

令和 2 年 6 月 11 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H04959

研究課題名(和文) 高解像度観測に基づく混合域動物プランクトン群集遷移過程の解明

研究課題名(英文) Succession of mesozooplankton community in the Oyashio-Kuroshio Mixed Water Region based on high-resolution observation

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)・准教授

研究者番号：00301581

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,900,000円

研究成果の概要(和文)：海況に応答して複雑な出現消長を示す親潮黒潮移行域(混合域)の動物プランクトンの群集遷移を理解することを目的として、従来ネット採集とは異なる手法を導入し、その分布について高解像度観測を実施した。ビデオプランクトンレコーダーによる観測では、親潮域大型カイアシ類群集が珪藻ブルームの遷移に従ってその分布深度を敏感に変化させること、またこの群集遷移に伴って沈降粒子量と組成が大きく変化することが明らかとなった。ニューストンネット長期時系列観測試料の解析からは浮遊性被嚢類サルパ類が混合域に広く出現し、時として1日で生息水塊中の植物プランクトンを食い尽くす可能性があることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

・一般的な観測では捉えることの出来なかったカイアシ類やサルパ類などの動物プランクトン分布と海洋環境変動との関係を詳細に明らかにすることができた。

・混合域においてサルパ類の大発生海域が定常的に存在し、これにより表層水中における殆どの有機物粒子が捕食されてしまうことを明らかにし、この海域を加入、生育の場とする浮魚類の生残に深刻な影響を与える可能性を示した。

研究成果の概要(英文)：In order to understand the succession of zooplankton communities in the Oyashio-Kuroshio transition zone (mixed water region), where shows the complicated occurrence pattern in response to oceanographic conditions, we introduced methods different from the conventional net collection to observe its distribution with high resolution. Observation with a video plankton recorder revealed that the large copepod community in the Oyashio region sensitively changes the distribution depth according to the transition of the diatom bloom, and that the amount and composition of sinking flux change greatly with this community succession. Analysis of time-series Neuston Net samples revealed that planktonic tunicate, salps are widely distributed in the mixed water region and may sweep out all phytoplankton in the residence water within a day.

研究分野：生物海洋学

キーワード：プランクトン 浮魚餌環境 海洋環境変動 ゼラチナス動物プランクトン カイアシ類 沈降粒子

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

三陸沖に形成される親潮—黒潮混合域(以下混合域)は、世界有数の好漁場として知られ、マイワシ、サンマ、サバ類等の仔稚魚が成長する生育場としても重要である。これらの魚類の餌生物である動物プランクトンの生産生態において十分に理解されていない過程のひとつとして、ウミタル、サルパなどの浮遊性被嚢類の高密度群形成が挙げられる。浮遊性被嚢類は無性生殖世代を有し、増殖速度が高い。このため、突発的な基礎生産の上昇に素早く応答し、成長・増殖できることが、高密度群形成の一因となっていると考えられるが、このため一般的な観測でその分布を捉えることが難しい。一方、この海域には局所的に餌料性カイアシ類が高密度で出現する海域も、ホットスポット的に魚類の好適な索餌場となっている可能性があるが、成立・遷移過程や、環境要因・他分類群消長との関係が明らかになっていない。この海域が果たしている浮魚類の索餌場・生育場としての機能と、これが維持される機構を理解し評価するためには、この海域の水塊混合過程が基礎生産変動に与える影響と、これに応答する動物プランクトン群集の遷移過程を解明し、魚類に繋がる生食連鎖系がどのような海洋条件下で形成されるのかを明らかにする必要がある。

2. 研究の目的

以上の背景から、本研究では親潮—黒潮混合域を研究対象海域とし、この海域の定常的な生物生産過程の(1)カイアシ類および(2)浮遊性被嚢類およびの分布と環境要因との関連を解析し、動物プランクトン群集遷移過程について知見を蓄積することを目的とする。現場観測ではビデオプランクトンレコーダー(VPR)を用いて、現場においてサブメソスケール(10km以下)の高精度観測を行う。また浮遊性被嚢類の時空間分布様式の全体像を把握するため、国立研究開発法人水産総合研究センター東北区水産研究所が保管している卵稚仔調査試料(稚魚ネット表層曳)の解析を行う。

3. 研究の方法

(1) 観測は2017年5月下旬実施された東北区水産研究所若鷹丸WK1705航海にて深度100mの水温が5 以下の親潮域における計3測点で実施した。この時期は、観察対象とするカイアシ類4種が親潮域に同時に出現する。また春季ブルーム終息期にあたり、珪藻現存量が著しく低下するため、カイアシ類種はそれぞれが適応する生息深度(餌料環境)に分布することが期待される。各測点において、昼夜一回ずつのVPRによる観測(1→100m)とプランクトンネット層別区分採集(0-20m、20-70m、70-100m)を行った。VPR観測は、航走中(1-1.5ノット)の船舶右舷より表層から深度100mにかけて鉛直的に複数回往復させながら1-2時間程度曳航し、1秒当たり15枚の画像を撮影し、同時に装着したセンサーにより水温、塩分、クロロフィル濃度(Chl.a)を測定した。VPRにより撮影した画像は目視によりカイアシ類種を同定した。また、プランクトンネット試料は、採集後5%ホルマリンで固定し、実験室において実体顕微鏡下でカイアシ類種および成長段階の同定を行いVPR画像同定時の参考とした。

(2)

1993年5月~6月にかけて混合域において採集された表層曳試料を用いて浮遊性被嚢類(サルパ、ウミタル類)の分布と現存量を調査した。採集は、142°28'E to 178°28'E の範囲に設定した2本のトランセクトラインLine-N(38°18'N)およびLine-S(36°30'N)上の63測点で実施

した。試料は舷側より稚魚ネット（口径1.3m、目合0.45mm）を船速2ノットで表層10分曳によって採集され、船上で10%ホルマリン固定された。採集されたサルパ類、ウミタル類について種レベルで個体数とサイズを測定し、既報知見に基づき生物量および個体群濾水速度を算出した。

4. 研究成果

(1) 大型カイアシ類分布の高解像度解析 観測を実施した全ての測点で密度躍層上にあたる深度20-30m付近にクロロフィル(Chl. a)極大が観測されたが、その濃度は測点間だけでなく、同一測点での昼夜間でも異なっていた。このことは、観測時期の親潮域におけるカイアシ類餌料環境が空間的に大きく変動していたことを示している。

測点B1(42°N, 145°E)の昼の観測では、深度25mに明瞭なChl. a極大(〜7 µg L⁻¹)が観察された。この極大層では、植物プランクトン(珪藻類)に由来する凝集体が濃密に集積している様子が観察され、その中に*E. bungii*が集中して分布している様子が認められた。このような*E. bungii*の集中的な分布は、同レベルのChl. a極大(7-9 µg L⁻¹)が認められた測点B3(41°N, 144°E)昼夜でも観測されたが、一方極大値が著しく低かった測点B1夜間(〜1 µg L⁻¹)では、*E. bungii*はほとんど出現しなかった。以上のことから*E. bungii*はChl. aが1 µg L⁻¹を超える環境にのみ集中して分布すると考えられる。*N. cristatus*は、測点B1、B3を観察したところ、殆どの個体が密度躍層以深に分布しており、その分布深度の中央値は、ほぼ常に*E. bungii*よりも数m下層にあたる約30m付近に見られ、測点B1昼では珪藻凝集体の濃密な層にも分布が認められた。これらの観察結果は本種が大型沈降粒子を主餌料としているDagg(1993)の仮説を支持していると考えられる。*N. plumchrus*は、一貫して密度躍層以浅にあたる20m以浅に集中して分布していた。密度躍層以浅はChl. aは低いものの本種が好んで摂食する微小動物プランクトンが多く分布していたことから、餌料環境に応答した結果であると考えられる。また表層の塩分が33以下と低いB3では、微小動物プランクトン現存量に関わらず、本種の分布深度がやや深くなる傾向を示したことから、塩分、あるいは水塊の起源も本種の分布に影響を与えている可能性がある。*N. flemignerii*も、密度躍層以浅に多く出現したが、一部個体は躍層以深にも分布し、分布深度の中央値は*N. plumchrus*よりも、常にやや深い位置に認められた。この違いは、両種のフェノロジー(深層移動のタイミング)の違いに起因している可能性がある。この点を明らかにするには、今後両種の餌料内容について明らかにする必要がある。

(2) 調査海域において合計11種のサルパ、ウミタル類が確認された。合計63採集点のうち、サルパは93%、ウミタルは84%の測点から出現し、それぞれの生物量は0.11-85446.7 µg C m⁻³、および0.002-5682.45 µg C m⁻³の範囲で変動した。サルパ類で最も優占したのは*Thalia democratica*であり、とくにLine Sの165°Eより東で多く出現し、その個体密度は103 to 1379 ind m⁻³の間で変動した。ウミタル類では*Doliioletta gegenbauri* および *Doliolum denticulatum*が優占したが、その生物量はサルパに比べて極めて低い値を示した。ウミタル類に比べてサルパ類は、より低温、低塩分の水塊に出現する傾向があった。最も濃密なサルパ類の集団は、最大で1日に生息している水塊の200%以上を濾過する能力をもつと見積もられたことから、サルパ類の大発生はこの海域の浮魚類の餌料環境に大きな影響を与えることが示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 9件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Horii, S., K. Takahashi, T. Shiozaki, F. Hashihama, & K. Furuya	4. 巻 27
2. 論文標題 Stable isotopic evidence for differential contribution of diazotrophs to the epipelagic grazing food chain in the mid-Pacific Ocean	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Global Ecology and Biogeography	6. 最初と最後の頁 1467-1480
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI: 10.1111/geb.12823	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, S., K. Takahashi, & S. Shimode	4. 巻 14
2. 論文標題 Digestion time and feeding of pelagic chaetognath Zonosagitta nageae in the laboratory	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Plankton and Benthos Research	6. 最初と最後の頁 39-44
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI:10.3800/pbr.14.39	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 Tang, K.W., J.A. Ivory, S. Shimode, Y. Nishibe, K. Takahashi	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 Dead heat: Copepod carcass occurrence along the Japanese coasts and implications for a warming ocean	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ICES Journal of Marine Science	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI:10.1093/icesjms/fsz017	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 Kakehi Shigeho, Ito Shin-ichi, Wagawa Taku	4. 巻 122
2. 論文標題 Estimating surface water mixing ratios using salinity and potential alkalinity in the Kuroshio-Oyashio mixed water regions	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Oceans	6. 最初と最後の頁 1927 ~ 1942
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/2016JC012268	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 Nishibe Yuta, Takahashi Kazutaka, Sato Mitsuhide, Kodama Taketoshi, Kakehi Shigeho, Saito Hiroaki, Furuya Ken	4. 巻 73
2. 論文標題 Phytoplankton community structure, as derived from pigment signatures, in the Kuroshio Extension and adjacent regions in winter and spring	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Oceanography	6. 最初と最後の頁 463 ~ 478
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1007/s10872-017-0415-3	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 -

1. 著者名 Takahashi K, Kuwata A, Suzuki T, Toda T, Ide K	4. 巻 26
2. 論文標題 Diel changes of food sources and their contributions to nutrition of <i>Orientomysis mitsukurii</i> in a sandy shore environment	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Aquatic Biology	6. 最初と最後の頁 229 ~ 244
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.3354/ab00690	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 高橋一生	4. 巻 64
2. 論文標題 ヴィジュアルプランクトンレコーダー (VPR) を用いたウミタル類個体群動態の観察: とくに捕食寄生性カイアシ類との関係について	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本プランクトン学会誌	6. 最初と最後の頁 148-152
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Ahmad Ishak, N. H., K. Tadokoro, Y. Okazaki, S. Kakehi, S. Suyama & K. Takahashi	4. 巻 印刷中
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 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/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 Otake, S., S. Shimode & K. Takahashi	4. 巻 42
2. 論文標題 Feeding and growth efficiency in a pelagic chaetognath <i>Zonosagitta nagae</i> reared in the laboratory	5. 発行年 2019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) https://doi.org/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 Nakamura, K., K. Takahashi, S. Shimode, Y. Shimizu, & K. Furuya	4. 巻 14
2. 論文標題 Effects of container size, density and incubation period on ammonium excretion rate measurements in planktonic copepods: Validation with a highly sensitive analytical method	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Plankton and Benthos Research	6. 最初と最後の頁 62-70
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.3800/pbr.14.62	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 -

〔学会発表〕 計18件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 高橋一生
2. 発表標題 サルバ・ウミタル類に捕食寄生するサフィリナ科カイアシ類の生態
3. 学会等名 2019年度日本プランクトン学会春季シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高野永美子・堀井幸子・仲村康秀・橋濱史典・高橋一生
2. 発表標題 北太平洋外洋域における混合栄養性微小動物プランクトンの地理分布と環境要因との関連
3. 学会等名 海洋生物シンポジウム2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Chen Sijun, V,S, Kuwahara, T. Katayama, K. Takahashi
2. 発表標題 Geographical variation of photoprotective compounds in phytoplankton and photoprotection of copepods in highly transparent subtropical open waters
3. 学会等名 海洋生物シンポジウム2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Chen Sijun, V,S, Kuwahara, T. Katayama, K. Takahashi
2. 発表標題 Geographical variation of UV protective compounds in zooplankton in the subtropical North Pacific Ocean
3. 学会等名 PICES annual meeting 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sachiko Horii, T. Takahashi, T. Shiozaki, F. Hashihama, K. Furuya
2. 発表標題 Nitrogen isotope landscape in primary producers in the Pacific Ocean
3. 学会等名 PICES annual meeting 2018 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Emiko Takano, Y, Nakamura, K, Takahashi
2. 発表標題 Biomass and community composition of microzooplankton with reference to their nutritional mode in the North Pacific Ocean
3. 学会等名 PICES annual meeting 2018 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ken-ichi Nakamura, K. Takahashi, K. Furuya
2. 発表標題 The role of ammonium excretion of small planktonic copepods in epipelagic nitrogen cycle in the subtropical North Pacific Ocean
3. 学会等名 PICES annual meeting 2018 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋一生
2. 発表標題 VPRを用いたウミタル類個体群動態の観察：とくに捕食寄生性カイアシ類との関係について
3. 学会等名 2017年度日本プランクトン学会春季シンポジウム「ゼラチン質動物プランクトンの世界」(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡崎雄二・田所和明・上村泰洋・日高清隆
2. 発表標題 混合水域における近年のマイワシ稚魚の食性
3. 学会等名 水産海洋学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大竹詩織・下出信次・高橋一生
2. 発表標題 飼育環境下における浮遊性ヤムシSagitta nagaeの摂餌および成長
3. 学会等名 日本海洋学会2017年秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西部裕一郎・一宮睦夫・岡崎雄二・高橋一生
2. 発表標題 親潮域ポストブルーム期における主要カイアシ類の摂餌生態
3. 学会等名 日本海洋学会2016年秋季大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 岡崎雄二・一宮睦雄・西部裕一郎・高橋一生
2. 発表標題 ポストブルーム期におけるツノナシオキアミの摂餌生態
3. 学会等名 日本海洋学会2016年秋季大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 一宮睦雄・西部裕一郎・岡崎雄二・佐藤光秀・高橋一生
2. 発表標題 親潮域ポストブルーム期における微小動物プランクトンの生態学的役割
3. 学会等名 日本海洋学会2016年秋季大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 高橋一生・西部裕一郎・一宮睦雄・岡崎雄二・佐藤光秀
2. 発表標題 亜寒帯性大型カイアシ類 <i>Neocalanus cristatus</i> の摂餌能力
3. 学会等名 日本海洋学会2016年秋季大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Kazutaka Takahashi, Keiichiro Ide, Kazuya Yoshimura, Takeo Hama
2. 発表標題 Effect of feeding and maternal lipid on recruitment success in Eucalanus bungi during spring diatom bloom
3. 学会等名 ICES/PICES 6th zooplankton production symposium (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Kazutaka Takahashi, Tadafumi Ichikawa, Chika Fukugama, Misaki Yamane, Shigeo Kakehi, Yuji Okazaki, Hiroshi Kubota, Ken Furuya
2. 発表標題 In situ observations of a doliolid bloom in a warm water filament using a video plankton recorder: bloom development, fate, and effect on biogeochemical cycles and planktonic food webs
3. 学会等名 ICES/PICES 6th zooplankton production symposium (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 大南あかり・高野永実子・Chen Sijun・岡崎雄二・笥 茂穂・高橋一生
2. 発表標題 親潮域ポストブルーム期における大型カイアシ類の鉛直微細分布
3. 学会等名 2019年度日本海洋学会秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ahmad Ishak, N. H., K. Tadokoro, Y. Okazaki, S. Kakehi, S. Suyama & K. Takahashi
2. 発表標題 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
3. 学会等名 海洋生物シンポジウム2020
4. 発表年 2020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・東北区水産研究所・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・東北区水産研究所・主任研究員 (82708)	