

夏季の南極海東インド洋区におけるプランクトンネット採集特性と 優占カイアシ類個体群構造の水平分布

南極海では、急速な温暖化が観測されており、それによる海洋生態系への影響が危惧されている。海洋生態系の一次消費者である動物プランクトンは、環境変化に素早く応答すると考えられており、南極海においても環境変動の指標となる。したがって、環境変動が当該海域の海洋生態系に及ぼす影響を評価するうえで、動物プランクトンの群集構造や個体群構造を明らかにすることは重要である。南極海東インド洋区におけるメソ動物プランクトン相に優占する分類群は、カイアシ類である。同海域では、*Calanoides acutus*、*Calanus propinquus*、*Metridia gerlachei*、*Metridia lucens*、*Paraeuchaeta antarctica* および *Rhincalanus gigas* が代表的な大型カイアシ類である。これらのカイアシ類の採集にはプランクトンネットが広く用いられており、その定量性を判断する指標として濾過効率がある。濾過効率の変動には曳網距離、採集物の分類群組成、植物プランクトン量、採集時のうねりの高さ、そして目合いの大きさといった様々な要因が影響を及ぼす。しかし、当該海域において、4連 NORPAC を用いて、目合いが濾過効率に及ぼす影響を調べた研究は未だない。大きな目合いのネットを使用した場合の採集物の過小評価については多くの研究で指摘されており、先行研究では小型カイアシ類や大型カイアシ類の初期発育段階が過小評価されるため、水平分布や季節変動が定量的に把握できないことが示されている。定量採集できるカイアシ類のサイズは、その体幅と目合いの比較によって特定することが可能である。しかし、南極海のカイアシ類個体群構造の研究において、各種、各発育段階の定量性の検討はされていないことが多い。

そこで、本研究では、南極海東インド洋区において4連 NORPAC ネットを使用し、異なる目合い毎に、濾過効率と環境要因とを比較した。その後、同海域の主要大型カイアシ類の内、定量採集できた発育段階を特定し、定量的な情報のみを用いて各種の個体群構造の水平分布について明らかにし、環境要因との関係性を評価した。

動物プランクトン試料は、水産庁漁業調査船「開洋丸」による KY1804 航海中の 2018 年 12 月から 2019 年 2 月に 84.9–144.5°E、60.0–66.5°S の 42 観測点にて、4連 NORPAC ネット（直径 45 cm、目合い 63 μm 、100 μm 、150 μm 、335 μm ）を用いた水深 0–150 m の鉛直曳きにより採集した。調査は西から東へ向けて進行したが、125°E 以東では東から西に向かって進行した。試料は採集後、5% 中性ホルマリンで固定した。各観測点の水温、塩分は XCTD または CTD で測定し、2–150 m 間の水柱平均値を求めた。波高は開洋丸に搭載のマイクロ波式波高計で測定し、海面クロロフィル *a* 濃度および TSM (Time since Sea-ice Melt) は衛星観測データから取得した。陸上実験室では、まず各試料の沈殿量を測定した。その後、335 μm のネットで採集した 21 観測点分の動物プランクトン試料について、適宜分割し、実体顕微鏡下で主要大型カイアシ類 6 種を発育段階毎に計数した。また、種、発育段階、雌雄別に最大で各 10 個体の Prosome width を測定し、Nichols and Thompson (1991) に基づいた目合いとの比較により定量採集されていた発育段階を判断した。ネット目合いの影響評価をするにあたっては、335 μm ネットとその他の目合いのネットの濾水量の関係及び、濾過効率と沈殿量の関係につ

いて目合いごとに回帰分析を行った。また、ネット採集時の濾水量に影響を及ぼす要因を明らかにするために、波高と海面クロロフィル *a* 濃度を説明変数とする一般化線形モデル (GLM) を作成した。カイアシ類の個体群構造解析にあたっては、ほとんど採集できなかった *M. lucens* は除き、定量採集できた発育段階の個体数のみを用いた。まず、種、雌雄、発育段階ごとの個体数について昼夜間の差を Mann-Whitney U test で検定した。次に大型カイアシ類 5 種それぞれについて、雌雄、発育段階別の個体数 (ind. m⁻³) をもとに、Bray-Curtis 類似度を用いたクラスター解析を行った。また、水塊と昼夜による個体群への影響を見るために、種毎の類似度マトリックスと水塊および昼夜を説明変数とした PERMANOVA を行った。さらに、各種のグループ区分に寄与する環境変数 (緯度、経度、採集日、水柱平均水温、水柱平均塩分、TSM) を、DistLM (distance based linear modelling) および冗長性分析 (dbRDA: redundancy analysis) で解析した。

目合い 100 μm、150 μm、335 μm のネットの濾過効率は 0.708–1.265 であったが、目合い 63 μm のネットでは 0.490–0.875 と明らかに低く、63 μm ネットでは定量的な試料採集ができていなかったと考えられる。また、目合い 150 μm 以下において沈殿量が多くなるほど、かつ海面クロロフィル *a* 濃度が高くなるほど、濾過効率が低下する傾向があったことから、目合い 150 μm 以下では植物プランクトンの目詰まりによって濾過効率が低下したと考えられる。一方、全目合いで波高が高いほど濾過効率が上昇する傾向があったことから、船の動揺による過剰曳網により濾過効率が過大評価していたと考えられる。本研究では、波高 2.4 m を超えると目合い 100–335 μm の濾過効率が 100% を必ず超えていたため、この波高以上の場合は過剰曳網を考慮すべきである。また、本研究における濾過効率から判断すると、動物プランクトンの採集には 100 μm 以上の目合いが適切であると考えられる。

335 μm のネットで採集された大型カイアシ類は、Prosoma width を基準に *C. acutus*、*C. propinquus* は C3 以上、*M. gerlachei* は C4 以上、*M. lucens* は C5 以上 (C5 は雌のみ)、*P. antarctica* は C2 以上、*R. gigas* は C1 以上の発育段階が定量採集できていると判断した。クラスター解析の結果 3 グループに分かれた *C. acutus* は、調査期間中に個体群が成長し、一部が休眠を開始していたことが示唆された。2 グループに分かれた *C. propinquus* は、低水温海域に多く分布していたが、個体レベルでの生活史の差があるため、個体群構造の変動が検出しづらいことが伺えた。冷水性種である *M. gerlachei* と *P. antarctica* は ASF 以南の低水温海域で多く出現していたが、本研究の曳網水深が深すぎたため、日周鉛直移動を捉えられなかった。*R. gigas* については、低緯度、高水温の海域で多く出現した。4 つのクラスターグループに分かれた本種は、初期発育段階から定量採集できていたために、活発な再生産も示唆された。このように、本研究で用いた目合い 335 μm のネットは、*R. gigas* を除く南極海東インド洋区の主要カイアシ類の個体群構造を把握するには大きすぎると言え、本海域で重要であるカイアシ類のより正確な個体群動態を知るためにも、今後の調査ではより小さな目合いのネットを使用することが推奨される。

前田百合香