

北海道紋別港における動物プランクトン群集とサイズ組成の
季節変化に関する研究
(卒業論文発表)

沿岸域において動物プランクトンは、植物プランクトンによる一次生産を高次栄養段階へ輸送する役割を担っている。動物プランクトン群集による高次栄養段階へのエネルギー及び物質転送効率を評価する際、そのサイズ組成が指標として用いられる。動物プランクトンのサイズ組成は、構成種の種組成の変化や、再生産や成長によって起こるが、動物プランクトンのサイズ組成と構成種の季節変化の両方を同時に扱い明らかにした研究は乏しい。南部オホーツク海に面した紋別港における紋別市氷海展望塔では、週 1 回の時系列動物プランクトン採集が行われている。この採集試料は動物プランクトンのサイズ組成と構成種の季節変化を同時に評価するには最適であると言える。本研究は紋別港にて 2014 年 1-12 月にかけて約 1 週間の間隔でネット採集された動物プランクトン固定試料について、ZooScan によるサイズ組成解析と、検鏡による詳細な分類群解析を行い、サイズ組成と分類群/種組成の両方の季節変化を同時に明らかにし、動物プランクトンサイズ組成を規制する要因を特定することを目的として行った。

2014 年の 1 月 6 日から 12 月 29 日にかけて約 1 週間の間隔で、紋別市氷海展望台の渡海橋から、NORPAC ネット (口径 45 cm、目合い 335 μm) による、水深 9 m の海底直上 1 m から海表面までの鉛直曳き採集を計 48 回行った。動物プランクトン試料は 5%中性ホルマリン海水で固定した。また水温と塩分を CTD にて測定した。同時に表面海水をバケツで採水し、一部を凍結し栄養塩分析用試料とし、オートアナライザーで NO_3 を測定した。採水試料の一部は GF/F フィルターにて濾過し、色素を 90%アセトンあるいはジメチルホルムアミドにて抽出し、蛍光法にてクロロフィル *a* (Chl. *a*) の測定を行った。調査期間中における大気データ (気温、降水量、風向および風速) は、気象庁のホームページ、潮位データを J-DOSS ホームページよりダウンロードして解析に用いた。陸上実験室にてホルマリン固定サンプルは、実体顕微鏡下にて分類群および種同定、計数を行った。その後、同試料についてサイズ組成を明らかにするために、ZooScan による測定を行った。ZooScan によって取得した動物プランクトンサイズデータに基づき、NBSS (normalized biovolume size spectra) とサイズ多様度を計算した。また、全 48 試料の動物プランクトンの出現個体数データに基づくクラスター解析を行った。さらに各観測点における大気環境データと水理環境データについて、デンドログラムを作成した。同時に SIMPROF 解析も行い有意に異なる領域を特定し、デンドログラムは任意の距離で区切り、類似した大気および水理環境に区分した。動物プランクトンの群集分けに寄与する分類群と種名を SIMPER 解析により評価した。動物プランクトン群集分けに影響を及ぼしていた環境要因は DistLM で解析した。また、dbRDA による 2 次元プロットを作成し、影響を与える環境要因を解析した。また NBSS の傾きと切片、サイズ多様度に影響を及ぼす環境要因として、DistLM で検出された 4 環境要因のうち、多重共線性の高かった気温を除く水温、風向、風速の動物プランクトン出現個体数とサイズ組成への影響を、一般化加法モデル (GAM: generalized additive model) による解析を行った。

調査期間の2014年における海水温は-1.7°Cから20.6°Cの間にあり、結氷期間は1月23日から4月6日の間であった。塩分は28.04–33.68の間にあり、30以下への急激な低下が5月や8月に見られた。NO₃は0–13.7 μMの間にあり、6–11月にかけて低く、12–5月にかけて高かった。Chl. *a*は0.07–10.92 μg L⁻¹の間にあり、7月から翌年の2月には低かったが、3月や4月には5 μg L⁻¹以上の高い値が見られた。風向と風速は、特に1–5月にかけて西風が卓越し、風速も速かった。クラスター解析の結果、大気環境と水理環境は2期、動物プランクトン群集は6つの群集に区分された。

動物プランクトン群集間の差をもたらしていた種は群集間で異なっていた。本研究における各群集の特徴種として、カラヌス目カイアシ類5属8種、他分類群の終生プランクトン2種、ベントス浮遊幼生の4分類群が同定された。このうちカイアシ類の、*Acartia*属には3種が見られ、*A. longiremis*は群集A-C、*A. hudsonica*は群集D、*A. steueri*は群集Eにて優占していた。同属2種が出現した*Pseudocalanus*属については、*P. minutus*の出現は群集Aに限られていたのに対し、*P. newmani*は群集A-DとFに出現していた。また、群集A-Bではフジツボ類浮遊幼生が、群集Cでは様々なベントス分類群の幼生が見られた。これら動物プランクトン各種の出現タイミングは既報の各種の至適水温と整合的であった。群集Eでは構成種が暖水性種に入れ替わっており、動物プランクトン各種の出現を決める要因は一義的に水温であると考えられた。

NBSSの切片には明確な季節変化が見られ、1–5月に高かったのに対し、6–12月にかけて低い値であった。NBSSの傾きは-3.9から-0.5の間にあった。また、NBSSの傾きが急になる現象が、グループCにおいて観察された。DistLMの結果、動物プランクトン群集に有意な影響を及ぼす環境要因は、水理環境では水温、大気要因では気温、風向、風速であることが明らかになった。またdbRDAより、グループEとFは高水温な時期に、グループCは最も気温が高い時期に、グループBは北西風が卓越する時期に、グループAとDは風速の速い季節に見られたことが分かった。GAM解析の結果、水温は動物プランクトン出現個体数、バイオボリューム、NBSSの傾き・切片、サイズ多様性に有意な影響を持っていた。風速はバイオボリュームとNBSSの切片に有意な影響を持っており、風向はNBSSの切片とサイズ多様性に有意な影響を持っていた。

本研究により、紋別では水温や水塊の季節変化に応じて動物プランクトン群集の構成種の季節変化が起こり、NBSSなどのサイズ組成を決定していることが明らかになった。NBSSの傾きが急になる現象がグループCの見られた6月に観察されるのは、これはグループCにおいてフジツボ類の幼生や様々なベントス分類群の幼生が一斉に出現し、小型なサイズクラスが急に増加したためと考えられる。本研究により検出された、風向と風速が動物プランクトン群集組成に大きな影響を及ぼしていたことは、正の走向性を持ち、海洋表層に集まるベントスの浮遊幼生が海表面の風により集められた影響も考えられる。また風の強い冬季の南部オホーツク海では、北風または北西風が海氷の南下を促進するだけでなく、水温躍層の発達と崩壊に影響を与え、春季植物プランクトンブルームの規模やタイミングに影響を及ぼすことが知られている。このように風向と風速は、南部オホーツク海の北海道沿岸域における動物プランクトン群集に、直接または間接的に大きな影響を及ぼす環境要因であることが示された。