

## 夏季の南極海インド洋区におけるマクロ動物プランクトン群集の時空間変動と 海氷融解時期の影響

動物プランクトンは、食物連鎖の始点に近く世代交代の回転率が高いため、その群集構造は海洋環境の変化に対して素早く応答する。南極海は、地球温暖化をはじめとする環境変動の影響が最も早くかつ顕著に表れる海域として知られる。そのため、当該海域における動物プランクトンの群集構造は特に迅速かつ大きく変化することが予想され、環境変動と海洋生態系との関係性を評価する際の指標になると考えられている。南極海に生息するオキアミ類の *Euphausia superba* は、その高い生物量と高次捕食者の餌生物としての重要性から、南極海生態系の鍵種として位置づけられている。一方、大型カイアシ類やオキアミ類の *Thysanoessa macrura* は、広い分布域と環境適応能力の高さから、今後生態系内での重要性が高まることが示唆されている。しかし、南極海におけるマクロ動物プランクトンに関する研究は *E. superba* を対象としたものが多く、その他のオキアミ類や大型カイアシ類などを含む群集構造に関する知見は乏しいのが現状である。代表的な先行研究として、Baseline Research on Oceanography, Krill and the Environment (BROKE) プロジェクトの下、1996年夏季の南極海インド洋区におけるマクロ動物プランクトン群集の時空間変動が報告されている。しかし、環境変動が進行した近年における当該海域のマクロ動物プランクトン群集がどのように変化しているかは不明である。そこで本研究では、2018/19年に実施されたKY1804航海と1996年のBROKE航海のマクロ動物プランクトン群集を比較し、夏季の南極海インド洋区におけるマクロ動物プランクトン群集の時間的変動を明らかにするとともに、海氷衰退によるマクロ動物プランクトン群集への影響を評価した。

動物プランクトン試料は、1996年1月30日-4月4日のAustralia Antarctic DivisionのR/V Aurora AustralisによるBROKE航海(BR)および2018年12月-2019年2月の水産庁漁業調査船「開洋丸」によるKY1804航海(KY)にて、RMT8(開口面積8 m<sup>2</sup>、目合い4.5 mm)を用いた水深0-200 mの斜行曳きによって得た。試料採集後、10%中性ホルマリン海水を用いて固定した。各観測点において、BRではCTDによって、KYではXCTDによって水温および塩分を測定した。海面クロロフィル *a* 濃度は、BRでは採水試料の分析によって、KYでは衛星データを用いて取得した。また、Arctic Data archive Systemから取得したデータに基づき、海氷密接度が15%を下回った最後の日を海氷融解日、海氷融解日から観測日までをTSM (Time Since sea-ice Melt) と定義し算出した。KYでの動物プランクトン試料は、オキアミ類とサルパ類については船上にて種毎に計数および湿重量測定を行い、その他の分類群については陸上実験室に持ち帰った。陸上実験室では、元田式分割器を用いて適宜分割を行い、ライトテーブル上にて分類群毎にソート・計数した。その後、電子天秤を用いて0.01gの精度で分類群ごとの湿重量を測定した。また、カイアシ類、端脚類および翼足類については湿重量測定後に実体顕微鏡下で種同定を行い、種毎に計数した。群集のグループ区分にはクラスター解析を用いた。種毎(ヤムシ類、クラゲ類、多毛類、尾虫類は分類群

毎) の出現個体数に基づいて Bray-Curtis index により類似度マトリックスを作成し、得られた類似度によって平均連結法でデンドログラムを作成した。その後任意の類似度で区切ることによりグループ区分を行なった。各グループを特徴付ける種は One-way ANOVA と Tukey-Kramer 解析によって定義した。また、出現個体数に関連する環境パラメータとその度合いを Best-bioenv によって解析した。

航海毎に総出現個体数を平均すると、BR では 236.89 ind. 1000 m<sup>-3</sup>、KY では 333.34 ind. 1000 m<sup>-3</sup> であった。BR と KY を比較すると、サルパ類は KY で著しく少なかったが、その他の分類群は KY で多かった。クラスター解析の結果、A-E の 6 つの主要なグループに分けられた。BR では、グループ A が広範囲に優占し、南東部にグループ D、北東部にグループ E、沿岸部にグループ F がみられた。一方 KY では、西部はグループ B が優占し、東部は沖合にグループ C があり、BR と同様に、南下するにつれてグループ D、F が分布した。

BR と KY のマクロ動物プランクトン群集を比較すると、外洋域において大きく時空間変動していた。BR 全体に分布したグループ A では、有意な特徴種はみられなかったが、KY との海洋環境の違いがみられた。KY における海氷融解日は、BR よりも 1-2 ヶ月早く、海面クロロフィル a 濃度は BR では西部で、KY では東部で高くなっていた。これらのことから、BR 西部ではアイスエッジブルームが、KY 東部ではオープンウォーターブルームが発生していたと考えられる。グループ B は、オキアミ類の *T. macrura* や一部の翼足類、クラゲ類、尾虫類が特徴種であった。*T. macrura* は、雑食性であり、比較的産卵期が早く海氷に依存しない生活史を持つことで知られる。そのため、海氷融解が早かった KY において、環境にいち早く適応することで優占していたと考えられる。グループ C では、カイアシ類の *Rhincalanus gigas*、端脚類の *Themisto gaudichaudii* およびヤムシ類が有意に多く出現した。*R. gigas* は、植食性種であり、夏季表層にて植物プランクトンブルームを利用して産卵を行う。そのため、ブルームを利用した活発な再生産によって増加していたと考えられる。*T. gaudichaudii* は、日和見的な捕食を行う肉食性種であり、海面クロロフィル a 濃度および水温の上昇と、これに伴う動物プランクトンの増加に起因して優占したと考えられる。

一方、沿岸群集は両航海で類似した分布を示した。グループ D では、サルパ類の *Salpa thompsoni* が優占した。本種は、早期の海氷融解と北部からの暖水塊の流入による SACCF および SB の沿岸寄りの分布によって個体数の増加を示したと考えられる。さらに、KY におけるオープンウォーターブルームの発生は本種の増加を一部制限すると示唆された。グループ E では、オキアミ類の *Euphausia crystallorophias* が特徴種となっていた。本種はその分布から、冷水塊が存在し比較的長期間海氷に覆われる海域に適応していると考えられる。

本研究により、海氷融解時期の早期化によって植物プランクトンブルーム時期が遅延し、結果的に海氷との関連が弱い大型カイアシ類や端脚類がマクロ動物プランクトン群集に優占することが示された。今後、さらに環境変動が進行する場合、生態系内におけるこれらの種の重要性は高まると考えられる。