北海道大学
HOKKAIDO UNIVERSITY

道南噴火湾にて低次生物サイズ組成の季節的な解析に成功

～春季植物プランクトンブルーム生産を高次生物に急速に輸送するメカニズムを解明～

ポイント

・噴火湾で採取した試料から、動物プランクトンにおけるサイズ組成の年間季節変化を評価。
・サイズを問わず全ての動物プランクトンで 2-5 月は生物量が多く、6 月-翌年の 1 月では減少。
・春季植物プランクトンブルーム生産を高次生物に渡す分類群として、尾虫類が重要なことが判明。

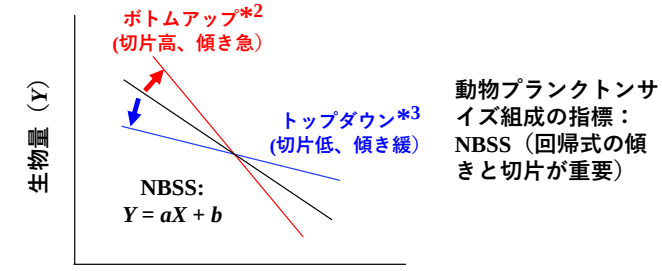
概要

北海道大学大学院水産科学研究院の山口　篤准教授、松野孝平助教、大西広二助教、大木淳之准教授、高津哲也教授らの研究グループは、北海道噴火湾において周年に渡り採集された動物プランクトン試料を画像解析することで、動物プランクトンサイズ組成の季節変化を明らかにしました。

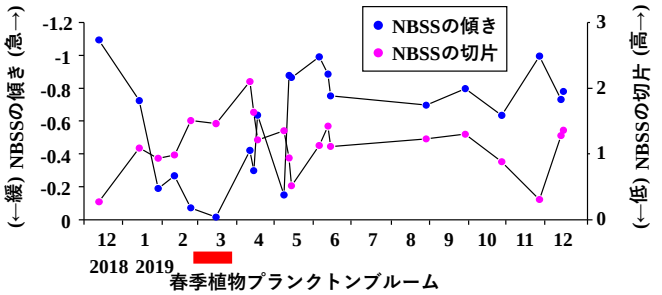
海洋の食物連鎖の生物生産は、植物プランクトンから始まり、動物プランクトンを介して小魚や大型魚のような高次生物に輸送されます。そのため、動物プランクトンの輸送量や輸送効率を評価する上でサイズ組成は重要なパラメータとなりますが、従来行われていた顕微鏡観察ではサイズを測定するのに多大な労力と時間がかかるため、知見は乏しい状態でした。そこで研究グループは画像イメージング機器（ZooScan*[1]）を用いた画像解析を行い、噴火湾で年間を通じたサイズ組成の季節変化を明らかにしました。その結果、噴火湾における動物プランクトンサイズ組成は季節的に大きく 2 つに分けられ、2-5 月には生物量は小型から大型まで全てのサイズで多かったのに対し、6 月-翌年の 1 月には全てのサイズで少ないことが明らかになりました。また、春季植物プランクトンブルームの後には大型な動物プランクトンの尾虫類（浮遊性のホヤの仲間）が優占し、植物プランクトンの生産を魚類に速やかに受け渡す経路が発達することが明らかになりました。

本研究の成果は、北海道近海での低次生物生産の高次生物への輸送過程の季節変化を、動物プランクトンのサイズ組成から明らかにした、水産学や海洋学における重要な知見となります。

なお、本研究成果は、2022 年 11 月 30 日（水）公開の *Plankton and Benthos Research* 誌に掲載されました。



上：動物プランクトンの体の大きさ（サイズ、横軸）と体積（生物量、縦軸）の関係。両者の回帰式は、NBSS と呼ばれ、傾きと切片は、生物生産の転送効率*[4]の指標になる。



下：2018-2019 年の噴火湾における NBSS の傾きと切片の季節変化。2-5 月には NBSS の傾きが極めて緩やかで切片も高いことから、全てのプランクトンサイズにおいて生物量が多く、魚類等の高次生物への転送効率が高いことがわかる。

【背景】

水産学において、有用魚介類の主要な餌生物である動物プランクトンのサイズ組成は、魚類の餌選択性、成長率や死亡率に影響を与える重要な要因です。従来、動物プランクトンのサイズ測定は顕微鏡下で計測を行っていました。しかし顕微鏡下でのサイズ測定解析には多大な労力と時間が必要となるため、動物プランクトン群集のサイズ組成に関する研究は、十分に行われていませんでした。しかし近年、画像解析によりサイズ計測を行う ZooScan が新たに開発され、サイズに関する情報だけでなく、同時に分類群に関する情報も、短時間かつ正確に取得できるようになりました。動物プランクトンのサイズ組成を評価する指標として、Normalized Biomass Size Spectra (NBSS) があります。NBSS はプランクトン生物量を Y 軸にとり、サイズを X 軸にとった際にできる回帰式（$Y = aX + b$）により、海洋生態系構造や生産物の高次生物への転送効率を評価することが出来ます（p1.図）。

北海道南西部に位置する噴火湾は全体の水深が 100 m 以浅と浅く、スケトウダラやカレイ類が産卵し、仔稚魚期の摂餌を行う、水産学上重要な海域です。しかし動物プランクトンのサイズ組成や NBSS に関する知見は無いのが現状でした。

そこで本研究では、2018 年 12 月–2019 年 12 月にかけて、噴火湾湾央部の 1 定点でプランクトンネットを用いて採集された、周年にわたる時系列採集動物プランクトンホルマリン固定試料について ZooScan による解析を行い、動物プランクトンサイズ組成と NBSS の季節変化を明らかにしました (図 1)。

【研究手法】

2018 年 12 月 12 日–2019 年 12 月 16 日にかけて約 1 ヶ月間隔で計 21 回、北海道大学水産学部附属練習船うしお丸 II 世により、噴火湾湾央部に位置する St. 30 (水深 95 m) にて NORPAC ネットによる海底直上から海表面までの鉛直曳き採集を行い、採集された動物プランクトン試料を 5%中性ホルマリン海水で固定しました（図 1)。陸上実験室にて動物プランクトン試料は ZooScan による測定を行い、画像データを取得しました。画像データに基づき分類群の同定と、サイズと生物量の計測を行いました。動物プランクトンのサイズを横軸に、各サイズクラスの生物量を縦軸にとった際の回帰式である NBSS の解析を全試料について行いました。また各分類群の出現個体数に基づいて、動物プランクトン群集をクラスター解析によって類型分けをしました。

【研究成果】

全調査期間を通して、動物プランクトン出現個体数は 1 立方メートルあたり 255–3,467 個体（個体 m^{-3}）の範囲にあり 4–6 月に多く、生物量は 12–2,034 $mm^3\ m^{-3}$ の範囲にあり、特に 4 月に高くなっていました。出現個体数と生物量ともに、4 月には大型な尾虫類、9 月・12 月には夜光虫が優占していました。

動物プランクトンの出現個体数データに基づきクラスター解析を行った結果、各採集日は 3 つの群集 (A–C) に分けられました (図 2)。これら群集の出現は季節的に分離しており、NBSS の傾きは 2 月から 5 月にかけては緩やかで、6 月から翌年の 1 月にかけて急でした (p1.図)。4 月に優占していた尾虫類はカレイ類の仔魚の餌として重要なことが報告されています。またこれまで噴火湾において夜光虫の優占は報告が無く、暖水性の夜光虫が優占する群集が 9–12 月に見られるのは、近年の温暖化による変化として挙げることが出来ます（図 2)。2 月から 5 月初旬に見られた NBSS の緩やかな傾きと高い切片は、春季植物プランクトンブルームの発生を受けて小型動物プランクトンが増加し、その生産物が高次生物に高い転送効率で受け渡されていることを示しています。一方、6 月から翌年 1 月に NBSS が急な傾き

を示し、切片は低下したことは、全サイズにおいて生物量が減り、高次生物への転送効率が低かったことが考えられます。

このように本研究では、噴火湾における動物プランクトンサイズ組成の季節変化解析を通して、高次生物への転送効率の季節変化を明らかにすることが出来ました。

【今後への期待】

本研究によって、動物プランクトンの生産転送効率を評価するには、画像イメージングスキャナにより定量し、NBSS を求める方法が有効であることが示されました。

今回の研究では、うしお丸Ⅱ世の航海中にプランクトンネット採集試料をホルマリン固定し、航海終了後にスキャンすることで、ネット採集水深を積算した解析結果を得ました。一方、2022 年 11 月に就航した「うしお丸Ⅲ世」で導入された画像イメージングスキャナ（CPICS）では、水中に浮遊懸濁する物質をその場で撮影することが可能となります（図 3)。今後、うしお丸Ⅲ世を活用することでで、高精度かつリアルタイムに、海洋生態系の変動を明らかに出来ると期待されます。

【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)、独立行政法人環境再生保全機構の環境研究総合推進費（JPMEERF20214002)及び日本学術振興会の科学研究費補助金・基盤研究（課題番号 JP22H00374; JP21H02263; JP20K20573; JP20H03054; JP19H03037; JP17H01483）の助成を受けて実施されました。

論文情報

論文名	Seasonal changes in taxonomic, size composition, and Normalised Biomass Size Spectra (NBSS) of mesozooplankton communities in the Funka Bay, southwestern Hokkaido: Insights from ZooScan analysis（北海道南西部の噴火湾における動物プランクトン群集の分類群、サイズ組成、NBSS の季節変化：ZooScan 解析による洞察）
著者名	寺岡拓未[1]、飴井佳南子[1,a]、深井佑多佳[1,b]、松野孝平[1,2]、大西広二[1]、大木淳之[1,2]、高津哲也[1]、山口　篤[1,2]（[1]北海道大学大学院水産科学研究院、[2]北海道大学北極域研究センター、現所属：[a]東京大学大気海洋研究所、[b]北海道立総合研究機構釧路水産試験場）
雑誌名	Plankton and Benthos Research（浮遊生物と底生生物の専門誌）
ＤＯＩ	10.3800/pbr.17.369
公表日	2022 年 11 月 30 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　准教授　山口　篤（やまぐちあつし）

ＴＥＬ　0138-40-5631　ＦＡＸ　0138-40-5631　メール　a-yama@fish.hokudai.ac.jp

ＵＲＬ　http://hu-plankton.jp/teacher/yamaguchi.html

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

【参考図】

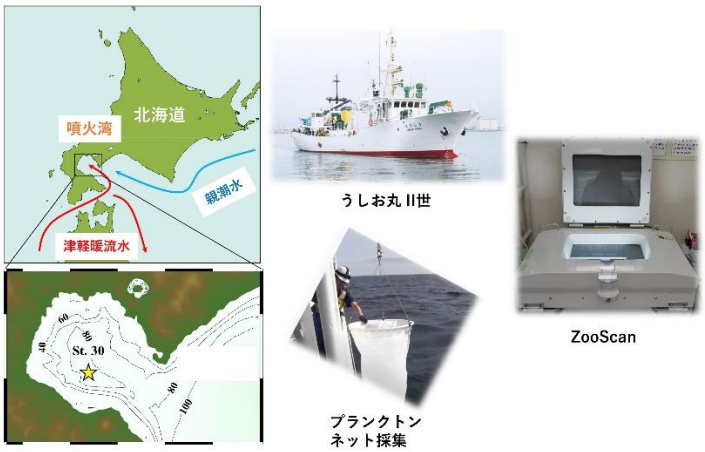


図１．本研究の採集定点（St. 30）と、採集を行った北海道大学水産学部附属練習船うしお丸 II 世、プランクトンネットと、解析に用いた動物プランクトンスキャナーの ZooScan。

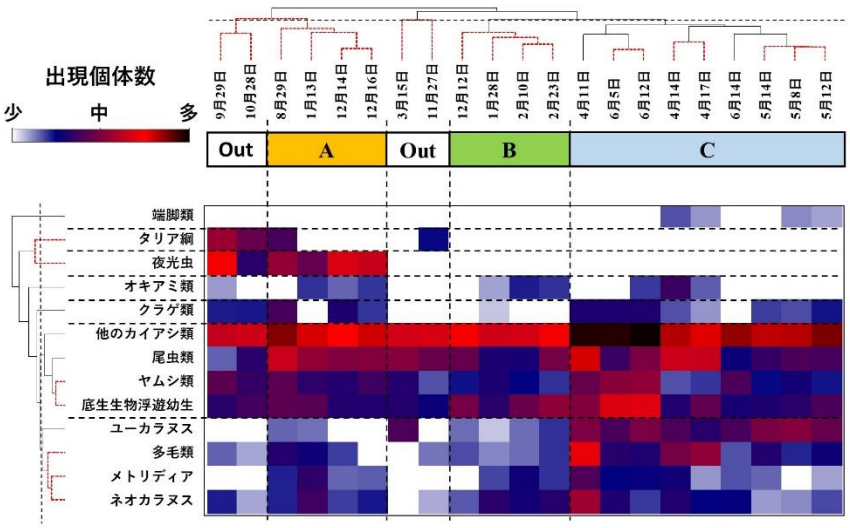


図２．噴火湾における各採集日（横軸）と動物プランクトン分類群（縦軸）の出現個体数に基づくクラスター解析の結果。動物プランクトン群集は A-C の 3 つに分けられた。

図３．2022 年 11 月に就航した、うしお丸 III 世に導入された現場曳航型画像イメージング機器。

【用語解説】

＊1 ZooScan … フランスで開発された動物プランクトンスキャナーの名称。

＊2 ボトムアップ … 一次生産が多く、低次生産が高次生産に影響を与える状況。

＊3 トップダウン … 捕食者が多く、その捕食圧が低次生産に影響を与える状況。

＊4 転送効率 … 海洋生態系の隣接する栄養段階間の生産量の比率。一般的に 10%〜20%とされる。

＊5 斜行曳き … 航走中の船よりワイヤーを出し入れし、斜め方向（V 字型）に機器を曳航する曳き方。