

令和 6 年 5 月 30 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20H03059

研究課題名（和文）親潮珪藻ブルームは浮魚類生産を支えているのか？：混合栄養性種が繋ぐ食物連鎖

研究課題名（英文）Do Oyashio diatom blooms support small pelagic fish Production? : food chain connected by mixotrophic species

研究代表者

高橋 一生 (Takahashi, Kazutaka)

東京大学・大学院農学生命科学研究科（農学部）・教授

研究者番号：00301581

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,700,000円

研究成果の概要（和文）：本課題は混合栄養性微小動物プランクトンに焦点をあて、本生物群が微生物環と生食連鎖を結合、強化することにより親潮域の魚類生産を支える食物網が形成されるという仮説を検証することを目的とする。研究の結果、夏季の親潮域および北太平洋亜寒帯には混合栄養性無殻繊毛虫や渦鞭毛藻が優占し高い増殖速度を示すこと、また重要餌料性物であるネオカラヌス属カイアシ類はこれらを主餌料としていることが明らかとなり、仮説が支持された。混合栄養性無殻繊毛虫やネオカラヌス属カイアシ類は鉄が枯渇し硝酸塩が残存しているHNLC海域で多くなる傾向があることから、このような海域の出現が魚類生産において重要であることを示唆した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

春季親潮域の珪藻ブルームが魚類生産を支える上で重要であると理解されてきた。しかしながらこの海域に夏季以降索餌回遊するプランクトン食性小型浮魚類にこの説明は適用できない。本研究はこれらの魚類が主餌料とする動物プランクトンが、栄養塩枯渇下でも高い生産を示す混合栄養性微小動物プランクトンを主餌料としていることを明らかにした。この成果は、小型浮魚類の生産が、珪藻、動物プランクトン、浮魚類という教科書的な食物連鎖に依存しておらず、より複雑な生態系により支えられていることを意味している。気候変動が海洋生態系に大きな影響を与えている現在、この知見は生態系の変動予測や魚類資源変動を考える上で重要な知見となる。

研究成果の概要（英文）：This project focuses on mixotrophic microzooplankton and aims to test the hypothesis that this group forms a food web that supports fish production in the Oyashio region by coupling and strengthening the microbial and biotic food chains. The results supported the hypothesis by showing that mixotrophic naked ciliates and dinoflagellates are dominant in the Oyashio region and the subarctic North Pacific in summer, and that the important prey species (Neocalanus spp.) feed mainly on these ciliates. Mixotrophic ciliates and Neocalanus tend to be abundant in HNLC waters where iron is depleted and nitrate is still present, suggesting that the occurrence of such conditions is important for fish production in the Oyashio region.

研究分野：浮遊生物学

キーワード：海洋生態系 気候変動 プランクトン 水産資源 食物連鎖 混合栄養性 カイアシ類

1. 研究開始当初の背景

海洋生態系において基礎生産者のサイズや組成は食物連鎖構造や物質循環を決定する重要な要素である。とくに珪藻類に代表される大型植物プランクトンは、生食連鎖の起点となり、基礎生産を少ない栄養段階を経て効率的に上位栄養段階に結びつけることで魚類等の高次捕食者の生産に寄与している。春季に大規模な珪藻ブルームが発達する親潮域は、そのような海域の代表として認識されている。この海域は、硝酸、ケイ酸などの主要栄養塩に加え、北太平洋亜寒帯域でひろく枯渇している溶存鉄濃度も比較的高いため、光条件が好適となる4月から5月にかけて顕著な珪藻ブルームが毎年発生する。動物プランクトン生物量はブルームの形成にやや遅れて増加が始まり、ブルーム終息後の6月に最大に達し、8月頃まで比較的高いレベルを保つ。マイワシ等の小型浮魚類は、この豊富な動物プランクトンを利用するため夏季になると北上回遊によりこの海域に出現し好漁場が形成される。

このように親潮域の珪藻ブルームは春季に限定され、浮魚類が来遊する夏季と時間的なギャップがあるため、春季から夏季にかけて表層に出現する動物プランクトンがこのギャップを埋める橋渡しの役割を担うとされる。とくに浮魚類の主要な餌料生物である大型カイアシ類は、越冬産卵のため体内に大量の脂質を蓄積するため、春季ブルームの生産を脂質という形で夏季に引き継ぐことで、親潮域の小型浮魚類もまた「珪藻-カイアシ類-プランクトン食魚類」というシンプルで効率のよい生食連鎖に支えられていると考えられてきた。しかしながら、近年の大型カイアシ類の生活史や環境応答に関する研究の進展はこの説明に疑問を投げかけている。例えば、春季ブルーム餌に表層に出現し脂質を蓄積する *Neocalanus flemingeri* は、ブルームが終了する6月上旬には500m以深へと移動し表層から姿を消す。一方、夏季に多くの小型浮魚類が主餌料としている *Neocalanus plumchrus* は、前種と入れ替わるように表層に出現し摂餌・成長するため、ブルームによる生産物を直接利用することはない。すなわち、親潮域のカイアシ類群集は総体として春から夏にかけて高い生物量を維持しているものの、表層餌料環境の変動に応答しブルーム前後で構成種が大きく入れ替わるのである。このことは、すなわち春季ブルームの生産物がカイアシ類の蓄積する脂質を通じて夏季に来遊する浮魚類に転送されるという従来の説明に矛盾があることを示している。

2. 研究の目的

浮魚類資源を支えているブルーム後の親潮域の動物プランクトンの高い生物量はどのように維持されているのだろうか？本課題は、春季ブルーム終了後も親潮域において餌料性動物プランクトン（カイアシ類）の高い生産が維持される鍵として微小動物プランクトン、とくにその混合栄養性に焦点をあて、本生物群が微生物環と生食連鎖を結合、強化することにより上位栄養段階生物群を支え、魚類生産に繋がる食物網が形成されるという仮説のもと（図1）、各重要過程を現場観測と室内実験により検証し、親潮域浮魚資源を支える低次生物生産過程の真の姿を明らかにすることを目的とする。

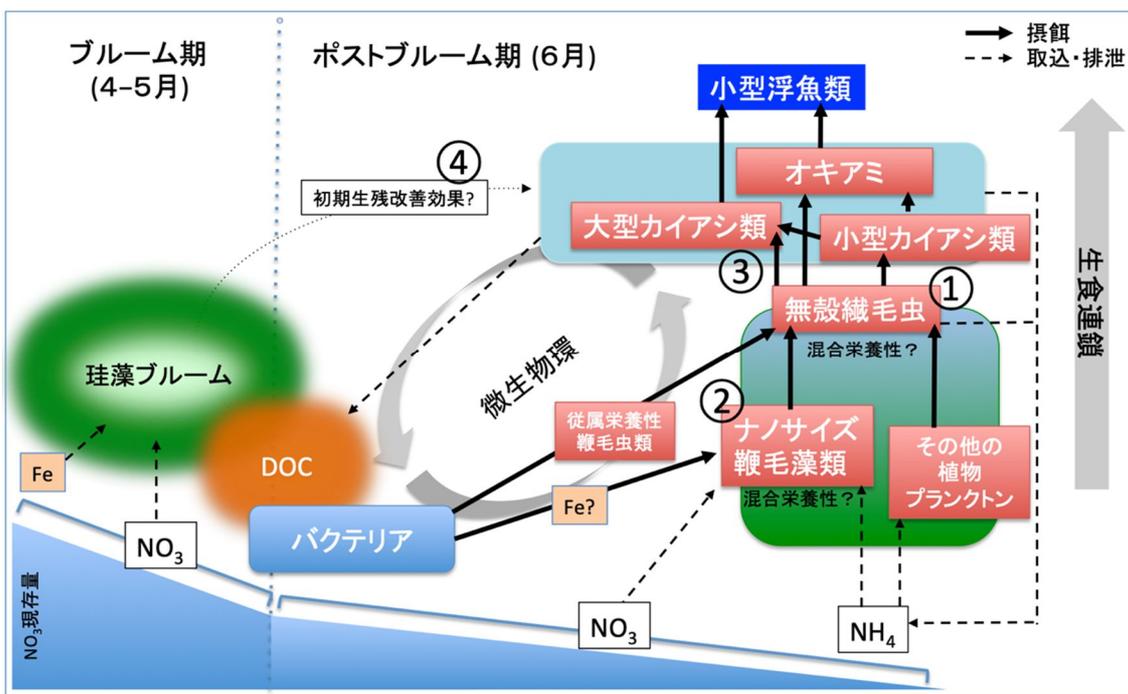


図1. これまでの研究に基づき構築された小型浮魚類を支えるポストブルーム期親潮域低次生産構造(仮説)の概念図。丸囲み数字は本研究で検証を行う重要過程。簡略化のため本申請に直接関係しない一部の過程については省略してある。

3. 研究の方法

A. 親潮 移行域における混合栄養性微小動物プランクトンの分布・生理特性把握()
親潮域において基礎生産者群集(ナノサイズ鞭毛藻類)の動態把握を行った。水産研究教育機構塩釜拠点の若鷹丸によって実施されているAラインモニタリング航海において、3測点において、マイクロプランクトンの群集組成、生物量、基礎生産速度、硝酸およびアンモニア取り込み速度(新生産の寄与)を特定するための実験と採集を行った。

B. 亜寒帯域 HNLC 海域における混合栄養性微小動物プランクトンの分布・生理特性把握()
HNLC 海域として知られる西部北太平洋亜寒帯域において無殻繊毛虫が果たす役割を理解するために、白鳳丸 KH-23-3 次航海において定点(K2)における観測を行い、微小動物プランクトンの現存量、鉛直分布、成長速度、栄養摂取様式を調査した。

C. ビデオプランクトンレコーダーによる親潮域大型カイアシ類の分布特性把握()
画像により非侵襲的に動物プランクトンの微細分布を捉えることのできるビデオプランクトンレコーダー(VPR)のデータを利用してカイアシ類鉛直分布と海洋環境(水温、塩分、密度、Chl.a、マリンスノー)の関係について詳細な解析を実施した。

D. 親潮域に優占する *Neocalanus* 属カイアシ類2種の表層出現に環境要因が与える影響解明()
親潮域において2001年~2010年に動物プランクトン鉛直多層区分採集が実施された55測点のうち、特に表層0-50mの試料について、*N. flemingeri*、*N. plumchrus* 2種のステージ組成(C2~C5)、表層個体数密度(ind. m⁻³)のデータを整理し、2種中の *Neocalanus plumchrus* の割合(NP 優占度)を求めた。*N. flemingeri* と *N. plumchrus* の優占度が入れ替わるタイミング、環境条件を明らかにするためにNP 優占度を応答変数とし、また環境パラメータとして、年間通算日数、混合層深度、混合層内平均水温、混合層内平均栄養塩(硝酸塩、ケイ酸)濃度、混合層内平均クロロフィル濃度(Chl.a)を算出し、それらを説明変数として一般化線形モデルによる解析を行った。

4. 研究成果

A. 親潮 移行域における混合栄養性微小動物プランクトンの分布・生理特性把握()
調査海域では従来知られていない渦鞭毛藻の1種がマイクロプランクトン中に優占していることを発見した。この渦鞭毛藻は研究室において単離培養株として確立することに成功し、*Prorocentrum cf. balticum* であることが明らかとなった。本種は体表から粘液を分泌して他の生物を含む様々な有機物粒子を捉えて捕食するユニークな混合栄養性種を示すことから注目を集めている種であることから、実験室においてその光および水温条件の変化に対する増殖特性を調べた。その結果幅広い条件に適応できる能力を持つことが示され夏季の親潮域から亜寒帯域においてカイアシ類の重要な餌生物となっている可能性が示された。また、栄養塩取り込みの実験からは、珪藻類と渦鞭毛藻類では栄養塩の利用能や基礎生産に対する寄与が異なっていることが示された。

B. 亜寒帯域 HNLC 海域における混合栄養性微小動物プランクトンの分布・生理特性把握()
マイクロプランクトンの生物量は0-10 mで最も高く、これに次ぐ極大が30-40 m層に観察された。無殻繊毛虫はほとんど全ての層で優占群となり、中でも20-50 μmのサイズのものが生物量の9割以上を占めた。最も生物量が多い0 m、10 mに生息する20-50 μmの繊毛虫の70%以上が体表全面に顕著なクロロフィル自家蛍光を呈する混合栄養性細胞であった。さらに、培養実験により、20-50 μmの繊毛虫は、0.5-1.0 day⁻¹を超える増殖速度を示し、その他のサイズ画分の繊毛虫や珪藻、渦鞭毛藻と比較して成長が非常に速いことが明らかになった。

C. ビデオプランクトンレコーダーによる親潮域大型カイアシ類の分布特性把握()
親潮域カイアシ類主要種はポストブルーム期に大きく変動する餌環境に敏感に応答して鉛直分布を変化させていることが示された(図1)。さらにその分布パターンから主要カイアシ類のうちブルーム形成珪藻種を餌として直接利用しているのは *Eucalanus bungii* の成体のみであり、他の種は沈降粒子や微小動物プランクトンを主に餌料として利用している可能性が示された。とくに食性に多くの不明点があることが指摘されてきた大型種 *Neocalanus cristatus* は環境によって沈降粒子、微小動物プランクトン食を切り替えている可能性が強いことが示された。また浮魚が最もよく利用している *Neocalanus plumchrus* は、珪藻ブルームが終了し表層の成層化が

進んだ環境において混合層以浅に集中して分布することが明確に示された。この環境はクロロフィル濃度が極めて低いという特徴があり、マリンスノーなどの懸濁物も認められなかった。一方、この測点では他の測点に比較して微小動物プランクトン群集中に占める無殻繊毛虫の割合が高く、またその80%程度が混合栄養性個体で占められていた。このことは、春季ブルーム終了後に表層に優占する *N. plumchrus* の生産において混合栄養性無殻繊毛虫が重要な役割を果たしているという仮説を強く支持するものであると結論した。

親潮域ブルーム後期における大型カイアシ類のニッチ分割

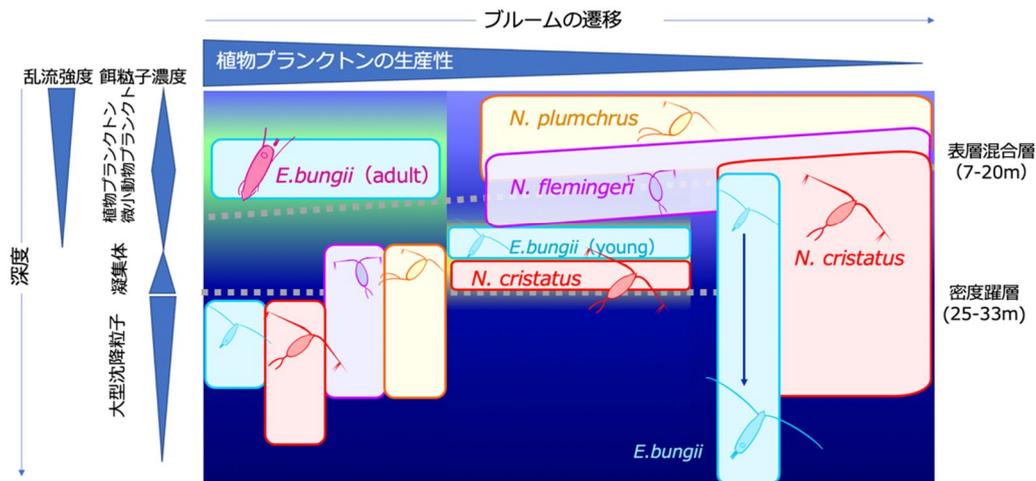


図1. VPR 観測によって明らかになった親潮域ポストブルーム期における大型カイアシ類鉛直分布の遷移パターン

D. 親潮域に優占する *Neocalanus* 属カイアシ類2種の表層出現に環境要因が与える影響解明 () 一般化線形モデルを用いた解析によって、NP 優占度が50%を超えるのは156日目、すなわち6月初旬であることが明らかとなった。NP 優占度は混合層内平均水温と正の相関、混合層内平均栄養塩(硝酸塩、ケイ酸)濃度、混合層深度とは負の相関を示した。*N. plumchrus* の優占度が50%を超える時の環境条件は混合層内平均水温が8.1、混合層内平均硝酸塩濃度は7.3 μM 、混合層内平均ケイ酸濃度は13.9 μM 、混合層深度21.1mであった。また両種ともブルーム終了後には個体数密度が減少するものの、HNLC 状態の水塊では Chl.a が低いにも関わらず高い個体数密度が維持され、とくに *N. plumchrus* ではこの傾向が顕著であることが示された。このことから、成層化、栄養塩消費に伴う餌環境の変化が両種の鉛直移動に影響を与えている可能性が考えられる。本研究の結果は、親潮域において春季ブルーム後、鉄律速により硝酸塩が十分に消費されない水域の出現が浮魚類等高次栄養段階生物の餌料環境形成において重要である可能性を示している。

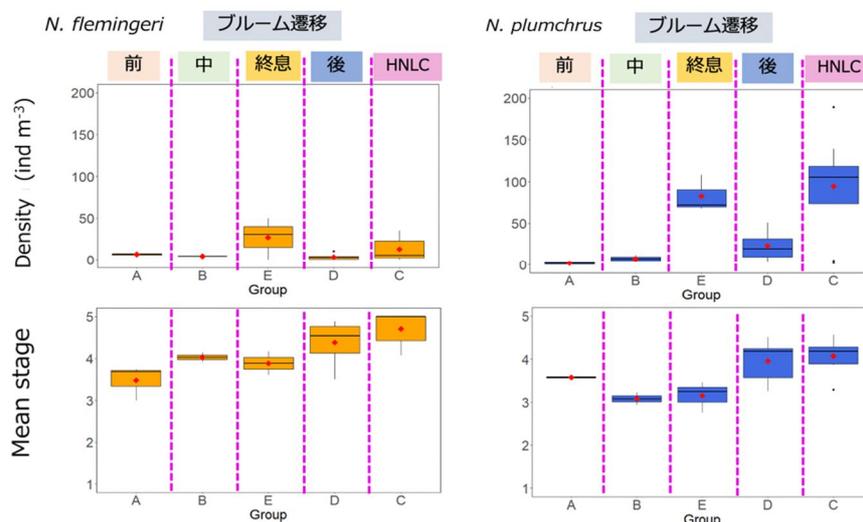


図2. 親潮沖表層における春季ブルーム遷移環境下(6月)における *Neocalanus* 属カイアシ類2種の平均密度とコペポダイト期ステージ. 鉄律速で硝酸塩が残存している HNLC 環境下において、カイアシ類の密度が最も高く成長も進んでいることがわかる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計27件（うち査読付論文 26件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Zhou Fanyu, Hirai Junya, Sato Takuya, Horii Sachiko, Takahashi Kazutaka, Tsuda Atsushi	4. 巻 80
2. 論文標題 Primary productivity impacts community structure of euphausiids in the low-latitude Indian and Pacific Oceans	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of Oceanography	6. 最初と最後の頁 163 ~ 176
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10872-024-00713-z	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 Ichinomiya Mutsuo, Nishibe Yuichiro, Okazaki Yuji, Sato Mitsuhide, Takahashi Kazutaka	4. 巻 224
2. 論文標題 Importance of microzooplankton for sustaining high mesozooplankton biomass during post-bloom period in the Oyashio region of the western subarctic Pacific	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Progress in Oceanography	6. 最初と最後の頁 103250 ~ 103250
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pocean.2024.103250	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 Chen Sijun, Kuwahara Victor S., Katayama Tomoyo, Hashihama Fuminori, Yabe Kazuo, Taguchi Satoru, Takahashi Kazutaka	4. 巻 18
2. 論文標題 Variations in photoprotective compounds in surface-dwelling copepods in subtropical open waters	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Plankton and Benthos Research	6. 最初と最後の頁 214 ~ 224
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3800/pbr.18.214	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 Nagatomo Yutaro, Horii Sachiko, Hirai Junya, Hashihama Fuminori, Sado Tetsuya, Fukuchi Takehiko, Miya Masaki, Takahashi Kazutaka	4. 巻 217
2. 論文標題 Geographic distribution of micronektonic fish communities in the subtropical North Pacific: The effect of primary productivity and nitrogen fixation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Progress in Oceanography	6. 最初と最後の頁 103086 ~ 103086
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pocean.2023.103086	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 Horii S., Takahashi K., Shiozaki T., Takeda S., Sato M., Yamaguchi T., Takino S., Hashihama F., Kondo Y., Takemura T., Furuya K.	4. 巻 128
2. 論文標題 East West Variabilities of N ₂ Fixation Activity in the Subtropical North Pacific Ocean in Summer: Potential Field Evidence of the Phosphorus and Iron Co Limitation in the Western Area	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Oceans	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2022JC019249	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 Takahashi Kazutaka, Ichinomiya Mutsuo, Okazaki Yuji, Nishibe Yuichiro	4. 巻 68
2. 論文標題 Higher ingestion rates and importance of ciliates in the diet of a large, subarctic copepod revealed by larger volume incubations	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Limnology and Oceanography	6. 最初と最後の頁 790 - 802
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/lno.12310	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 Dobashi Tsukasa, Miyazaki Yuzo, Tachibana Eri, Takahashi Kazutaka, Horii Sachiko, Hashihama Fuminori, Yasui-Tamura Saori, Iwamoto Yoko, Wong Shu-Kuan, Hamasaki Koji	4. 巻 20
2. 論文標題 Marine nitrogen fixation as a possible source of atmospheric water-soluble organic nitrogen aerosols in the subtropical North Pacific	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Biogeosciences	6. 最初と最後の頁 439 - 449
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/bg-20-439-2023	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 Ichinomiya Mutsuo, Nishibe Yuichiro, Okazaki Yuji, Sato Mitsuhide, Takahashi Kazutaka	4. 巻 224
2. 論文標題 Importance of microzooplankton for sustaining high mesozooplankton biomass during post-bloom period in the Oyashio region of the western subarctic Pacific	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Progress in Oceanography	6. 最初と最後の頁 103250 - 103250
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pocean.2024.103250	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 Zhou Fanyu, Hirai Junya, Sato Takuya, Horii Sachiko, Takahashi Kazutaka, Tsuda Atsushi	4. 巻 -
2. 論文標題 Primary productivity impacts community structure of euphausiids in the low-latitude Indian and Pacific Oceans	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of Oceanography	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10872-024-00713-z	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 Chen Sijun, Kuwahara Victor S., Katayama Tomoyo, Hashihama Fuminori, Yabe Kazuo, Taguchi Satoru, Takahashi Kazutaka	4. 巻 18
2. 論文標題 Variations in photoprotective compounds in surface-dwelling copepods in subtropical open waters	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Plankton and Benthos Research	6. 最初と最後の頁 214 ~ 224
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3800/pbr.18.214	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 Nagatomo Yutaro, Horii Sachiko, Hirai Junya, Hashihama Fuminori, Sado Tetsuya, Fukuchi Takehiko, Miya Masaki, Takahashi Kazutaka	4. 巻 217
2. 論文標題 Geographic distribution of micronektonic fish communities in the subtropical North Pacific: The effect of primary productivity and nitrogen fixation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Progress in Oceanography	6. 最初と最後の頁 103086 ~ 103086
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pocean.2023.103086	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 Takahashi Kazutaka, Ichinomiya Mutsuo, Okazaki Yuji, Nishibe Yuichiro	4. 巻 68
2. 論文標題 Higher ingestion rates and importance of ciliates in the diet of a large, subarctic copepod revealed by larger volume incubations	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Limnology and Oceanography	6. 最初と最後の頁 790 ~ 802
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/lno.12310	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 Takano, E., Y. Nakamura, and K. Takahashi	4. 巻 38
2. 論文標題 Evaluation of Acid-Lugol's Solution for Preservation of Acantharia (Radiolaria)	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 THALASSAS	6. 最初と最後の頁 939-945
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s41208-022-00439-z	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 Miyamoto, H., K. Takahashi, H. Kuroda, T. Watanabe, Y. Taniuchi, A. Kuwata, H. Kasai, S. Kakehi, T. Fuji, S. Suyama, and K. Tadokoro	4. 巻 207
2. 論文標題 Copepod community structure in the transition region of the North Pacific Ocean: water mixing as a key driver of the secondary production enhancement in subarctic and subtropical waters.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Progress in Oceanography	6. 最初と最後の頁 102865
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pocean.2022.102865	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 Sato, T., T. Shiozaki, F. Hashihama, M. Sato, A. Murata, K. Sasaoka, S. Umeda, and K. Takahashi	4. 巻 127
2. 論文標題 Low nitrogen fixation related to shallow nitracline across the eastern Indian Ocean	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research, Biogeosciences	6. 最初と最後の頁 e2022JG007104
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2022JG007104	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 Takahashi, K., H. Itoh, J. Hirai, K. Tadokoro, and K. Nishiuchi	4. 巻 17
2. 論文標題 A new species of genus Sapphirina (Copepoda, Cyclopoida) from the Kuroshio Extension region in the western North Pacific Ocean.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Plankton and Benthos Research	6. 最初と最後の頁 358-368
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3800/pbr.17.358	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 Sato, T., T. Shiozaki, Y. Taniuchi, H. Kasai, and K. Takahashi	4. 巻 126
2. 論文標題 Nitrogen fixation and diazotroph community in the subarctic Sea of Japan and Sea of Okhotsk	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research, Oceans	6. 最初と最後の頁 e2020JC017071
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2020JC017071	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 Yamaguchi, T., M. Sato, F. Hashihama, H. Kato, T. Sugiyama, H. Ogawa, K. Takahashi, and K. Furuya	4. 巻 11
2. 論文標題 Longitudinal and vertical variations of dissolved labile phosphoric monoesters and diesters in the subtropical North Pacific	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Microbiology, section Aquatic Microbiology,	6. 最初と最後の頁 2966
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fmicb.2020.570081	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 Tanita, I., T. Shiozaki, T. Kodama, F. Hashihama, M. Sato, K. Takahashi, and K. Furuya	4. 巻 126
2. 論文標題 Regionally variable responses of nitrogen fixation to iron and phosphorus enrichment in the Pacific	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research, Biogeosciences	6. 最初と最後の頁 e2021JG006542
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2021JG006542	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 岡頭・大林由美子・勝又勝郎・高橋一生・山下洋平・横川太一	4. 巻 30
2. 論文標題 海洋学の10年展望 2021: 深層 (特集 海洋学の10年展望 2021: 日本海洋学会 将来構想)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 海の研究	6. 最初と最後の頁 179
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5928/kaiyou.30.5_179	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 土井威志・安中さやか・高橋一生・渡辺路生・東塚知己・栗原晴子	4. 巻 30
2. 論文標題 熱帯域 (特集 海洋学の10年展望 2021: 日本海洋学会 将来構想)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 海の研究	6. 最初と最後の頁 105
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5928/kaiyou.30.5_105	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 橋濱史典・額織慎也・近藤能子・佐々木克徳・杉本周作・高橋一生・長井健容・西岡純・林田博士・平井惇也	4. 巻 30
2. 論文標題 海洋学の10年展望 2021: 中緯度 (特集 海洋学の10年展望 2021: 日本海洋学会 将来構想)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 海の研究	6. 最初と最後の頁 127
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5928/kaiyou.30.5_127	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 Okazaki Yuji, Takahashi Kazutaka, Nishibe Yuichiro, Ichinomiya Mutsuo	4. 巻 181
2. 論文標題 Post-spring-bloom feeding rates of krill <i>Euphausia pacifica</i> (Euphausiacea) in the Oyashio region, western North Pacific	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Progress in Oceanography	6. 最初と最後の頁 102245 ~ 102245
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pocean.2019.102245	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 Ishak Nurul Huda Ahmad, Tadokoro Kazuaki, Okazaki Yuji, Kakehi Shigeho, Suyama Satoshi, Takahashi Kazutaka	4. 巻 76
2. 論文標題 Distribution, biomass, and species composition of salps and doliolids in the Oyashio?Kuroshio transitional region: potential impact of massive bloom on the pelagic food web	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Oceanography	6. 最初と最後の頁 351 ~ 363
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10872-020-00549-3	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 該当する

1. 著者名 Hashihama Fuminori, Saito Hiroaki, Shiozaki Takehei, Ehama Makoto, Suwa Shuhei, Sugiyama Takanori, Kato Haruka, Kanda Jota, Sato Mitsuhide, Kodama Taketoshi, Yamaguchi Tamaha, Horii Sachiko, Tanita Iwao, Takino Shota, Takahashi Kazutaka, Ogawa Hiroshi, Boyd Philip W., Furuya Ken	4. 巻 34
2. 論文標題 Biogeochemical Controls of Particulate Phosphorus Distribution Across the Oligotrophic Subtropical Pacific Ocean	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Global Biogeochemical Cycles	6. 最初と最後の頁 e2020GB006669
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2020GB006669	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 Yamaguchi T, Sato M, Gonda N, Takahashi K, Furuya K	4. 巻 85
2. 論文標題 Phosphate diester utilization by marine diazotrophs <i>Trichodesmium erythraeum</i> and <i>Crocospaera watsonii</i>	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Aquatic Microbial Ecology	6. 最初と最後の頁 211 ~ 218
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3354/ame01951	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 Otake Shiori, Shimode Shinji, Takahashi Kazutaka	4. 巻 42
2. 論文標題 Feeding and growth efficiency in a pelagic chaetognath, <i>Zonosagitta nageae</i> reared in the laboratory	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Plankton Research	6. 最初と最後の頁 265 ~ 273
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/plankt/fbaa014	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 -

〔学会発表〕 計20件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 石田廉・児玉武稔・高橋一生
2. 発表標題 親潮域に優占する <i>Neocalanus</i> 属カイアシ類2種の表層出現に環境要因が与える影響
3. 学会等名 海洋生物シンポジウム2024
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 船木千帆・児玉武稔・高橋一生
2. 発表標題 混合栄養性無殻繊毛虫が北太平洋亜寒帯HNLC海域生態系に果たす役割
3. 学会等名 海洋生物シンポジウム2024
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 石田廉・児玉武稔・高橋一生
2. 発表標題 親潮域に優占するNeocalanus属カイアシ類2種の表層出現タイミングに環境要因が与える影響
3. 学会等名 日本海洋学会 2023年度秋季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐藤拓哉, 塩崎拓平, 瀬藤聡, 日高清隆, 寒川清佳, 山口珠葉, 児玉武稔, 高橋一生
2. 発表標題 微小動物プランクトンの摂餌が黒潮域の従属栄養性窒素固定 細菌 -24774A11分布に与える影響.
3. 学会等名 海洋生物シンポジウム2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 長友佑太郎, 堀井幸子, 平井惇也, 大南あかり, 佐藤拓哉, 橋濱史典, 小川浩史, 村田昌彦, 児玉武稔, 高橋一生
2. 発表標題 太平洋, インド洋の熱帯, 亜熱帯外洋域における魚類マイクロネクトンの分布と変動要因
3. 学会等名 海洋生物シンポジウム2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 谷川真穂, 宮本洋臣, 富士泰期, 巢山哲, 佐藤拓哉, 塩崎拓平, 平井惇也, 児玉武稔, 高橋一生
2. 発表標題 本州東方移行域でブルームを形成するサルパ類胃内容物のアンブリコンシーケンス解析
3. 学会等名 海洋生物シンポジウム2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 船木千帆, W.M. Lum, 桑田向陽, 高橋和也, 増田貴子, 片山智代, 児玉武稔, 岩滝光儀, 高橋一生
2. 発表標題 混合栄養性渦鞭毛藻 <i>Prorocentrum cf. balticum</i> の温度と光強度に対する増殖応答
3. 学会等名 海洋生物シンポジウム2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 本木健太郎, 宮本洋臣, 高橋一生
2. 発表標題 北太平洋移行域における <i>Thalía democratica</i> のブルーム形成過程について.
3. 学会等名 2021年度日本プランクトン学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋一生・平井惇也・塩崎拓平・橋濱史典
2. 発表標題 カイアシ類は窒素固定活性が高い海域で より多くの窒素を排泄する
3. 学会等名 海洋生物シンポジウム2024
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 高橋一生・平井惇也・塩崎拓平・橋濱史典
2. 発表標題 Enhanced nitrogen regeneration by planktonic copepods in the oligotrophic subtropical ocean under active N ₂ fixation
3. 学会等名 ICES-PICES 7th Zooplankton Production Symposium (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 石田廉・児玉武稔・高橋一生
2. 発表標題 親潮域に優占するNeocalanus属カイアシ類2種の表層出現に環境要因が与える影響
3. 学会等名 海洋生物シンポジウム2024
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 船木千帆・児玉武稔・高橋一生
2. 発表標題 混合栄養性無殻繊毛虫が北太平洋亜寒帯HNLC海域生態系に果たす役割
3. 学会等名 海洋生物シンポジウム2024
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 石田廉・児玉武稔・高橋一生
2. 発表標題 親潮域に優占するNeocalanus属カイアシ類2種の表層出現タイミングに環境要因が与える影響
3. 学会等名 日本海洋学会 2023年度秋季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 谷川真穂, 宮本洋臣, 富士泰期, 巢山哲, 佐藤拓哉, 塩崎拓平, 平井惇也, 児玉武稔, 高橋一生
2. 発表標題 本州東方移行域でブルームを形成するサルパ類胃内容物のアンブリコンシーケンス解析
3. 学会等名 海洋生物シンポジウム2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 船木千帆, W.M. Lum, 桑田向陽, 高橋和也, 増田貴子, 片山智代, 児玉武稔, 岩滝光儀, 高橋一生
2. 発表標題 混合栄養性渦鞭毛藻 <i>Prorocentrum cf. balticum</i> の温度と光強度に対する増殖応答
3. 学会等名 海洋生物シンポジウム2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 高橋一生
2. 発表標題 熱帯域における生物生産と食物連鎖構造
3. 学会等名 日本海洋学会2022年度秋季大会 シンポジウム4 「将来構想 2021:熱帯域の分野横断型プロジェクトの立案に向けて」
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高橋一生
2. 発表標題 動物プランクトン・魚類マイクロネクトンによる 生物炭素ポンプ
3. 学会等名 日本海洋学会 2022年度秋季大会 シンポジウム6 「海中粒子研究の現状と展望」
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高橋一生・波木井丈留
2. 発表標題 西部北太平洋移行域における降雨とクロロフィル濃度の関係について
3. 学会等名 「寒冷圏大気-海洋間の生物地球化学的相互作用に関する研究集会」（北海道大学低温科学研究所 令和4年度共同利用研究集会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 高橋一生
2. 発表標題 「海洋生物学」の方向性を考える
3. 学会等名 海洋生物シンポジウム2022（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋一生
2. 発表標題 観測機器開発の現状と問題点：水中撮影画像によるプランクトン現場観察
3. 学会等名 ベントス・プランクトン合同大会2021（招待講演）
4. 発表年 2021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	筧 茂穂 (Kakehi Shigeho) (20371792)	国立研究開発法人水産研究・教育機構・水産資源研究所(塩釜)・主任研究員 (82708)	

6. 研究組織（つづき）

	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	一宮 睦雄 (Ichinomiya Mutsuo) (30601918)	熊本県立大学・環境共生学部・教授 (27401)	
研究分担者	増田 貴子 (Masuda Takako) (60893831)	国立研究開発法人水産研究・教育機構・水産資源研究所(塩釜)・主任研究員 (82708)	
研究分担者	岡崎 雄二 (Okazaki Yuji) (90392901)	国立研究開発法人水産研究・教育機構・水産資源研究所(塩釜)・主任研究員 (82708)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
ノルウェー	Denmark Technical University			
デンマーク	UiT the Arctic Univesrity of Norway			
マレーシア	Malaya University			