

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和元年6月14日現在

機関番号：82708

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K07832

研究課題名(和文) 遺伝子解析によるカイアシ類の死亡曲線推定

研究課題名(英文) Determination of survivorship curve of copepods by molecular analysis

研究代表者

日高 清隆 (Hidaka, Kiyotaka)

国立研究開発法人水産研究・教育機構・中央水産研究所・主任研究員

研究者番号：70371838

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：材料として、本州南方から東方の黒潮続流域にかけてのプランクトンネット試料を用い、生活史ステージ分析の対象として、同海域の優占種であり、マイワシ等の小型浮魚類の餌料として重要な *Calanus sinicus* を対象とした。本種については、Uye et al. (1998) による各ステージの経験時間の報告をもとに採集物中の予想ステージ組成を求め、得られたステージ組成とのずれが現場での各ステージ毎の死亡率を反映しているとして解析を行い、コペポダイト期を通じてみると1期および5期の死亡率が高いことが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

黒潮周辺海域で優占するカイアシ類の一種について、生活史ステージごとの死亡率の変化を明らかにした。これによって、この種類の個体数変動の予測精度を高めることが出来る。また、海洋プランクトンについてのこのような知識はこれまで少なく、生物全体の中での海洋プランクトンの特徴の解明にもつながる成果であると言える。

研究成果の概要(英文)：Samples collected by plankton net in the area south of Honshu and the Kuroshio Extension were examined. Stage composition of the species at each sampling station was determined from the morphological and molecular determination of copepodid stage and species. The stage composition from the field was compared to the ideal stage composition inferred from the stage duration reported by Uye et al. (1998) and relative mortality rate were estimated for each stage.

研究分野：生物海洋学

キーワード：カイアシ類

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

カイアシ類は沿岸及び外洋域のメソ動物プランクトン(およそ0.2-2mm)群集中で優占する動物群であり、物質循環上、また水産資源生物の餌料としても重要である。カイアシ類は節足動物門甲殻類亜綱に含まれ、ノープリウスと呼ばれる幼生から脱皮を繰り返して成体に近い体制をもつコペポダイトとなり、さらに脱皮を繰り返して成体となる。カイアシ類の生態研究において大きな制約となっているのが、多くの種で形態学的な種の形質が発現するのが成体になってからであるということである。このことは、野外観測において、特定の種が強く優占する場合、あるいは未成体を形態的に判別できる一部の種(主に大型種)を除いては、個体数として多くを占める未成体(ノープリウスおよびコペポダイト)の種査定が困難であることを意味する。このことから、小型種が優占する亜熱帯海域において特に、未成体まで含む種組成や生活史を通じた死亡曲線などの重要な生態情報が、未だに得られないままとなっている。

一方で近年、遺伝子分析技術の向上とそれに伴う遺伝子データベースの充実により、遺伝子情報による未成体を含めたカイアシ類の種査定が比較的簡便に可能となっている。申請者らにおいても、中央水産研究所による定線調査を利用して、黒潮周辺海域に出現するカイアシ類の遺伝子情報を網羅的に取得している(Hirai et al., 2015)。

申請者らは、水産資源生物の餌料という観点から、黒潮周辺海域のプランクトン生産について、観測定線を設ける等して研究を続けてきたが(Hidaka and Nakata, 2010, Kodama et al. 2014)、上述のメタゲノム分析手法の開発を実施する過程において、生活史ステージの形態観察と、遺伝子分析によって可能となった未成体の種判別を組み合わせることで、それらの種について採集試料中のステージ組成を明らかにすることが可能であること、またその情報により、上述した重要な生態学的な情報(未成体まで含む種組成や生活史を通じた死亡曲線など)を得ることができるのではないかとこの着想を得た。

2. 研究の目的

カイアシ類は沿岸及び外洋域のメソ動物プランクトン(およそ0.2-2mm)群集中で優占する動物群であるが、その生態研究における大きな制約の一つとして、形態で種を判別できるのは多くの種において成体になってからであるということがある。本研究では、遺伝子分析技術を利用して、野外採集されたカイアシ類未成体の種査定を行うことで、未成体まで含んだ群集の種組成と優占種の生活史ステージ組成を得る。さらに、生活史ステージ組成の情報と既往の産卵速度および成長速度についての知見から、種ごとに各生活史ステージの死亡率を算出し、死亡曲線を得る。この分析を黒潮を横断する定線上で行うことで、大陸棚から亜熱帯循環域にわたる各海域でカイアシ類群集組成を成立させている生態学的な機構を明らかにする。

3. 研究の方法

動物プランクトン試料を、主に中央水産研究所が設置・維持している東経138度上の定線(北緯34°30'から南端の北緯27°00')を利用して採集する。研究室に持ち帰った試料から、遺伝子分析に用いるカイアシ類個体を、分類群ごとに各生活史ステージを網羅するようにソートアウトし、各個体について遺伝子分析を行う。遺伝子解析と種の決定には、対象海域の群集からHirai et al. (2015)により得られた遺伝子情報を用いる。得られた種レベルのステージ組成の情報と既往の知見から、カイアシ類主要種の死亡曲線を得る。

4. 研究成果

材料として、当初は東経138度上の定線調査で得られた試料を用いる計画であったが、この試料に加え、本州南方から東方の黒潮続流域にかけての試料が得られたため、これを用いた(図1)。また、生活史ステージ分析の対象としては、同海域の優占種であり、マイワシ等の小型浮魚類の餌料として重要な、*Calanus sinicus*および*Paracalanus parvus*を対象とした。このうち後者については、ソートアウトした試料の遺伝子分析の過程で隠蔽種の存在が示唆され、得られた知見の一部を原著論文とした。本種についてはまだ分類上の問題が残っていると考えられたため、生活史ステージ分析については*C. sinicus*についてのみ行った。

本種については、餌制限がない条件下での、各ステージの経験時間がUye et al. (1998)によって報告されている。この報告をもとに、一定の速度で産卵が起き、各ステージでの死亡がないと仮定した場合の、採集物中の予想ステージ組成を図2に示す。ここでは、各ステージの分布密度が経験時間に比例することになる。なお、本種の寿命は100日を超えるため、死亡が無いとした場合には成体の組成が大半となる。図2では、Uye et al. (1998)中のFigure 2に従って、成体の経験時間を20日と仮定している。この図と、得られたステージ組成とのずれが、現場での各ステージ毎の死亡率を反映していると考えられる。

各ステージごとに、図2におけるステージ比率からのずれを頻度分布で示した(図3)。具体的には、各観測点で得られたステージ組成をコペポダイト5期の分布密度で標準化し、ステージごとに図2において同様に標準化したステージ比率との比 R_{C5} をとり、その対数の頻度分布を示している。ここから、コペポダイト2期から4期にかけては R_{C5} が正の数字を取る場合が過半を占めており、コペポダイト期を通じてみると1期および5期の死亡率が高いことが分かった。

コペポダイト4期の R_{C5} の空間分布を図4に示す。一般に沿岸に近い海域で正の値をとり、特に伊豆諸島周辺で高い値をとった。これらの観測点では若いステージの死亡率が低く、群集が

成長するステージにあるものと考えられた。黒潮続流域においても同様に R_{C5} が高い値をとる観測点がみられたが、距離の近い観測点の間でもばらつきが大きく、移流等によって異なる成長状態の群集が分布しているものと考えられた。

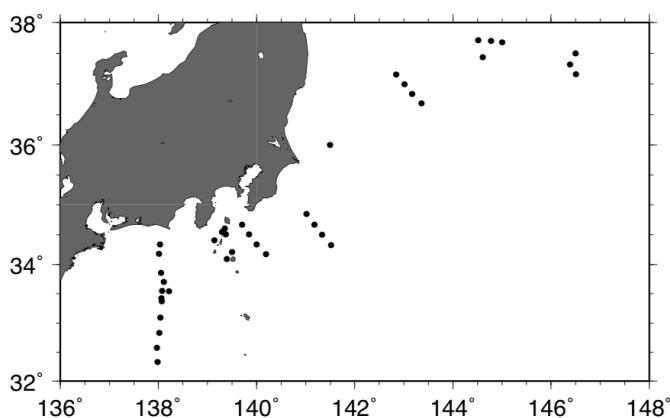


図1 試料採集点

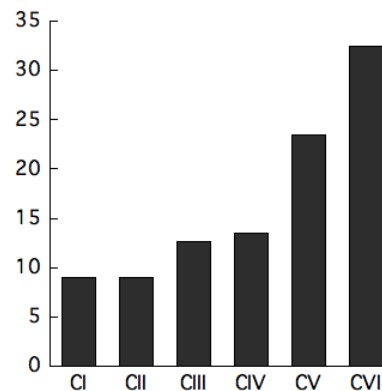


図2 Uye et al. (1998) から予想された *Calanus sinicus* のステージ組成 (%)

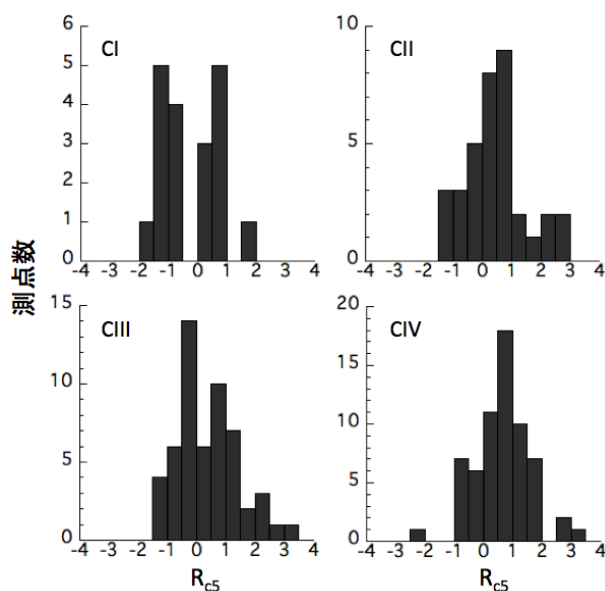


図3 R_{C5} の頻度分布

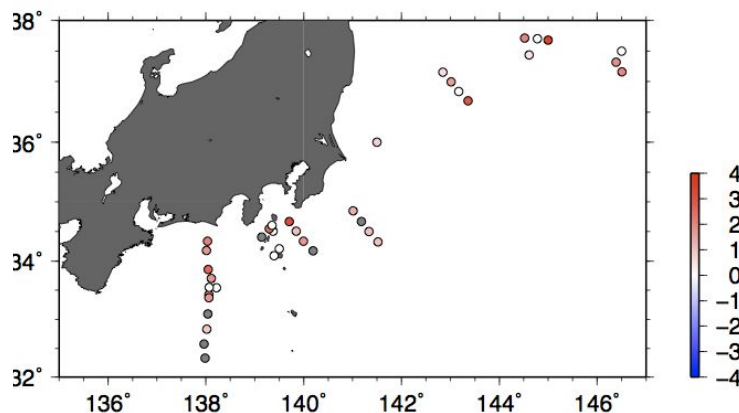


図4 コペポダイト4期の R_{C5} の水平分布

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 3件)

Hirai, J., Nagai, S., Hidaka, K. (2017) Evaluation of metagenetic community analysis of planktonic copepods using Illumina MiSeq: Comparisons with morphological classification and metagenetic analysis using Roche 454. PLoS ONE, 査読あり, 12(7): e0181452.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181452>

Hirai, J., Hidaka, K., Nagai, S., Ichikawa, T. (2017). Molecular-based diet analysis of the early post-larvae of Japanese sardine *Sardinops melanostictus* and Pacific round herring *Etrumeus teres*. Mar Ecol Prog Ser 564, 査読あり, 99–113.

<http://www.int-res.com/abstracts/meps/v564/p99-113/>

日下 彰, 瀬藤 聡, 日高 清隆, 清水 勇吾, (2018) 御前崎沿岸域における直接測流. 黒潮の資源海洋研究, 査読あり, 19, 63-67.

〔学会発表〕(計 7件)

日高 清隆, 上村 泰洋, 寒川 清佳, 小埜 恒夫, 小松 幸生, (2016-11-26) 犬吠埼沖の低次生産機構と黒潮続流域への影響, 水産海洋学会研究発表大会, 東京海洋大学

日下 彰, (2016-11-21) 2016 年 11 月の遠州灘沿岸域における流れ場の観測, 平成 28 年度関東・東海ブロック水産海洋連絡会, 三浦市

日下 彰, 瀬藤 聡, 山崎 恵市, 清水 勇吾, (2017-03-10) 遠州灘沿岸域における直接測流観測, 水産海洋地域研究集会 (第 9 回 駿河湾・伊豆海嶺地域研究集会), 静岡市

日下 彰, (2017-11-22) 御前崎沿岸域における集中観測結果, 平成 29 年度関東・東海ブロック水産海洋連絡会, 静岡県焼津市

日高 清隆, 上村 泰洋, 寒川 清佳, 小埜 恒夫, 小松 幸生, (2017-05-20) 犬吠崎沖の低次生産機構と黒潮続流域への影響, 日本地球惑星科学連合大会, 千葉市

日高 清隆, (2018-11-22) 近年のマサバ仔稚魚の輸送環境について, 平成 30 年度関東・東海ブロック水産海洋連絡会, 愛知県水産試験場漁業生産研究所

Fushima, T, Yamaguchi, T, Hidaka, K, Yoshikawa, M, Hirahara, M, Kikuchi, T, Shimode, S (2018-11-01) Estimation of egg production rate of *Calanus sinicus* from preserved samples, PICES 年次会合, 横浜市

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名: 長井 敏

ローマ字氏名: Satoshi Nagai

所属研究機関名: 水産研究・教育機構

部局名: 中央水産研究所

職名: 環境ゲノムグループ長

研究者番号 (8 桁): 80371962

研究分担者氏名: 小埜 恒夫

ローマ字氏名: Tsuneo Ono

所属研究機関名: 水産研究・教育機構

部局名: 国際水産資源研究所

職名: 国際資源環境グループ長

研究者番号 (8 桁): 40371786

研究分担者氏名: 清水 勇吾

ローマ字氏名: Yugo Shimizu

所属研究機関名: 水産研究・教育機構

部局名: 中央水産研究所

職名: 資源環境グループ長

研究者番号 (8 桁): 10371791

研究分担者氏名：廣江 豊

ローマ字氏名：Yutaka Hiroe

所属研究機関名：水産研究・教育機構

部局名：中央水産研究所（現在は西海区水産研究所）

職名：主任研究員

研究者番号（8桁）：20371833

研究分担者氏名：日下 彰

ローマ字氏名：Kusaka Akira

所属研究機関名：水産研究・教育機構

部局名：中央水産研究所

職名：主任研究員

研究者番号（8桁）：30371785

(2)研究協力者

研究協力者氏名：平井 惇也（連携研究者として申請）

ローマ字氏名：Junya Hirai

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。