

令和元年6月21日現在

機関番号：82706

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2018

課題番号：26450250

研究課題名(和文) 係留ADCPアーカイブデータを用いた10年規模動物プランクトン変動の復元

研究課題名(英文) Reconstruction of zooplankton dynamics by using archived ADCP data

研究代表者

喜多村 稔 (KITAMURA, Minoru)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・地球環境観測研究開発センター・技術研究員

研究者番号：00392952

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：環境変動に対する外洋域動物プランクトンの応答を明らかにするために、音響式流向流速計(ADCP)アーカイブデータから動物プランクトン動態を復元した。西部亜熱帯域および北極海にて研究を実施した。

ADCPから得られた音響散乱強度は、動物プランクトンバイオマスと高い相関を示し、動物プランクトン動態の復元に有効であることを明らかにした。亜熱帯性動物プランクトンの鉛直分布は、混合層の形成、再成層化、中規模渦の通過、月齢など物理環境の影響を受けていると考えられた。北極海の動物プランクトンバイオマスは、2000年代初頭から2010年代初頭にかけて増加しており、海水減少と水温上昇の影響を受けたと考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地球温暖化やエルニーニョなど海洋環境の変化は生物群集に影響を与えるが、外洋域における生物応答の具体的な事例報告は少ない。これは継続的に得られた外洋域の生物サンプルシリーズが極めて少ないため、生物群集に現れる変化の抽出が困難なためである。本研究では、海洋物理学分野で使われる音響式流向流速計(ADCP)の長期データを利用した動物プランクトン動態の復元を行い、その有用性を明らかにした。

研究成果の概要(英文)： To understand responses of oceanic zooplankton communities against environmental changes, we constructed long-term zooplankton dynamics by using archived mooring ADCP data. In this study, two data sets of ADCP collected from the subtropical North Pacific and the Arctic Ocean were used.

The acoustic backscattering strengths derived from ADCP data were significantly correlated with zooplankton biomasses derived from plankton net samples in our study. So, we considered that temporal change of zooplankton biomasses can be reconstructed from long-term mooring ADCP data. Vertical distribution of subtropical zooplankton were influenced by winter mixing, stratification, passage of mesoscale eddy, and age of moon. In the Arctic Ocean, zooplankton biomasses were increased from early 2000s to early 2010s. The increasing was probably associated with decreasing of sea ice and increasing of sea surface water temperature.

研究分野：海洋生態学

キーワード：動物プランクトン 現存量 長期変動 音響 ADCP

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

### 1. 研究開始当初の背景

地球温暖化や ENSO (エルニーニョ・南方振動) など海洋環境の変化は生物群集に影響を与えうるが、外洋域の生物応答については研究例がほとんどない。これは継続的に得られた外洋域における生物サンプルシリーズが極めて少ないために、生物応答を抽出する術がなかったためである。生物試料に依存しない形で、何らかのアーカイブ情報から生物情報を抽出・復元する手法の確立が望まれていた。

### 2. 研究の目的

海洋物理学分野で使われる音響式流向流速計 (ADCP) を用いて、水柱中の音響散乱強度を測定することが出来る。外洋域で音響散乱者の主体となるのは動物プランクトンと考えられるため、ネット試料との比較からこれを明らかにする。さらに、長期係留 ADCP のアーカイブデータを用いて音響散乱強度の時系列変化を把握し、様々な時間スケールでの環境変動と動物プランクトン動態の関係を明らかにする。本研究においては以下 2 海域にて研究を実施した。

(1) 西部北太平洋亜熱帯域に設置された時系列観測点 S1 (30°N, 145°E) における係留 ADCP データから、比較的短期の物理イベントが鉛直分布・日周鉛直移動様式に与える影響を明らかにする。

(2) 北極海パロー海底谷において、2000 年以降断続的に設置された係留 ADCP データを用いて、動物プランクトン現存量の 10 年規模変動を明らかにし、海洋環境変化との関連および北極海生態系に与える影響を考察する。

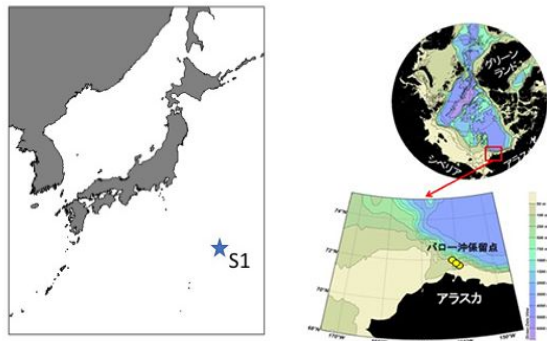


図 1. 係留系設置測点：時系列観測点 S1 (左) および北極海パロー沖 (右)

### 3. 研究の方法

(1) **音響散乱者の主体推定**：ADCP データを使った音響散乱強度の算出は以下に示す手法 (Deins, 1999) を用いて行い、得られた散乱強度とネット試料を用いて測定した動物プランクトン現存量 (乾燥重量) の比較を行った。動物プランクトン採集に用いたプランクトンネットは、西部北太平洋亜熱帯域においては多段開閉式ネット IONESS, 北極海においては NORPAC net である。ネット試料は、現存量測定および分類群組成解析に供した。

$$S_v = C + 10 \log_{10} [(T_x + 273.16) R^2] - L_{DBM} - P_{DBW} + 2\alpha R + K_C(E - E_r)$$

$S_v$ : 音響散乱強度,  $C$ : 機器依存の係数,  $T_x$ : 水温,  $R$ : 距離,  
 $L_{DBM}$ :  $10 \log_{10}$  (パルス幅),  $P_{DBW}$ :  $10 \log_{10}$  (transmit power),  $\alpha$ : 吸収係数,  
 $K_C$ : 変換係数,  $E$ : エコー強度,  $E_r$ : エコー強度のリファレンスレベル

(2) **西部北太平洋亜熱帯域の動物プランクトン動態**：時系列観測点 S1 において 2010 年 2 月から 2013 年 7 月 (2010 年 6 月～10 月は欠測) に得られた ADCP データを使い、動物プランクトンの鉛直分布および日周鉛直移動について時系列変動を明らかにした。得られた時系列変化と季節的物理環境変動 (冬季混合や成層化)、短期物理イベント (中規模渦の通過)、月齢との関係を考察した。

(3) **北極海の動物プランクトン現存量変動**：音響散乱強度と動物プランクトン現存量 (乾燥重量) の関係式を得て、音響データから動物プランクトンバイオマスの推定を可能とさせた。この関係式を用いて北極海パロー海底谷の長期 ADCP データから動物プランクトン現存量を復元し、2000 年代初頭の多氷年と 2010 年代初頭の少氷年における現存量の違いを明らかにした。また、理論モデルを用いて調査海域に卓越する動物プランクトンのターゲットストレングス (1 個体あたりの音響散乱強度) を推定し、個体数密度および平均個体体重、両者を用いた摂餌要求量を見積って当該海域生態系において動物プランクトンの摂餌圧がどう変化しているか考察した。

#### 4. 研究成果

(1) **音響散乱者の主体推定**: 西部北太平洋亜熱帯域および北極海のいずれにおいても、ADCP データから算出された音響散乱強度とネット試料から得られた動物プランクトンバイオマスの間には有意な相関が認められた。このため、当該海域において、音響散乱者の主体は動物プランクトンであると考えられた。

(2) **西部北太平洋亜熱帯域の動物プランクトン動態**: 当該海域における動物プランクトンの鉛直分布には季節変化があり、夜間表層の高バイオマス層は冬季に深く他の時期に浅かった。また、日周鉛直移動のタイミングは日没時間の季節変化にตอบสนองして変化していた。月齢も夜間の動物プランクトンの鉛直分布に影響を与え、満月期は新月期に比べて分布深度が深かった。また、冬季の満月期には中層から浮上してきた日周鉛直移動性の動物プランクトンの一部は真夜中前に 100m 付近まで潜り、最表層における滞在時間は人月期に比べて短かった。これはおそらく被食リスクを軽減させるためだろう。冬季混合、再成層化、中規模渦の通過といった物理環境変動も動物プランクトンの鉛直分布に影響を与えていた。これらはおそらく、物理的な環境変化が表層の餌環境に変化をもたらし、それにตอบสนองして動物プランクトンの分布に変化が現れたものと考えられた。

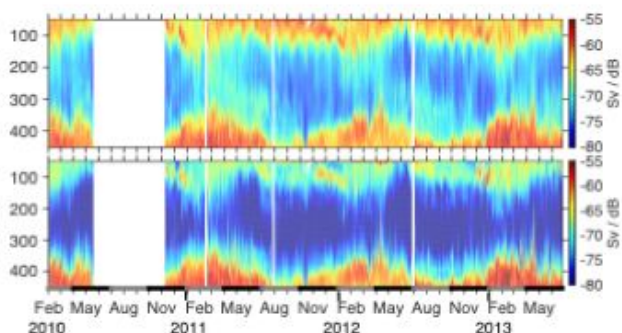


図2. 時系列観測点 S1 における散乱強度の季節変化：夜間（上）および日中（下）

(3) **北極海の動物プランクトン現存量変動**: 2000–2003 年（多氷年）に比べて 2010–2013 年（少氷年）は、動物プランクトンの季節消長パターンは変わらないものの、海氷融解期のバイオマス増加速度が上昇、夏季バイオマスが 2 倍程度増加、冬季バイオマスも増加（越冬成功率の上昇を示唆する）、年平均バイオマスは 1.6 倍増加、が明らかになった。近年、季節海氷が薄くなった影響で融解前にも海氷下で植物プランクトン増殖が活発化していること、融解後の基礎生産力が上昇していることが報告されている。これら餌環境の好転と表層水温の上昇が および をもたらし、さらには動物プランクトン体内への油球蓄積を増加させて をもたらすと考えられた。また、動物プランクトン群集の摂餌速度は、現存量の増加と水温上昇の効果で増加していた。開氷期間の増加により植物プランクトンの基礎生産も増加していたが、基礎生産速度から摂餌速度を引くことにより見積もった開氷期の総沈降フラックスは 2000–2003 年から 2010–2013 年にかけて減少しており、ベントス群集への餌供給量は減少していると考えられた。本研究結果は、論文にまとめ現在投稿中である。

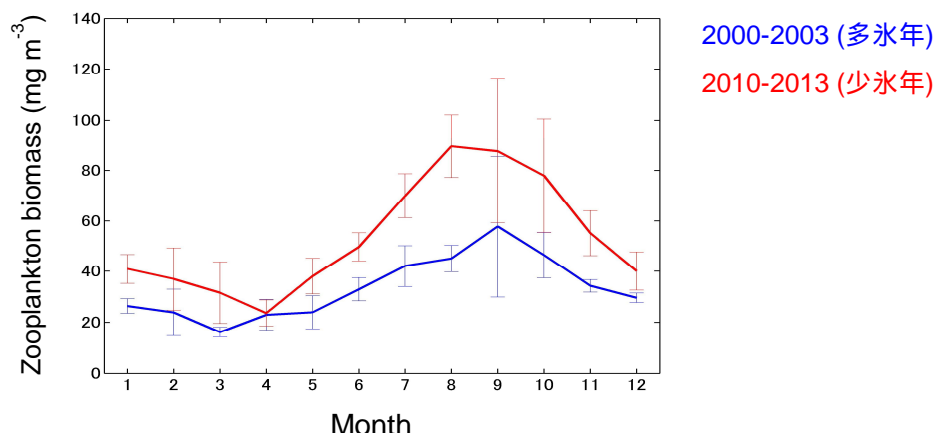


図3. 北極海バロー沖における動物プランクトン現存量の変動

## 5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

Inoue, R., M. Kitamura, T. Fujiki, (2016), Diel vertical migration of zooplankton at the S1 biogeochemical mooring revealed from acoustic backscattering strength. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 121, 1031-1050, doi: 10.1002/2015JC011352. (査読あり)

〔学会発表〕(計 4 件)

喜多村稔・伊藤素代・藤原周・甘糟和男・荒功一(2017)動物プランクトンの摂餌圧推定:音響データを利用した試み.日本海洋学会2017年度秋季大会,2017年9月,仙台.

喜多村稔・甘糟和男・井上龍一郎・伊藤素代(2017)音響を用いた動物プランクトン生態研究.JpGU-AGU Joint Meeting 2017,2017年5月,幕張.

Inoue, R., M. Kitamura, T. Fujiki (2016), Diel vertical migration of zooplankton at the S1 biogeochemical mooring revealed from acoustic backscattering strength. Ocean Science Meeting, 2016年2月23日, ニューオリンズ(アメリカ合衆国).

伊東素代・喜多村稔・小野寺丈尚太郎・藤原周・平譚亨・西野茂人・菊地隆(2015)北極海パロー海底谷における係留ADCPを用いた少氷年と多氷年の動物プランクトン生物量の比較.日本海洋学会2015年春季大会,2015年3月22日,東京海洋大学

## 6 . 研究組織

(1)研究協力者

研究協力者氏名:井上 龍一郎

ローマ字氏名:(INOUE, Ryuichiro)

研究協力者氏名:伊東 素代

ローマ字氏名:(ITOH, Motoyo)

研究協力者氏名:植木 巖

ローマ字氏名:(UEKI, Iwao)

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。