

日本周辺海域における表層から深海に及ぶネット動物プランクトンの群集構造と サイズ組成に関する研究：ZooScan による解析

海洋における動物プランクトンのサイズや分類群に関する情報は、捕食者である魚類の成長率や生存率に影響を及ぼすことから、水産学上重要であるだけでなく、糞粒排泄や日周鉛直移動による鉛直的な物質輸送量を左右するため、海洋学上においても重要である。動物プランクトンの分類群とサイズ測定は、従来の顕微鏡解析では多大な労力と時間を要するが、近年その 2 パラメーターを同時に取得できる画像イメージング機器 (ZooScan) が普及している。動物プランクトンのサイズ組成指標として Normalized Biomass Size Spectra (NBSS) とサイズ多様性がある。ZooScan を用いた動物プランクトンの NBSS とサイズ多様性を扱った研究は、同所的な季節変化や、海洋表層を対象とした水平分布に関するものが多く、鉛直的な変化を明らかにした研究例は乏しい。本研究は、日本近海の北太平洋亜寒帯域、移行領域、亜熱帯域、また縁辺海のオホーツク海、日本海および東シナ海の合計 7 定点において同一の方法で最大水深 3000 m まで鉛直区分採集したプランクトン試料について ZooScan 測定を行い、動物プランクトン出現個体数、バイオボリューム、群集構造、サイズ組成および NBSS を明らかにし、地理的および鉛直的な変化パターンを明らかにし、その規制要因について考察を行ったものである。

2011 年 6 月 11 日–8 月 2 日と 2014 年 6 月 10 日–15 日に、オホーツク海 (OK)、日本海 (JS1, JS2)、東シナ海 (ECS)、北太平洋亜寒帯域 (SA)、移行領域 (TR)、亜熱帯域 (ST) に設けた 7 定点において、口部面積 0.25 m^2 、目合い $63 \mu\text{m}$ の VMPS による、最大水深 3000 m までの鉛直区分採集を行い、採集試料を 5% 中性ホルマリン海水で固定した。採集と同時に CTD にて、水温、塩分、溶存酸素データを取得した。陸上実験室にて動物プランクトン副試料について、ZooScan による画像データ取得を行った。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。出現個体数とバイオボリュームの海域、水深による変化を明らかにするために両対数式による水深との回帰分析を行い、これら回帰式におよぼす水深と海域差の影響を ANCOVA により評価した。全 69 試料の動物プランクトン出現個体数データに基づくクラスター解析により、動物プランクトン群集を分けて、各群集の水平・鉛直分布を明らかにした。各試料の動物プランクトンバイオボリュームに基づく NBSS とサイズ多様性を求めた。NBSS の傾きと切片、サイズ多様性に及ぼす環境要因 (水深、水温および塩分) の影響は一般化加法モデル (GAM) により解析した。

全定点を通して水温は -1.2 – 29.4°C の範囲にあり、OK と SA の水深 75–100 m には中冷水が、JS1 と JS2 の水深 300 m 以深には水温 1°C 以下の極めて低温な日本海固有水が見られた。動物プランクトン出現個体数は全ての海域において表層で多く、深度が増すにつれて減少しており、どの海域・水深でも Calanoida が 30% 程度を占めていた。バイオボリュームは海域による差が大きく、深度増加に伴う変化は一様では無く、夜間に採集を行った定点では Euphausiacea が深い水深で高い値を示し、OK と SA の中冷水では極端に低い値が見られた。両対数式による回帰では、出現個体数による回帰式の傾き (-1.41 – -1.52) に比べて、バイオボリュームに関する傾きは緩やかで (-1.10 – -1.32)、回帰式の当てはまりも低かった。ANCOVA により、出現個体数とバイオボリュームに影

響を及ぼす要因が大きく異なる事が示され、出現個体数には水深のみが有意な関係を持ち、バイオボリュームには定点の差のみが有意な影響を及ぼしていた。中冷水にて動物プランクトンバイオボリュームが急激に少なくなることは既報の知見とよく一致していた。定点によりバイオボリュームが異なることは、表層で高い定点は深海でも高いという、生物生産の始点が海洋表層にあり、その量的な差が深海まで保持されていることの影響であると考えられた。夜間に採集を行った定点で Euphausiacea が高い値を示すのは、日周鉛直移動の影響であると考えられた。

動物プランクトン出現個体数に基づくクラスター解析により、動物プランクトン群集は 8 つ (A–H) に区分された。各群集はそれぞれ連続した海域や水深において観察されていた。各定点における群集の出現は、亜寒帯域の定点 (St. OK, JS1, JS2, SA) と、移行領域と亜熱帯域の定点 (ECS, TR, ST) に大きく 2 分されていた。亜寒帯域の定点では、まず表層 0–50 m に群集 G が見られ、その下の水深 50–500 m には群集 C があり、水深 500 m 以深には群集 A が見られた。海域による違いも見られ、日本海の水深 500 m 以深には、群集 D が見られ、この群集は他の海域には見られなかった。これは水塊では日本海固有水に対応する水深であった。一方、移行領域と亜熱帯域では、まず群集 E と F が表層 0–300 m に見られ、その下の水深 200–500 m には群集 B が見られ、水深 500 m 以深では、群集 A と H が見られた。日本海固有水で見られた群集 D は、Phaeodaria と Ostracoda が多いことにより特徴づけられ、これは生物相が大きく異なるこの水塊の特徴であると考えられた。

動物プランクトンバイオボリュームに基づく、NBSS の傾きと切片、サイズ多様性の 3 パラメーターは、いずれも全ての海域において水深 150–500 m を境に大きく変化しており、それ以浅では NBSS の傾きは急で、切片は高く、サイズ多様性は低いのに対し、それ以深では NBSS の傾きは緩やかで、切片は低く、サイズ多様性は高かった。GAM 解析により、NBSS の傾きに有意な関係を持っていたのは水温で、低水温では傾きは緩やかで、高水温では傾きは急であった。低水温環境下で傾きが緩やかになるのは、体内に油球をためる大型カイアシ類が優占するためであると考えられる。NBSS の切片には、水深と塩分が有意な関係を持っており、いずれも負の関係であった。NBSS の切片は一次生産量の反映とされ、エネルギーの始点である、光合成の行われる水深の浅い表層で NBSS の切片は高くなると考えられる。また NBSS の切片は、動物プランクトンバイオボリュームが深度増加に伴い減少することの反映として、深海では低くなると考えられる。NBSS の切片と塩分について見ると、塩分は、いずれの定点においても深海ほど高く、高塩分にて NBSS の切片が低くなるのは、深海ほどバイオボリュームが低いことの反映といえる。サイズ多様性には水深のみが強い負の関係を持っており、表層にて低く、深海にて高くなっていた。サイズ多様性は、小型から大型な動物プランクトンまで幅広く出現する深海において高くなっていたものと解釈することが出来る。

このように本研究により示された結果は、扱うサイズ範囲が狭いことに注意を要するが、NBSS とサイズ多様性は、動物プランクトン群集の水平および鉛直変化を反映したものであると考えられた。