

# 北部ベーリング海の高氷融解早期化による生産性の減少

～サイズ解析を用い、生態系内の高次生物への転送効率の低下を示唆～

## ポイント

- ・太平洋側北極海の動物プランクトンサイズ組成を画像解析装置 ZooScan により解析。
- ・海氷融解の早い年に、小型な動物プランクトンが増加することを発見。
- ・小型動物プランクトンの優占による高次捕食者へのエネルギー転送効率の低下を示唆。

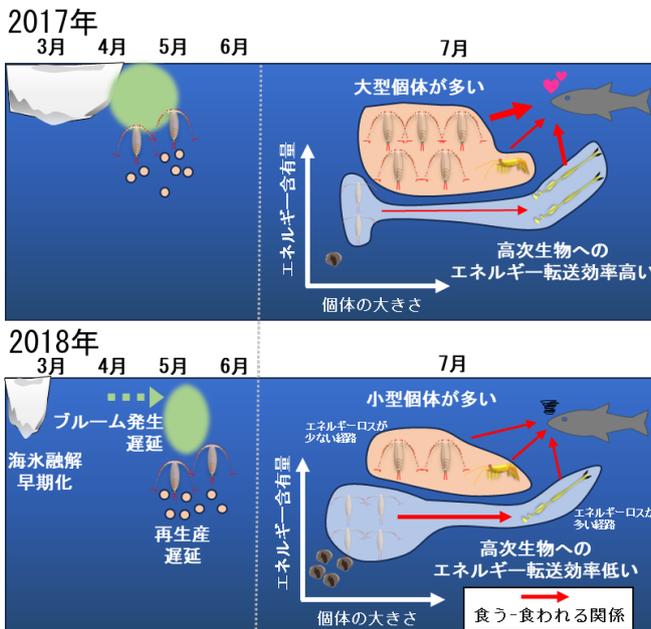
## 概要

北海道大学大学院水産科学院修士課程 1 年の熊谷信乃氏、同大学院水産科学研究院の松野孝平助教、山口 篤准教授らの研究グループは、海氷融解の早い 2018 年の北部ベーリング海で、小型動物プランクトンの増加とそれに伴う生態系内の高次生物へのエネルギー転送効率と生産性の低下を明らかにしました。

近年、北部ベーリング海では温暖化による海氷融解の早期化が報告されており、2018 年は最も融解時期が早い年でした。自ら動く魚類と異なり、水中を漂うプランクトンは、海氷融解のような気候変動の影響を受けやすい生物です。これまでの研究で、2018 年に植物プランクトンブルームの遅延、動物プランクトンの群集組成の変化が報告されていますが、生態系内のエネルギー転送がどのように変化していたのかについては十分に理解されていませんでした。そこで研究グループは、海氷融解が平年並みであった 2017 年と、2018 年の夏季に、北部ベーリング海における動物プランクトン群集のサイズ組成を調査しました。その結果、小型種の増加、それに伴うエネルギー転送効率と生産性の低下を発見しました。これにより海氷融解早期化が、食物連鎖を支えるプランクトンを変化させ、魚類や海鳥などの高次捕食者へ悪影響を及ぼしている可能性が高いことを明らかにしました。

本研究の成果は、海氷変動によって、生態系内のエネルギーフローが変化する過程を明らかにしているため、今後の地球温暖化に対する海洋生態系の将来予測の精度向上に貢献する知見となります。

なお本研究成果は、2023 年 11 月 29 日（水）公開の *Frontiers in Marine Science* 誌にオンライン掲載されました。



本研究成果の概念図。海氷融解が早かった 2018 年は、通常年の 2017 年と比べて、植物プランクトンブルームが遅く、7 月でも小型でエネルギー含有量の少ない動物プランクトンが多かった。小型種は大型のヤムシ類に捕食されないと、魚類が摂餌することができない。つまり、小型種が多いことにより、低次生態系内の食う-食われる回数が増え、エネルギーロスが増加し、結果的に高次生物へのエネルギー転送効率が低下することが考えられる。

## 【背景】

北部ベーリング海は北極海と太平洋を繋ぐ浅い陸棚域であり、高い一次生産を有します。動物プランクトンは生態系において魚類など高次捕食者の餌生物として重要な役割を担っています。北部ベーリング海では近年、地球温暖化に起因すると考えられる海水融解の早期化が進行しており、なかでも2018年は最も融解が早い年でした。この海水変動により、動物プランクトンの群集変化や高次捕食者の個体数減少が報告されていますが、動物プランクトンサイズや生態系内のエネルギー転送効率へどのように影響するかは不明な点が多くありました。

研究グループは、海水変動によって動物プランクトンサイズ組成や、高次栄養段階へ渡る生産がどのように変化するかを明らかにするため、画像解析装置 ZooScan を用いたサイズ及び群集構造解析を行い、そのサイズ組成から高次栄養段階へ渡るエネルギー量について考察しました。

## 【研究手法】

本学水産学部附属練習船おしよろ丸で、2017年と2018年の6-7月に、北部ベーリング海の各観測点にて現場観測を実施し、プランクトンネットの鉛直曳きによって、動物プランクトン試料を得ました。試料は、船上で直ちに5%中性ホルマリンで固定しました。陸上実験室では、固定試料を画像解析装置である ZooScan を用いて撮影し、画像ごとに種同定とサイズ測定を行いました。また、サイズデータを用いて Normalized Biomass Size Spectra (NBSS) 解析を行い、エネルギー転送効率を求めました。さらに、現場水温と1個体あたりのバイオマスから求められる生産量を、既報の式によって求めました。

## 【研究成果】

海水の融解時期が平年並みであった2017年は、セントローレンス島を境に南北で群集が異なり(図1)、南部の群集(Y2017S)で、高いバイオマスが観察されました(図2)。一方、海水融解が早かった2018年では、小型カイアシ類と二枚貝の幼生が優占する特徴的な群集が北部ベーリング海全域で出現していました(図1)。タラ科魚類の仔稚魚の捕食可能サイズ範囲を見ると、小型カイアシ類と二枚貝の幼生が優占していました(図3)。2018年はバイオマスが低い上に、栄養価の低い小型カイアシ類や二枚貝の幼生が優占していたことから、仔稚魚にとって不適な餌環境であったと考えられました。また、エネルギー転送効率については、2018年は回帰の傾きが急で効率が悪い(生態系内での食う-食われる回数が多い)ことが分かりました(図3)。そのため、2018年の海水融解早期化によって、動物プランクトンバイオマスが低下し、栄養価の低い小型種が優占し、結果的にエネルギー転送効率も低下することが明らかになりました。この動物プランクトンの変化によって、高次捕食者へ渡るエネルギー量が減少し、魚類などの個体数減少の影響を及ぼしたと考えられました。

## 【今後への期待】

本研究によって、北部ベーリング海における海水変動による動物プランクトンサイズ組成及び高次捕食者へ渡るエネルギー量への影響が明らかになりました。本海域は温暖化により将来的にも大きく海水が変動する可能性があるため、環境変化に対する海洋生物の応答の理解が進むことで、将来にわたる海洋生態系の維持や、水産資源の持続的利用に繋がることが期待されます。

## 【謝辞】

本研究は、文部科学省補助事業の北極域研究加速プロジェクト ArCS II (JPMXD1420318865)、環境省の環境研究総合推進費 (JPMEERF20214002) 及び科学研究費補助金・基盤研究 (課題番号 JP21H02263 (B); JP20K20573 (Pioneering); JP20H03054 (B); JP20J20410 (B); JP19H03037 (B); JP18K14506 (Early Career Scientists); JP17H01483 (A)) の助成を受けて実施されました。

## 【関連するプレスリリース】

北海道大学プレスリリース「北極圏の海氷融解早期化は大型プランクトンを減少させる～気候変動による海洋生態系への影響の理解向上へ貢献～」

発表日：2022年2月24日

URL：<https://www.hokudai.ac.jp/news/2022/02/post-995.html>

## 論文情報

論文名 Zooplankton size composition and production just after drastic ice coverage changes in the northern Bering Sea assessed via ZooScan (北部ベーリング海における著しい海氷変動下での動物プランクトン群集のサイズ組成と生産性：ZooScanによる解析)  
著者名 熊谷信乃<sup>1</sup>、松野孝平<sup>2,3</sup>、山口 篤<sup>2,3</sup> (1北海道大学大学院水産科学院、<sup>2</sup>北海道大学大学院水産科学研究院、<sup>3</sup>北海道大学北極域研究センター)  
雑誌名 Frontiers in Marine Science (海洋学の専門誌)  
DOI 10.3389/fmars.2023.1233492  
公表日 2023年11月29日(水)(オンライン公開)

## お問い合わせ先

北海道大学大学院水産科学研究院 助教 松野孝平 (まつのこうへい)

TEL 0138-40-5541 FAX 0138-40-5541 メール [k.matsuno@fish.hokudai.ac.jp](mailto:k.matsuno@fish.hokudai.ac.jp)

URL [http://www2.fish.hokudai.ac.jp/faculty-member/matsuno\\_kohei/?key=jp](http://www2.fish.hokudai.ac.jp/faculty-member/matsuno_kohei/?key=jp)

## 配信元

北海道大学社会共創部広報課 (〒060-0808 札幌市北区北8条西5丁目)

TEL 011-706-2610 FAX 011-706-2092 メール [jp-press@general.hokudai.ac.jp](mailto:jp-press@general.hokudai.ac.jp)

## 【参考図】

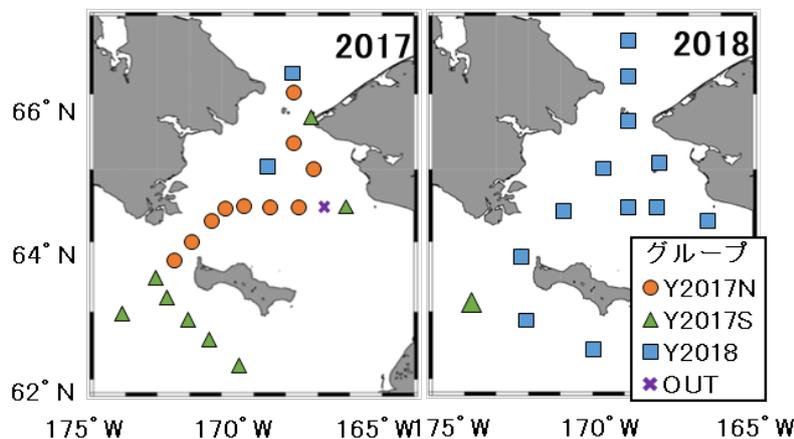


図1. 動物プランクトンバイオリュームに基づくクラスター解析により区分された3グループの分布図。2018年にはY2018という特殊な群集が海域全体において見られた。

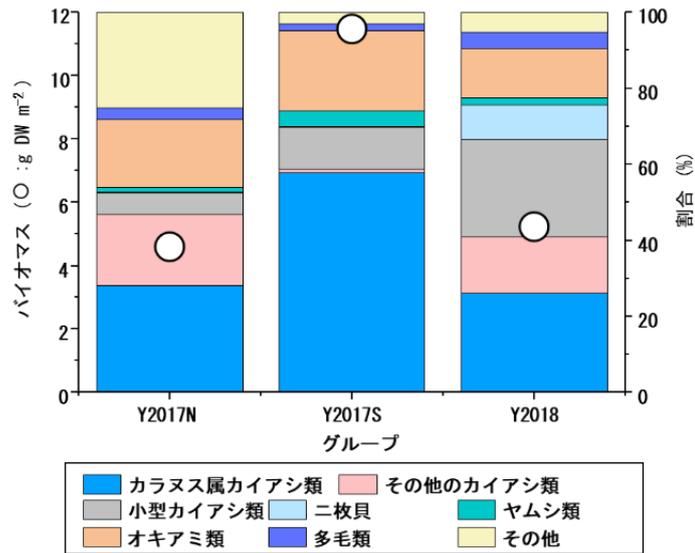


図 2. それぞれのグループのバイオマスの比較結果。Y2017S グループに比べて、Y2018 はバイオマスが低い。また動物プランクトンの組成には、栄養価の低い二枚貝幼生が多かった。

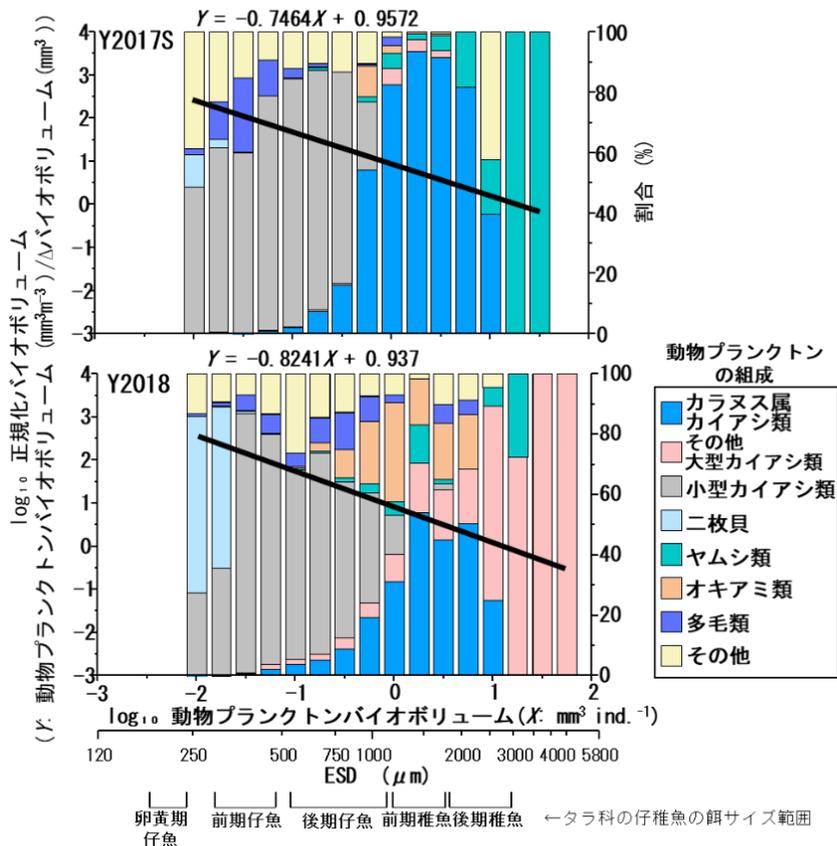


図 3. サイズクラスごとの動物プランクトン組成と生物体積の図。横軸には、動物プランクトン 1 個体あたりのサイズと、それに相当する、タラ科魚類の仔稚魚期における捕食可能な餌サイズ範囲を示している。2017 年 (上) に比べて、海氷融解の早かった 2018 年 (下) では、餌生物として有用性の低い小型カイアシ類 (灰色) や二枚貝の幼生 (水色) が優占していた。図中の黒線は、Normalized Biomass Size Spectra 解析を示し、回帰の傾きが急な時、エネルギー転送効率は下がる。2018 年の傾きが急なため、エネルギー転送効率が低かったことが分かる。