

## 噴火湾における動物プランクトン群集の分類群組成およびサイズ組成の季節変化

動物プランクトンのサイズ組成は、魚類の成長率や死亡率に影響を与え、生物ポンプによる表層から深層への物質輸送量にも影響を及ぼすことから、水産学および海洋学上のいずれの視点においても重要である。動物プランクトンのサイズ組成を評価する際に用いられる Normalized Biomass Size Spectra (NBSS) は、海洋生態系構造や高次生物への物質輸送状態を評価する指標である。北海道南西部に位置する噴火湾は、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あり、季節によって異なる 2 つの水塊が流入し、物理海洋学的な環境変動が大きいことが知られている。これら季節的に異なる物理海洋環境変化を受けて、動物プランクトン群集にも大きな季節変化があることが知られているが、そのサイズ組成に関する知見は無いのが現状である。また近年、地球温暖化に起因すると考えられる水温上昇が進行しており、1970 年代に定められた水塊区分では該当する水塊が存在せず、新たな基準での水塊区分が必要となっている。このような温暖化は海洋生態系に影響を及ぼすことが予想されるが、どのような変化が起こっているかに関する知見が乏しい。以上を踏まえ、本研究は噴火湾湾央部の 1 定点において周年にわたり時系列採集された動物プランクトン試料について、ZooScan による解析を行い、動物プランクトンサイズ組成から NBSS を求め、その季節変化を明らかにし、地球温暖化による水温上昇の影響を明らかにすることを目的として行った。

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、噴火湾湾央部に位置する St. 30 にて、口径 45 cm、目合い 100  $\mu\text{m}$  の 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昼間に行った。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、採集と同時に水温と塩分を CTD にて測定した。水温塩分データに基づき T-S ダイアグラムを作成し、Ooki et al. (2019) を参考に水塊区分を行った。陸上実験室にて動物プランクトン試料は、ZooScan による測定を行った。得られた画像はウェブサイト Ecotaxa にアップロードし、ウェブ上で半自動的に各分類群の同定を行った。動物プランクトン群集構造の季節変化を明らかにするために、全 21 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。また動物プランクトンバイオボリュームに基づく NBSS を各採集日毎に求めた。

全調査期間を通して水温は 2.1–20.5°C の範囲にあり、12–3 月には鉛直的に一様で、4 月以降は表面から水温上昇が起こり、8–10 月には水温躍層が発達していた。塩分は 30.0–34.1 の範囲にあり、12–2 月にかけては鉛直的に一様であった。本研究の調査期間のうち、2018 年 12 月には津軽暖流水、2019 年 1 月にはその冷却過程、2 月には冬期噴火湾水、3–4 月には親潮水、5 月にはその昇温過程、6–8 月には夏期噴火湾水、9–10 月には 2 つの水塊の混合過程、12 月には再び津軽暖流水が見られた。動物プランクトン出現個体数は 255–3,467 ind.  $\text{m}^{-3}$  の範囲にあり、4 月に多かった。バイオボリュームは 12–2,034  $\text{mm}^3 \text{m}^{-3}$  の範囲にあり、特に 4 月に高かった。出現個体数とバイオボリュームとも、大型種以外のカイアシ類が最

も優占していたが、二番目に優占する分類群は季節により異なり、12-2月には *Neocalanus* spp.、4月には尾虫類、9月と12月には夜光虫が優占していた。

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4つのクラスター (A-D) に分けられた。群集 A は 8-1 月に見られ、群集 C は 12-2 月、群集 D は 4-6 月において見られた。群集 A には端脚類、タリア綱、夜光虫が多く、群集 D には亜寒帯性大型カイアシ類と多毛類が、この群集にのみ出現していた。各群集間で出現個体数に差のあった種、分類群は 2 つあり、大型カイアシ類の *Eucalanus bungii* は群集 D、夜光虫は群集 A において有意に多く出現していた。全 21 試料のうち、19 試料には有意な負の傾きをもつ NBSS が観察された。NBSS の傾きは -0.989 から -0.321 の範囲にあり、1 月から 5 月初旬にかけて傾きが緩やかで、5 月中旬から 12 月にかけての傾きは急であった。

本研究にて、動物プランクトン出現個体数およびバイオボリューム共に 4 月にピークを示したことは、北海道近海の他海域における知見と、噴火湾における既報とよく一致している。これは春季植物プランクトンブルームを受けて、小型カイアシ類が再生産を行うと共に、*Neocalanus* 属など大型カイアシ類が成長を行うためである。クラスター解析により分けられた 4 つの動物プランクトン群集のうち、夜光虫の多く出現していた群集 A は津軽暖流水において見られた。一方、群集 C は冬期噴火湾水において見られた。これは、津軽暖流水が冷却され低温になった冬期噴火湾水中において、夜光虫が死滅したことによると解釈できる。これら暖流水に起源のある水塊では、動物プランクトン群集に水温変化に起因した季節変化が見られるのに対し、冷水性の親潮水と夏期噴火湾水では、いずれの水塊も冷水性大型カイアシ類の多い群集 D によって占められていた。このような噴火湾における動物プランクトン群集の季節変化は、よく知られており、暖水性の夜光虫が優占する群集が 9-12 月に見られるのが、近年の温暖化による変化として挙げる事が出来る。

本研究で示された噴火湾における NBSS の傾きは 1 月から 5 月初旬にかけては緩やかであり、5 月中旬から 12 月にかけての傾きは急であった。1 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唆している。噴火湾において 1 月から 5 月初旬に、春季植物プランクトン生産物を小型動物プランクトンによる仲介を経て高次生物に受け渡すエネルギー輸送経路としては、小型カイアシ類の再生産によるノープリウス幼生を、スケトウダラの仔魚が摂餌する経路がよく知られている。また前述の尾虫類 *Oikopleura labradoriensis* を異体類仔魚が摂餌するのも、生産物を高次生物に受け渡す重要な経路であると考えられる。一方、5 月中旬から 12 月に NBSS が急な傾きを示し、切片も低かったことは、小型種の量が減り、高次生物への転送効率が低かったことが考えられる。しかし、NBSS の傾きは同所的な季節変化でみると相対的に低いとはいえ、実際の傾きの値が -1 よりも緩やかであったことは、噴火湾における転送効率は、周年を通して一般的な海洋環境に比べて高いことを示唆している。

寺岡拓未