

北海道寿都におけるマイクロプランクトン群集の季節および経年変化:

顕微鏡と FlowCam による分析

(卒業論文発表)

北海道寿都周辺海域は、ニシン、スルメイカなどの重要水産資源の漁場である。当該海域の沿岸は、対馬暖流が常に流入することと、尻別川や朱太川などの河川水の影響を受けやすいことが特徴的である。当該海域に出現するマイクロプランクトンには、珪藻類、渦鞭毛藻類、ユーグレナ藻類および繊毛虫類がある。珪藻類、渦鞭毛藻類およびユーグレナ藻類は、海洋の基礎生産者として重要な役割を果たす一方で、繊毛虫類は、マイクロバイアルループにおける仲介者であり、バクテリアによる生産を生食食物連鎖に受け渡す役割を持つ。これらマイクロプランクトンは、環境変化に対する応答が早いことから、その種組成は、海洋環境の変化を測る指標とも考えられている。マイクロプランクトン群集のサイズ組成は、周辺の水理環境の変化および高次捕食者へ渡るエネルギー量を評価する上で重要な情報である。マイクロプランクトンのサイズ組成を解析する手法として、Normalized Biomass Size Spectra (NBSS) 解析がある。NBSS の切片の高さは、群集のバイオマスを反映し、傾きは小型プランクトンから大型プランクトンへのエネルギー転送効率を反映する。近年、FlowCam などの画像解析測器が開発され、マイクロプランクトン群集の種組成とサイズ組成を短時間で容易に分析できるようになった。しかし、マイクロプランクトン群集のサイズ組成の季節変化を調査した例は未だに少ない。北海道寿都におけるマイクロプランクトン群集についても、その種組成の季節変化は、Morimoto et al. (2024) で整理されているが、サイズ組成については明らかになっていない。そこで、本研究は北海道寿都におけるマイクロプランクトン群集の季節および経年変化を調査し、環境データとの関係を明らかにすることと、FlowCam を用いて群集のサイズ組成の季節変化を明らかにすることを目的とした。

マイクロプランクトン試料は、北海道寿都町横間漁港にて 2020 年 8 月から 2023 年 8 月に、週に約 1 回の頻度で海表面からバケツで採水した。2020 年 8 月から 2022 年 1 月までの試料は、酸性ルゴール (終濃度 1%) で、2022 年 2 月以降の試料は、グルタルアルデヒド (終濃度 1%) で固定した。固定試料は、静沈濃縮を行った後、倒立顕微鏡を用いてマイクロプランクトンについて、種同定および計数を行った。また、2022 年 9 月から 2023 年 8 月までの濃縮試料の中から、おおよそ 1 月に 1 試料の頻度で計 12 試料を選び、濾過海水で 1-10 倍の濃度に希釈し、FlowCam を用いて分析をした。撮影時の条件は流速  $0.140 \text{ mL min}^{-1}$  で設定し、Equivalent Spherical Diameter (ESD) が  $10 \text{ }\mu\text{m}$  未満および  $10000 \text{ }\mu\text{m}$  以上の粒子は撮影から除外した。その後、Visual Spread sheet v6 を用いて、手動で非細胞画像および重複画像を削除し、珪藻類、渦鞭毛藻類、繊毛虫類、ユーグレナ藻類に分類した。その後、FlowCam により計測された各試料の測定水量、各画像の Area Based Diameter (ABD) からマイクロ

ランクトンバイオボリュームを求めた。観測時の水温は北海道蘭越町貝の館から、塩分および栄養塩は JAMSTEC むつ研究所より提供を受けた。また、観測点の日平均気温、日合計降水量、日平均風速、潮位および日照時間を気象庁 HP から、尻別川および朱太川の流量データを国土交通省水文水質データベースおよび北海道建設部建設政策局のデータベースより取得した。データ解析では、光学倒立顕微鏡下で計数したマイクロプランクトン細胞密度に基づくクラスター解析を行い、群集を区分し、SIMPER 分析および IndVal 値を算出することによって、各群集の特徴種を特定した。さらに、環境データを群集間比較するため、Max-t 検定および Wilcoxon の符号付順位和検定を行った。また、FlowCam で得られたサイズ組成データに基づき、49–1687  $\mu\text{m}$  ABD の範囲について、NBSS 解析を行った。

マイクロプランクトン群集の季節および経年変化について、冬季に出現した群集 C および群集 D は相対的に細胞密度が低かったが、これは低水温および日照不足によるものであると考えられる。春季はユーグレナ藻類による大規模なブルームが発生したが、これはユーグレナ藻類が広範な水温および塩分耐性を持ち、融雪期の河川水流入による豊富な栄養塩を利用できたためであると考えられる。経年変化として、2022 年 11 月にもユーグレナ藻類ブルームが出現したが、この理由は直前の降雨の影響により塩分が低下したからであると考えられる。夏季および秋季は *Leptocylindrus* spp. が優占した群集 F と渦鞭毛藻類が優占した群集 E が出現した。群集 F が出現する直前は DIN が乏しい環境下であったが、有機窒素が利用できる *Leptocylindrus danicus* は生存可能であり、その後の降雨を契機とする栄養塩供給により本種が優占的に増殖した。また、群集 E は栄養塩が低い時期に出現が見られたが、これは渦鞭毛藻類の遊泳能力と高い栄養塩貯蔵能力により説明できた。群集 A は 2023 年 7 月にのみ特異的に出現し、*Hemiaulus hauckii* が優占した。2023 年の夏は他の年に比べて水温が高く、温暖性の本種がブルームを引き起こしたと考えられる。

NBSS 解析の結果、冬季は晩春から秋季に比べて切片が低く傾きが緩やかであった。これは、冬季の方が晩春から秋季に比べて、栄養塩が高いが低水温と日照不足による増殖制限を受けるためであり、冬季は晩春から夏季に比べてバイオマスが低く、エネルギー転送効率が高い環境であることを示している。また、ユーグレナ藻類ブルームが発生した 3 月から 4 月は変則的なサイズ組成の季節変化が見られたが、これは小型サイズの *Navicula* spp. が減少した一方でユーグレナ藻類は増加し、大型の渦鞭毛藻類および珪藻類が出現したからであると考えられる。

このように、北海道寿都におけるマイクロプランクトン群集の季節変化は、春季、夏季と秋季、および冬季の 3 つに分けることができ、水温と栄養塩によって群集の季節変化が決定することが明らかとなった。サイズ組成分析から、春季のユーグレナ藻類ブルームは、高次生物へのエネルギー転送効率の大幅な上昇をもたらしていたため、当該海域の海洋生態系における重要なイベントであると考えられる。

加藤春城