

令和元年6月13日現在

機関番号：82708

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2014～2018

課題番号：26252031

研究課題名(和文) 太平洋を越えて黒潮-フンボルト海流域間で同期する魚種交替の生物学的メカニズム

研究課題名(英文) Biological mechanisms of synchronous species alternations between the Kuroshio and Humboldt Current systems across the Pacific

研究代表者

高須賀 明典 (Takasuka, Akinori)

国立研究開発法人水産研究・教育機構・中央水産研究所・グループ長

研究者番号：00392902

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 29,500,000円

研究成果の概要(和文)：気候変動に伴ってカタクチイワシとマイワシの間で優占魚種が入れ替わる魚種交替現象は、太平洋を越えて黒潮海流域(日本)とフンボルト海流域(ペルー)間で同期してきた。黒潮海流域とフンボルト海流域のカタクチイワシとマイワシについて、産卵生態、初期生態、資源生態に加え、海洋環境と輸送・回遊過程を考慮して、魚種間・海流域間で総合的に比較した。その結果、物理・生物環境に対する反応は、それぞれの海流域における種に特有のものであり、両海流域間での魚種間関係の逆転あるいは劇的な生物特性の違いが、太平洋を越えて、表面水温の関係が逆であるにもかかわらず、魚種交替が同期する現象を説明すると結論された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

気候変動下での水産物の持続的利用を達成するためには、気候変動に伴って起こる魚種交替の将来予測をすることが有効であるが、その予測には合理的な根拠が必要である。本研究成果は、太平洋を越えて黒潮海流域とフンボルト海流域間で同期する魚種交替の生物学的メカニズムの解明に資するものであり、魚種交替の将来予測のための生物学的根拠となる。また、卵生産における密度効果の発見によって、これまでの資源管理における水産資源の密度効果に関する理解を修正し、卵生産量に基づく新たな資源管理方策の基盤形成につながることを期待される。

研究成果の概要(英文)：The out-of-phase population oscillations between anchovy and sardine (species alternations) have been synchronous between the Kuroshio and Humboldt Current systems (off Japan and Peru, respectively) across the Pacific. The present study conducted interspecific and intersystem comparisons of reproductive biology, early life biology, and fisheries biology of anchovy and sardine in relation to environmental variability in the Kuroshio and Humboldt Current systems. The responses to environmental factors were species-specific in each system. The anchovy-sardine relationships could be even reversed in the responses to physical factors and quite different in the responses to biological factors between the two systems. We conclude that such contrasting patterns would generate the synchronous species alternations under the reversed temperature regimes between the opposite sides of the Pacific.

研究分野：水産資源学

キーワード：海洋生態 水産資源 魚種交替 黒潮海流域 フンボルト海流域

1. 研究開始当初の背景

世界各地の海洋生態系において、イワシのような海の表層に生息する小型浮魚類は、気候変動に対応して数十年規模の劇的かつ周期的な資源変動を繰り返してきた。最も象徴的な例は、カタクチイワシとマイワシの間で優占魚種が入れ替わる「魚種交替」現象である。即ち、マイワシが増える時期にカタクチイワシが減り、マイワシが減る時期にカタクチイワシが増えるという現象が繰り返されてきた。最近、我が国周辺海域の黒潮海流域では、マイワシが資源低水準期にあった一方、カタクチイワシは資源高水準期にあった(図1)。この魚種交替は、カリフォルニア海流域(カリフォルニア沖)、フンボルト海流域(ペルー沖)でも見られ、太平洋の東西間で、同じ時期に表面水温の高低の関係が逆であるにもかかわらず、魚種交替のパターンは、はるか太平洋を越えて同期する傾向があった。例えば、太平洋気候変動指標値が正偏差(負偏差)の時期は、日本側の海表面は低水温(高水温)、カリフォルニアやペルー側の海表面は高水温(低水温)の時期に相当するが、同時期に両側でマイワシ(カタクチイワシ)が増えた。気候変動は大時空間スケールでの海洋の体制・状態の遷移を引き起こす。魚種交替が気候変動に起因することは明白だが、それに伴う環境変動に生物がどのように反応することで魚種交替に至るかという生物学的メカニズムには不明な点が多い。その生物学的メカニズムの最重要問題は2つある。まず、(1)何故、同じ海洋条件下で、カタクチイワシは繁栄し、マイワシは崩壊し、そして入れ替わるのか?次に、(2)何故、異なる海洋生態系間で魚種交替は同期するのか?

世界的には、問題(1)を説明する最有力説として、両魚種間で摂餌生態が異なることに着目し、海水温の変化に伴う餌プランクトン群集の変化によって魚種の有利・不利が入れ替わるとする「栄養差異」仮説が提唱されていた。しかし、この仮説は、生産性が高い低水温時期にカタクチイワシ資源が増大する海域の説明であり、低水温でマイワシ資源が増大する黒潮海流域には適用できなかった。そして、問題(2)、太平洋の東西で同時期に表面水温の関係が逆であるにもかかわらず魚種交替が同期する現象を合理的に説明するシナリオがなかった。

我々は、過去研究で、黒潮海流域においてカタクチイワシとマイワシ間で初期生活史における成長速度最適水温が異なることを実証し(それぞれ22°C及び16°C)、経験する環境水温がこれらの最適水温の間で変動することによって魚種の有利・不利が入れ替わるとする「成長速度最適水温」仮説を提唱した。続いて、様々な小型浮魚類の最適水温値と資源繁栄時期、適水温範囲と資源変動規模が密接な関係にあることを示した。さらに、黒潮海流域のカタクチイワシとマイワシの産卵水温特性をカリフォルニア海流域のものと比較した結果、両魚種の水温特性の関係が海流域間で逆転していた。概して、生物特性は海域ごとに魚種に特有であると結論された。これらの過去研究の成果に基づいて、太平洋を越えた魚種交替同期現象の生物学的メカニズムの解明を目指して、黒潮海流域とフンボルト海流域における魚種交替の生物学的メカニズムを比較する着想を得た。

2. 研究の目的

気候変動に伴ってカタクチイワシとマイワシの間で優占魚種が入れ替わる魚種交替現象は、はるか太平洋を越えて黒潮海流域(日本)とフンボルト海流域(ペルー)間で同期してきた。本研究では、この地球規模現象の生物学的メカニズムを解明するため、ペルー海洋研究所との強固な共同研究体制の下、主に我々の過去研究成果から導いた物理・生物環境に対する魚種特有の反応に着目した以下の2つの仮説を両海流域間で完全に統一した手法によって検証する。仮説1「物理・生物環境に対する魚種間の反応の違いに対して環境が変動することによって魚種交替が起こる。水温と餌環境の両方が好適範囲にあることが資源増大の条件である。」仮説2「物理・生物環境に対する反応の両魚種の間には黒潮・フンボルト海流域間で逆転している。よって、両海流域間で表面水温の関係が逆であるにもかかわらず、魚種交替が同期する。」

黒潮海流域とフンボルト海流域のカタクチイワシとマイワシについて、産卵生態、初期生態、資源生態に加え、海洋環境と輸送・回遊過程を考慮して、魚種間・海流域間で総合的に比較することにより、両海流域間で魚種交替が同期してきた現象を生物学的側面から合理的に説明するシナリオを提示する。

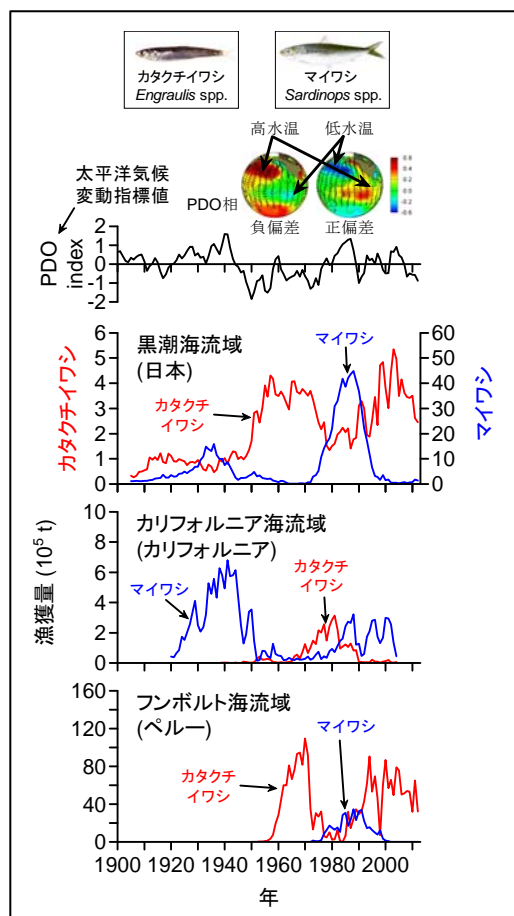


図1. 異なる海洋生態系における魚種交替。太平洋東西間で同時期に表面水温の高低の関係が逆であるにもかかわらず、魚種交替は同期した。

3. 研究の方法

本研究では、ペルー海洋研究所と所属機関が取り交わした共同研究覚書による強固な共同研究体制の下、それぞれの研究機関で長期に渡って実施されてきた産卵調査や資源評価のデータを完全に統一した手法で解析することで、黒潮海流域とフンボルト海流域におけるカタクチイワシとマイワシの生物特性を明らかにし、魚種間・海流域間の比較・統合を行う。これには、(1) 産卵生態（産卵場特性・繁殖戦略・密度依存）、(2) 初期生態（初期生活史における成長等・摂餌）、(3) 資源生態（漁業特性・資源生物特性）を総合的に加味する。また、(4) 生物特性に対する海洋環境（物理要因・生物要因）の変動を調べて仮説検証を行う。さらに、将来的に魚種交替予測モデルへ展開することを念頭に、(5) 数理モデル（輸送・回遊モデル）を構築する。黒潮海流域及びフンボルト海流域のカタクチイワシ及びマイワシについて、(1)～(5)の成果を魚種間・海流域間で総合的に比較した。

- (1) 産卵生態（産卵場特性・繁殖戦略・密度依存）：黒潮海流域及びフンボルト海流域の産卵調査の長期蓄積データセット（いつ、どこで、どれくらい産卵が行われているかを把握するために、それぞれの海域で数十年に亘って実施されてきたネットによる卵採集結果）を用いて、産卵場特性、繁殖戦略、密度効果を調べた。
- (2) 初期生態（初期生活史における成長等・摂餌）：フンボルト海流域のカタクチイワシ仔魚・成魚の耳石（魚類の頭部にある炭酸カルシウムの結晶で、1日1本輪紋が形成されることから、日齢や成長を知ることができる）を解析し、成長速度を推定した。
- (3) 資源生態（漁業特性・資源生物特性）：黒潮海流域及びフンボルト海流域において、漁業情報（漁獲量等）、資源評価データ（産卵する親の量である産卵親魚量、漁獲対象となるまで生き残った量である加入量等）、精密測定データ（体長、体重、生殖腺重量等）から、資源生物特性の長期変動を明らかにした。
- (4) 海洋環境（物理要因・生物要因）：産卵場及び生育場における物理要因（水温・塩分）・生物要因（餌環境の指標としての動物プランクトン密度・クロロフィル濃度）の時空間変動を明らかにした。
- (5) 数理モデル（輸送モデル）：海流域において、生物特性を組み込んだ卵・仔魚の輸送・回遊モデルから輸送・回遊過程を再現した。黒潮海流域で作成した輸送モデルをフンボルト海流域に移植し、カタクチイワシの輸送過程に適用した。

4. 研究成果

本研究の主要な成果を以下にまとめる。項目は、研究の方法(1)～(5)の複数に跨るものであり、研究の方法と番号は対応しない（対応するトピックを括弧内に記す）。

- (1) 生態系レベルでの魚種交替同期現象（資源生態、海洋環境）

黒潮海流域及びフンボルト海流域について、気候変動に伴う海洋環境変動とそれに対する小型浮魚類複数種の資源変動等を詳細に解析し、海流域間で比較した。カタクチイワシ、マイワシのみならず、サバ類、アジ類も含めた小型浮魚類群集という生態系レベルで魚種交替同期が起こってきた現象を明らかにした。海洋環境変動では、特に、それぞれの海流域における動物プランクトン密度の年変動・季節変動特性が詳述された。

- (2) 様々な環境に対する産卵・成長特性（産卵生態、初期生態、海洋環境）

産卵や初期の成長と物理要因（水温・塩分）・生物要因（動物プランクトン密度・クロロフィル濃度）の関係を調べ、魚種間・海流域間で比較した結果、物理環境（水温・塩分）に対するカタクチイワシとマイワシの反応の関係が海流域間で逆転していることを明らかにした（図2）。例えば、黒潮海流域では、カタクチイワシが高水温、マイワシが低水温で産卵確率が高くなるのに対して、フンボルト海流域では、カタクチイワシが低水温、マイワシが高水温で産卵確率が高くなっていった。よって、太平洋の東西で水温の高低の関係が逆であるにもかかわらず魚種交替が同期することが説明された。さらに、生物要因（動物プランクトン密度・クロロフィル濃度）との関係では、魚種や海流域によって産卵のためのエネルギー獲得戦略（繁殖戦略）が異なることも示された。黒潮海流域では、カタクチイワシは産卵に使うエネルギーを産卵時の現場における餌に依存する“income breeder”であるのに対し、マイワシは産卵前に蓄積したエネルギーを使うことができる“capital breeder”の特性が強かった。フンボルト海流域では、カタクチイワシもマイワシも“capital breeder”の特性を示した。

以上より、物理・生物環境に対する反応は、カタクチイワシあるいはマイワシという属レベルではなく、それぞれの海流域における種に特有のものであり、魚種特有の環境に対する反応が魚種間で対照的であることで魚種交替が起こり、そして、両海流域間での魚種間関係の逆転あるいは劇的な生物特性の違いが、太平洋を超えて、表面水温の関係が逆であるにもかかわらず、魚種交替が同期する現象を説明すると結論された。

- (3) 卵生産における密度効果（産卵生態、資源生態）

本研究過程では、黒潮海流域において、資源量と年間卵生産量の推定値を組み合わせることにより、「産卵親魚量と卵生産量が比例する」という現在の資源管理の基礎となっている考え方を数十年スケールで直接的に検証した。その結果、産卵親魚量と卵生産量の比例関係を歪ませる要因として、卵生産における種内・種間密度効果の存在を発見した。例えば、マイワシの親1個体が年間に産む卵の量（産卵親魚個体当たり卵生産量）は資源増大に伴って劇的に減少していた（図3）。資源量最大値と資源変動幅が大きいマイワシでは、資源増大による密度上昇で

餌不足となり、産卵のためのエネルギーが不足するためと考えられる（種内密度効果）。一方、マイワシに比べて資源量最大値と資源変動幅が小さいカタクチワシの産卵親魚個体当たり卵生産量は、マイワシの資源増大によって減少しており、マイワシとの競合による餌不足が原因と考えられた（種間密度効果）。

(4) 魚類の初期生活史における成長速度と生き残りの関係の再考（初期生態）

初期生態研究を進めるに当たって、魚類の初期生活史における成長速度と生き残りの関係に関するパラダイム（成長速度が高いほど生き残る確率が高い）の検証結果が野外研究と飼育実験で矛盾することに着目し、国際シンポジウム・ワークショップを介して、国際共同研究ネットワークを形成した。このネットワークによる共同で、矛盾する検証結果を統合的に説明する概念モデルを作成すると共に、初期生態分野における将来課題を抽出した。

(5) 輸送過程の再現（数理モデル）

黒潮海流域で構築した卵・仔魚輸送モデルをフンボルト海流域に移植し、本研究で明らかにした環境に対する産卵特性等の生物情報を取り込んだ。カタクチワシの卵・仔魚の輸送過程を表現すると共に、輸送経路で経験する環境変動を調べた（図 4）。これによって、将来的に、生活史における経験環境と魚種交替の関係を解析して海流域間で比較する土台が準備された。

(6) 将来展望・波及効果

- ① 気候変動下での水産物の持続的利用のためには、海洋生態系を超えて起こる魚種交替の将来予測をすることが有効である。本研究成果はその将来予測のための生物学的根拠となる。
- ② 卵生産における密度効果の発見により、卵生産量に基づく新たな資源管理方策の基盤形成が期待される。
- ③ 本研究成果に基づいて、サンパウロ大学海洋研究所との共同により、新たに南東ブラジル湾における魚種交替との比較を行う研究計画を立案した。

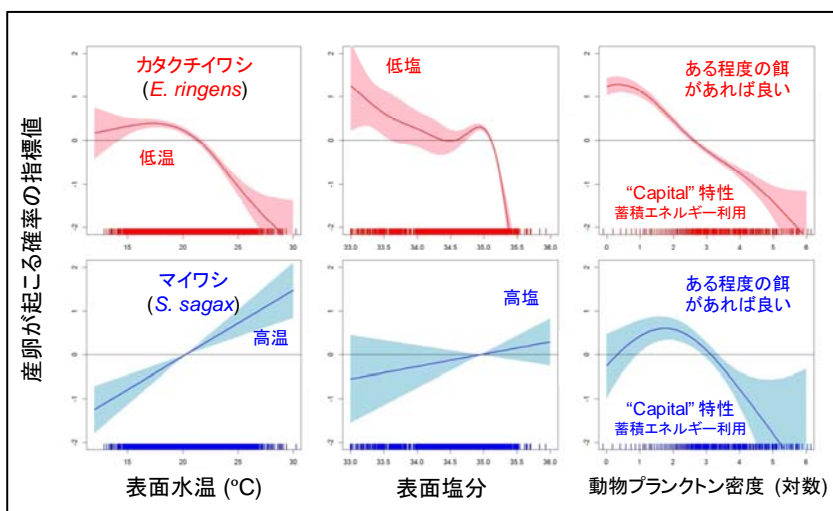


図 2. フンボルト海流域における様々な環境要因（水温・塩分・動物プランクトン密度）に対するカタクチワシとマイワシの産卵応答特性。黒潮海流域では、カタクチワシが高水温、マイワシが低水温で産卵確率が高いが、フンボルト海流域では、カタクチワシが低水温、マイワシが高水温で産卵確率が高い。

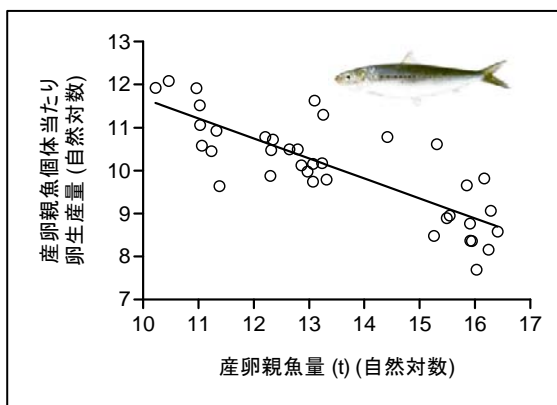


図 3. マイワシの卵生産における密度効果。産卵親魚量の増大に伴って、産卵親魚個体当たり卵生産量が劇的に減少していた。

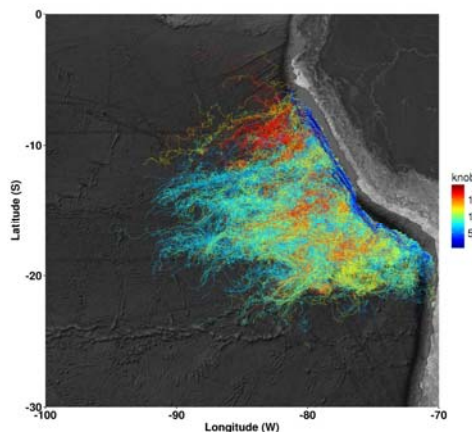


図 4. フンボルト海流域におけるカタクチワシ卵・仔魚の輸送実験の出力例。沖合への輸送が表現されている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計 16 件）（記載 ①～⑬は全て査読有）

- ① Takasuka, A., Yoneda, M., Oozeki, Y. (2019) Density dependence in total egg production per spawner for marine fish. *Fish and Fisheries*, 20: 125–137.

- [<https://doi.org/10.1111/faf.12327>]
- ② [Takasuka, A.](#), [Nyuji, M.](#), [Kuroda, H.](#), [Oozeki, Y.](#) (2019) Variability of swept area by sea-surface tows of a neuston net: Balance of resistance, clogging, and over-inflow effects. *Fisheries Research*, 210: 175–180. [<https://doi.org/10.1016/j.fishres.2018.10.021>]
 - ③ [Oozeki, Y.](#), [Ñiquen Carranza, M.](#), [Takasuka, A.](#), [Ayón Dejo, P.](#), [Kuroda, H.](#), [Tam Malagas, J.](#), [Okunishi, T.](#), [Vásquez Espinoza, L.](#), [Gutiérrez Aguilar, D.](#), [Okamura, H.](#), [Guevara Carrasco, R.](#) (2019) Synchronous multi-species alternations between the northern Humboldt and Kuroshio Current systems. *Deep Sea Research Part II*, 159: 11–21. [<https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2018.11.018>]
 - ④ [Kaneko, H.](#), [Okunishi, T.](#), [Seto, T.](#), [Kuroda, H.](#), [Itoh, S.](#), [Kouketsu, S.](#), [Hasegawa, D.](#) (2019) Dual effects of reversed winter–spring temperatures on year-to-year variation in the recruitment of chub mackerel (*Scomber japonicus*). *Fisheries Oceanography*, 28: 212–227. [<https://doi.org/10.1111/fog.12403>]
 - ⑤ [Plaza, G.](#), [Campana, S. E.](#), [Cerna, F.](#), [Takasuka, A.](#), [Rodríguez, C.](#), [Contreras, J. E.](#), [Moyano, G.](#), [Hernández, A.](#), [Gómez, M.](#) (2019) Revisiting daily age determination in juvenile anchoveta *Engraulis ringens*. *Marine and Freshwater Research* (in press). [<https://doi.org/10.1071/MF18307>]
 - ⑥ [Takasuka, A.](#), [Yoneda, M.](#), [Oozeki, Y.](#) (2019) Disentangling density-dependent effects on egg production and survival from egg to recruitment in fish. *Fish and Fisheries*. [<https://doi.org/10.1111/faf.12381>]
 - ⑦ [Kuroda, H.](#), [Takasuka, A.](#), [Hirota, Y.](#), [Kodama, T.](#), [Ichikawa, T.](#), [Takahashi, D.](#), [Aoki, K.](#), [Setou, T.](#) (2018) Numerical experiments based on a coupled physical-biochemical ocean model to study the Kuroshio-induced nutrient supply on the shelf–slope region off the southwestern coast of Japan. *Journal of Marine Systems*, 179: 38–54. [<https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2017.11.002>]
 - ⑧ [Nakayama, S.](#), [Takasuka, A.](#), [Ichinokawa, M.](#), [Okamura, H.](#) (2018) Climate change and interspecific interactions drive species alternations between anchovy and sardine in the western North Pacific: Detection of causality by convergent cross mapping. *Fisheries Oceanography*, 27: 312–322. [<https://doi.org/10.1111/fog.12254>]
 - ⑨ [Takasuka, A.](#), [Tadokoro, K.](#), [Okazaki, Y.](#), [Ichikawa, T.](#), [Sugisaki, H.](#), [Kuroda, H.](#), [Oozeki, Y.](#) (2017) *In situ* filtering rate variability in egg and larval surveys off the Pacific coast of Japan: Do plankton nets clog or over-filter in the sea? *Deep Sea Research Part I*, 120: 132–137. [<https://doi.org/10.1016/j.dsr.2016.12.017>]
 - ⑩ [Takasuka, A.](#), [Sakai, A.](#), [Aoki, I.](#) (2017) Dynamics of growth-based survival mechanisms in Japanese anchovy (*Engraulis japonicus*) larvae. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 74: 812–823. [<https://doi.org/10.1139/cjfas-2016-0120>]
 - ⑪ [Takasuka, A.](#), [Nishikawa, K.](#), [Kuroda, H.](#), [Okunishi, T.](#), [Shimizu, Y.](#), [Sakaji, H.](#), [Ito, S.](#), [Tokai, T.](#), [Oozeki, Y.](#) (2016) Growth variability of Pacific saury *Cololabis saira* larvae under contrasting environments across the Kuroshio axis: survival potential of minority versus majority. *Fisheries Oceanography*, 25: 390–406. [<https://doi.org/10.1111/fog.12160>]
 - ⑫ [Yasue, N.](#), [Harada, S.](#), [Takasuka, A.](#) (2016) Seasonal variability in the development of Japanese anchovy during the transition from larval to juvenile stages. *Marine Ecology Progress Series*, 562: 135–146. [<https://doi.org/10.3354/meps11942>]
 - ⑬ [Oozeki, Y.](#), [Okunishi, T.](#), [Takasuka, A.](#), [Ambe, D.](#) (2015) Variability in transport processes of Pacific saury *Cololabis saira* larvae leading to their broad dispersal: Implications for their ecological role in the western North Pacific. *Progress in Oceanography*, 138: 448–458. [<https://doi.org/10.1016/j.pocean.2014.05.011>]
 - ⑭ 他、国際誌 (査読有) 1件 (印刷中)、和文誌 (査読有) 1件、和文誌 (査読無し) 1件

[学会発表] (計 75 件)

- ① [Takasuka, A.](#), [Kuroda, H.](#), [Okunishi, T.](#), [Yoneda, M.](#), [Oozeki, Y.](#) (2019) Application of ichthyoplankton data to studies on mechanisms of population dynamics of small pelagic fish. The 1st Brazilian Ichthyoplankton Symposium. Belém, Brazil, January 27–31, 2019. (招聘講演)
- ② [Takasuka, A.](#), [Robert, D.](#), [Shoji, J.](#), [Sirois, P.](#), [Fortier, L.](#), [Oozeki, Y.](#), *et al.* (2017) Reaching consensus on the growth–survival paradigm in early life stages of fish. International Symposium on “Drivers of dynamics of small pelagic fish resources” Victoria, Canada, March 6–11, 2017. (招聘講演)
- ③ [Takasuka, A.](#), [Kuroda, H.](#), [Okunishi, T.](#), [Yoneda, M.](#), [Sassa, C.](#), [Takahashi, M.](#), [Ayón, P.](#), [Oozeki, Y.](#) (2016) Decadal changes in abundance and distribution of early life stages of fish in the Kuroshio Current system. The North Pacific Marine Science

Organization 2016 Annual Meeting. San Diego, United States of America, November 1–13, 2016. (招聘講演)

- ④ Takasuka, A., Robert, D., Shoji, J., Sirois, P., Aoki, I., Fortier, L., Oozeki, Y. (2014) Growth–survival paradigm in early life stages of fish: theory, advance, synthesis, and future. The 38th Annual Larval Fish Conference, Québec City, Canada, August 17–21, 2014. (招聘基調講演)
- ⑤ 他、関連発表 国際 37 件 (うち、主著者として招聘講演 2 件、招聘セミナー講演 5 件、共著者として招聘講演 6 件)、国内 34 件 (うち、招聘セミナー講演 2 件)

[図書] (計 6 件)

- ① Aoki, I., Yamakawa, T., Takasuka, A. (eds.) *Fish Population Dynamics, Monitoring, and Management: Sustainable Fisheries in the Eternal Ocean*. Springer, Tokyo, pp. 245. [https://doi.org/10.1007/978-4-431-56621-2_1] (編集者として)
- ② Takasuka, A. (2018) Biological mechanisms underlying climate impacts on population dynamics of small pelagic fish. In: Aoki, I., Yamakawa, T., and Takasuka, A. (eds.) *Fish Population Dynamics, Monitoring, and Management: Sustainable Fisheries in the Eternal Ocean*. Springer, Tokyo, p. 19–50. (①の分担執筆著者として)
- ③ 他、分担執筆著書 4 件

[その他]

- (1) ホームページ (研究紹介、公表論文等)
<http://katsuo.fs.a.u-tokyo.ac.jp/takasuka/>
- (2) 受賞 (計 3 件)
 - ① 第 24 回 (2019 年度) 一般社団法人水産海洋学会宇田賞「小型浮魚類の魚種交替を中心とする資源変動機構に関する研究」一般社団法人水産海洋学会, 2019 年 3 月 (東京).
 - ② 第 21 回 (2019 年度) 一般社団法人水産海洋学会論文賞「Nakayama, S., Takasuka, A., Ichinokawa, M., Okamura, H. (2018) *Fisheries Oceanography*, 27: 312–322」一般社団法人水産海洋学会, 2019 年 3 月 (東京).
 - ③ 平成 27 年度 (第 11 回) 若手農林水産研究者表彰「気候変動と魚種交替をつなぐ生物学的メカニズムに関する研究」農林水産省農林水産技術会議, 2015 年 11 月 (東京).
- (3) ニュースレター (成果公表・アウトリーチ) (計 18 件)
 - ① アメリカ水産学会初期生態学セクションニュースレター “STAGES” に計 16 件
 - ② 他、メールマガジン記事 1 件、コラム記事 1 件
- (4) 報道
 - ① カタクチとマイワシ 魚種交替の謎を解明. 日刊水産経済新聞, 2016 年 1 月 5 日, p. 5.

6. 研究組織

(1) 研究分担者

黒田 寛 (KURODA, Hiroshi)

国立研究開発法人水産研究・教育機構 北海道区水産研究所 主任研究員
研究者番号: 30531107

奥西 武 (OKUNISHI, Takeshi)

国立研究開発法人水産研究・教育機構 東北区水産研究所 グループ長
研究者番号: 60374576

大関 芳沖 (OOZEKI, Yoshioki)

国立研究開発法人水産研究・教育機構 本部 審議役
研究者番号: 40371819

(2) 研究協力者 (主要な海外研究機関の研究協力者)

Patricia Ayón Dejo, Miguel Ñiquen Carranza, Jorge Tam Málaga, Luis Vasquez Espinoza, Dimitri Gutiérrez Aguilar, Renato Guevara Carrasco
ペルー海洋研究所)

Mario Katsuragawa, June Ferraz Dias, Jana Menegassi del Favero
サンパウロ大学海洋研究所)

その他、国際ワークショップにおいて形成された共同研究ネットワークの参画者 (海外計 9 カ国 (カナダ、アメリカ、ドイツ、スペイン、ノルウェー、モロッコ、ペルー、チリ、ブラジル)、14 都市・地域、18 機関からの参画者および日本国内研究機関からの参画者)

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。