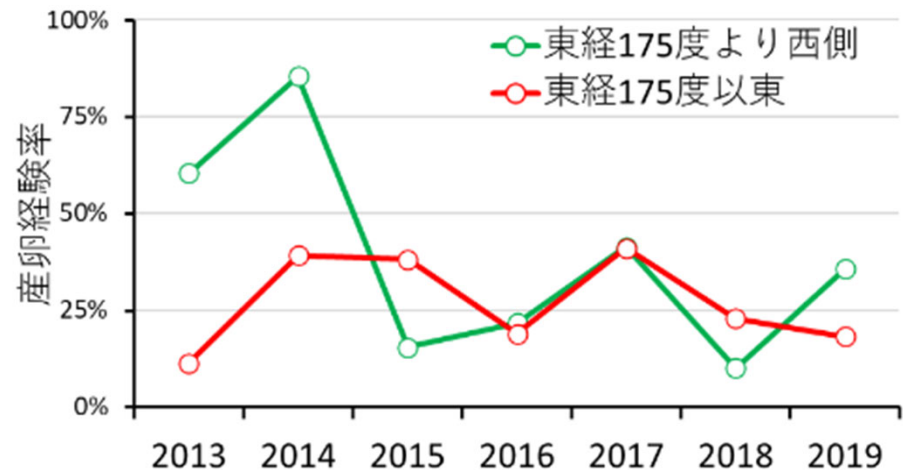


図2 1歳になったばかりのサンマの産卵経験率の海域別の年変化。緑が東経175度より西、赤が東で採集されたサンマ1歳魚のうち、0歳時に産卵していたサンマの割合(0歳魚の産卵経験率)を年ごとに示す。以前高かった東経175度以西に分布するサンマの産卵経験率が、2015年以降低下していることがわかる。

# 7. 南下回遊時期の遅れと経路の沖合化

- 漁獲サイズのサンマを模した回遊モデル(シミュレーション)により、近年の来遊の遅れの原因を調べた結果、漁期前(6~7月)のサンマの体重の減少が、西方回遊(産卵場に向かう回遊)の開始の遅れと関係していました(図1, 2)。西方回遊の遅れにより、本州沿岸域に到達しないまま、本州の東方沖合域を南下するサンマが増え、日本の沿岸までサンマが来遊しにくくなっていることが考えられます。
- サンマの分布域が年々東沖へと変化している中で、2013年以降では経度180度以西でマイワシとサバ類が増加していることも観察されました(図3)。1980年代のマイワシ高水準期にもサンマ漁場が沖合化したことが知られており、これらの増加とサンマの来遊の関係も調査と研究を続けています。

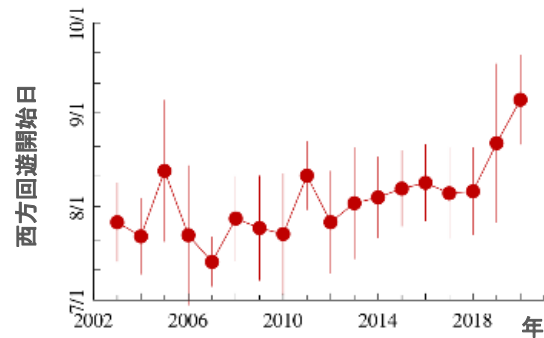


図1 回遊モデルを用いて推定した2003~2020年の西方回遊開始日\*6。西方回遊開始が徐々に遅くなり、2019年は8/22、2020年は9/5と特に遅かった。

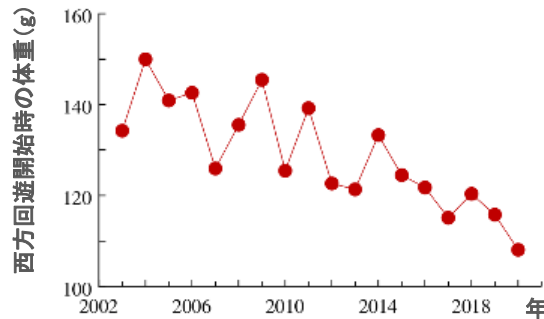


図2 西方回遊開始時のサンマの体重の経年変動\*6。減少傾向にある。

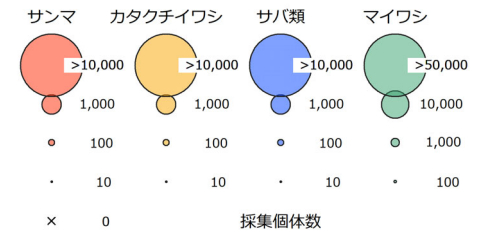
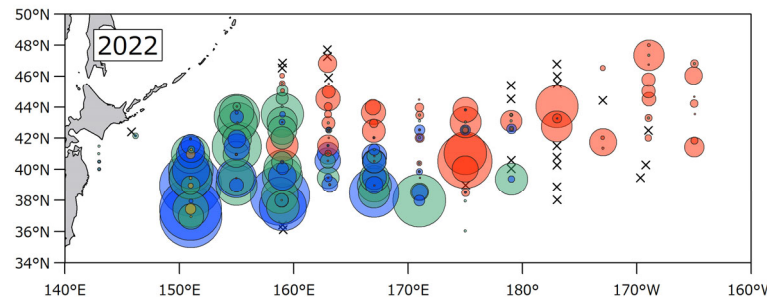
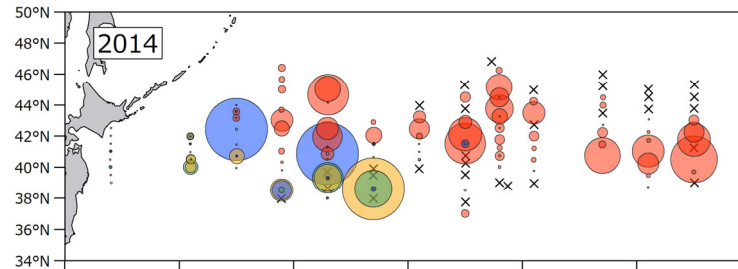
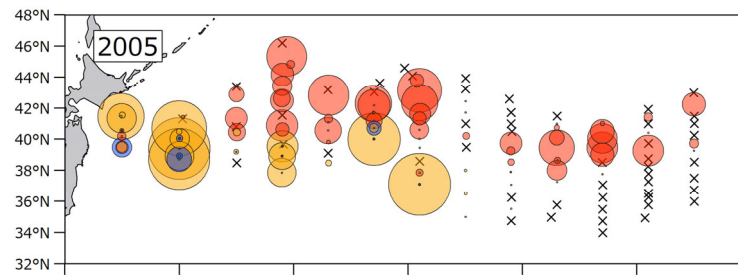


図3 カタクチイワシが多かった2005年と、サバ類が増えてきた2014年、マイワシ・サバ類が多かった2022年における4魚種の6-7月調査時の分布状況。サンマはほか3種に比べて北東に分布する傾向にあり、他魚種との分布の重なりが小さい。近年、日本近海ではマイワシ・サバ類の分布量が増え、分布域も広がっている。

# 8. ① 新たな技術による調査・研究

## 音響技術によるサンマや他の浮魚類の分布の把握

- サンマの分布をより効率的に把握するため、漁船で収集されるデータを活用する技術開発を進めています。
- 漁期中(8~12月)、全周ソナーを使って魚を探索するサンマ漁船からソナーデータの提供を受けて解析することにより、サンマや他の浮魚類の分布の季節変化を把握する研究に取り組んでいます(図1, 2)。

魚探では探知しにくい、表層近くにいるサンマの分布量を計量ソナーで調べます。

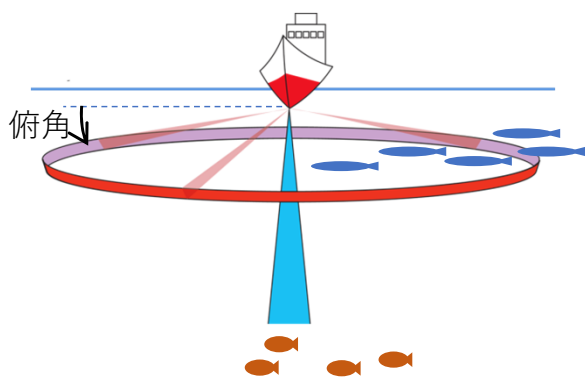


図1 ソナー(赤)および計量魚探機の音響ビーム(水色)。ソナーは俯角を変えて、船の周囲360°方向の表層近くを探知できる。サンマのような表層近くに生息する魚(青)は、魚探機には映りにくい。

表層近くにいる魚群の量が把握できるようになりました。今後は魚種の判別手法の開発が課題です。

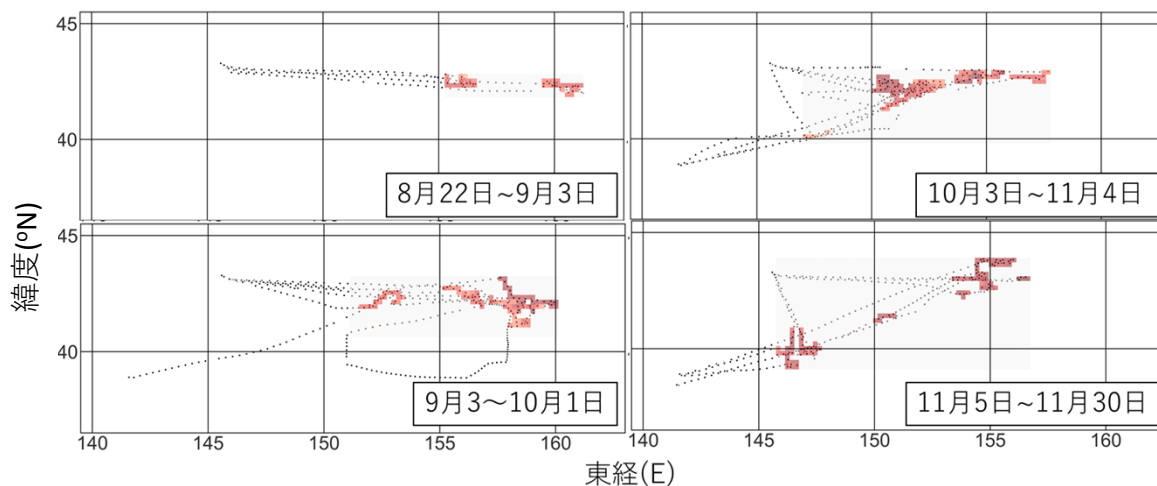


図2 漁船のソナーデータより得られた漁期中の魚群分布図。点線は船の航跡、赤色は魚群反応があった点を表す。

# 8. ② 新たな技術による調査・研究

## 遺伝子の解析による生理・成熟状態の把握

- 成熟開始や回遊方向の切り替え時に、体内でどのような変化が起きているのかを調べるため、関連する遺伝子の発現量を調べています(図1)。
- 成熟が早い個体ほど西方回遊の開始時期も早いことがわかってきました(図2)。
- 今後は、得られた結果を海洋の環境や成長、餌条件とも比較することによって、近年のサンマの生態の変化の原因の究明をしていきます。

北上期の7月には食欲を促す遺伝子が活発に働いていますが、西方回遊の開始後の10月では食欲が減退する一方で成熟が進んでいることを示しています。

西方回遊が、どのようなきっかけで始まるのかを調べています。

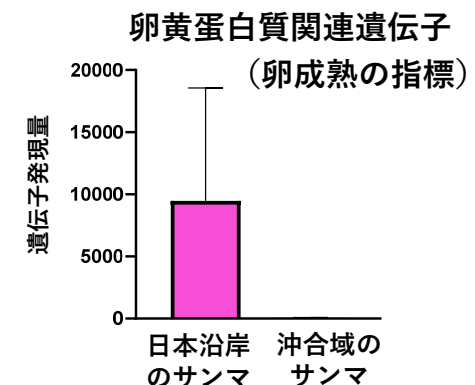
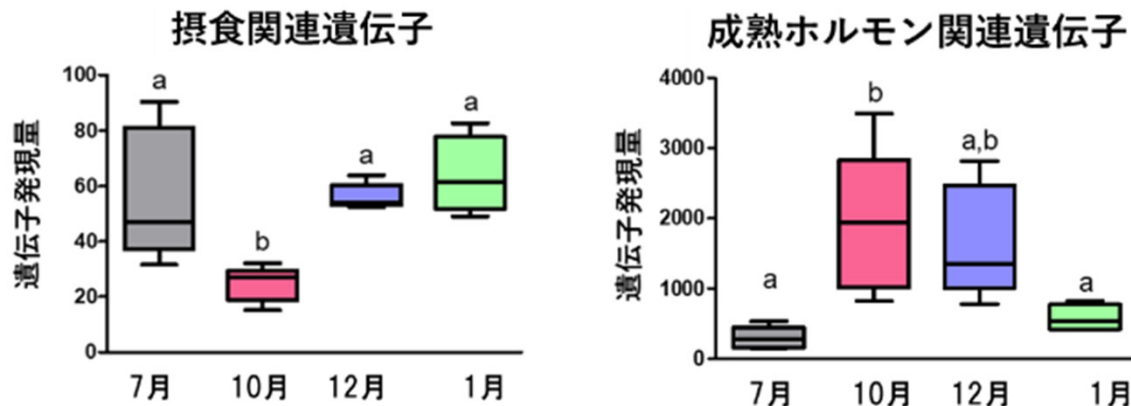


図1 時期による遺伝子発現の変化。左のグラフは、北上期の7月のサンマは摂食関連遺伝子が多く発現し食欲があるが、西方回遊開始後の10月には食欲が減退していることを示している。右のグラフは、夏には少なかった成熟ホルモン関連遺伝子が、秋～冬に増加したことを示している。このことから、夏場の北上期には餌を活発に食べるが、秋以降は成熟が進む一方で摂餌量が減り、冬の産卵に備えていると考えられる。

図2 西方回遊開始時期の違いによる卵黄蛋白質関連遺伝子の発現量の違い。同時期・同水温帯にいる日本沿岸と沖合のサンマを比較。日本沿岸の群(=より早い時期に西方に回遊した群)では、卵黄蛋白質の合成に関する遺伝子の発現が多く、成熟がより進んでいる。

# 研究担当者

## 海洋物理環境

水産資源研究所 黒田 寛

## 一次生産（植物プランクトン）の変化

水産資源研究所 宮本 洋臣、桑田 晃、谷内 由貴子、渡辺 剛

## 動物プランクトン群集の変化

水産資源研究所 宮本 洋臣、田所 和明、岡崎 雄二、大西 拓也

## 他の浮魚類の動向

水産資源研究所 富士 泰期

## 本州南方の仔稚魚分布の変化

水産資源研究所 橋本 緑、渡井 幹雄、安田 十也、富士 泰期、巢山 哲

## 仔稚魚の生残過程

水産資源研究所 宮本 洋臣、奥西 武

## 回遊モデルによる来遊時期

水産資源研究所 筧 茂穂

## 0歳魚産卵率の時空間変動

水産資源研究所 富士 泰期

## 音響技術の導入によるサンマや他の浮魚類の分布域の把握

水産技術研究所 澤田 浩一、高橋 竜三、松裏 知彦、今泉 智人

## 代謝産物や遺伝子の解析による生理・成熟状態の把握

水産資源研究所 馬久地 みゆき、相馬 智史

## とりまとめ

水産資源研究所 巢山 哲

# 引用した資料・論文

---

- \*1) 水産庁 (2021) 不漁問題に関する検討会とりまとめについて.  
[www.jfa.maff.go.jp/j/study/attach/pdf/furyou\\_kenntokai-21.pdf](http://www.jfa.maff.go.jp/j/study/attach/pdf/furyou_kenntokai-21.pdf)
- \*2) 国立研究開発法人水産研究・教育機構 (2022) 2022年度サンマ長期漁海況予報.  
[https://www.jfa.maff.go.jp/j/press/sigen/attach/pdf/220729\\_30-2.pdf](https://www.jfa.maff.go.jp/j/press/sigen/attach/pdf/220729_30-2.pdf)
- \*3) 巢山 哲・中山 新一郎・宮本 洋臣・富士 泰期・橋本 緑・納谷 美也子 (2022) サンマ北西太平洋. 令和3年度国際漁業資源の現況.  
[https://kokushi.fra.go.jp/R03/R03\\_81\\_SAP.pdf](https://kokushi.fra.go.jp/R03/R03_81_SAP.pdf)
- \*4) Kuroda H. and Yokouchi K. (2017) Interdecadal decrease in potential fishing areas for Pacific saury off the southeastern coast of Hokkaido, Japan. *Fisheries Oceanography*, 26:439-454.  
<https://doi.org/10.1111/fog.12207>
- \*5) Kuroda H., Suyama S., Miyamoto H., Setou T. and Nakanowatari T. (2021) Interdecadal variability of the western subarctic gyre in the North Pacific Ocean. *Deep-Sea Research Part I*, 169, 103461.  
<https://doi.org/10.1016/j.dsr.2020.103461>
- \*6) Kakehi S., Hashimoto M., Naya M., Ito S., Miyamoto H. and Suyama S. (2022) Reduced body weight of Pacific saury (*Cololabis saira*) causes delayed initiation of spawning migration. *Fisheries Oceanography*, 31:319-332.  
<https://doi.org/10.1111/fog.12579>