

修士論文内容の要旨

ふりがな	ほそだ ななみ	
氏名	細田 七海	
専攻名	海洋生物資源科学専攻	
入学年度	令和4年4月	
指導教員名	主査 今村 央 教授	副査 山口 篤 准教授 副査 松野孝平 助教
論文題目	チャクチ海北東部における低現存量動物プランクトン群集の形成過程と高次生物への影響に関する研究	
<p>動物プランクトンは世代時間が短いため、その個体群構造や分布域は、水温や海流の変化を反映し、環境変動の指標となる。また高次と低次の栄養段階をつなぐ重要な仲介者である。捕食者と被食者のサイズ比は、栄養段階を反映するため、二次生産者である動物プランクトンサイズ組成は、海洋生態系構造の評価に有用である。サイズ組成を用いた解析手法として、NBSS (Normalized Biomass Size Spectra) 解析があり、生態系内の転送効率を評価可能である。近年、太平洋側北極海では、大気温暖化や温暖な太平洋水の流入等による、海氷面積減少や開放水面期間長期化が報告されており、このような環境変動による海洋生態系への影響が懸念されている。動物プランクトンに関しては、南部チャクチ海において多くの知見があり、太平洋水流入量の変化により、個体数の増加、分布域の移行、大型種の減少が報告されている。一方、チャクチ海北東部では、低バイオマス群集が存在することが、長期観測で確認されているが、その形成要因や高次生物への影響は不明な点が多い。本研究では、チャクチ海北東部において2008–2021年に採集された動物プランクトン試料を顕微鏡およびZooScanにより分析し、その群集組成とサイズ組成から、チャクチ海北東部における低現存量動物プランクトン群集形成のメカニズムと高次生物への影響を明らかにすることを目的として行った。</p> <p>2008年8–10月、2010年9月、2012年9–10月、2013年9–10月、2015年9月、2016年9月、2017年8–9月、2021年9月に、太平洋側北極海 70–73°N、160–169°W の計47観測点において、海洋研究開発機構海洋地球研究船「みらい」により調査を行った。動物プランクトン試料は、NORPAC ネット (口径45 cm、目合い335 μm) を海底直上5 m から海面までの鉛直曳きにより得た後、5%中性ホルマリン海水中に保存した。CTDにより水温、塩分を測定した。各観測点の採水試料を用い、全クロロフィル <i>a</i> 濃度を10-AU 蛍光光度計にて測定した。海氷融解日はAMSR-2 (JAXA 地球観測研究センター) から得た。海氷融解日から調査日までの日数を Time since sea-ice melt (TSM) と定義した。実体顕微鏡下で動物プランクトン分類群/種毎に同定計数した。さらに、画像解析装置 ZooScan による動物プランクトンサイズ組成分析も行った。スキャンにより得られた画像から等価粒径 (ESD) を算出し、バイオボリュームを得た。各観測点の水温と塩分から T-S ダイアグラムを作成し、各観測点における水塊の厚みを算出した。顕微鏡分析で得た動物プランクトン個体数データを基に、Bray-Curtis 類似度を使用したクラスター解析を行った。IndVal の算出および SIMPER 解析を行い、各群集における特徴種を特定した。動物プランクトン類似度マトリックスと水塊及び海水データとの関係は、DistLM および冗長性解析により評価した。ZooScan によって得られたサイズデータを基に、NBSS 解析及び、バイオマスと生産量を算出した。水理環境、動物プランクトン個体数、NBSS パラメーターに関するクラ</p>		

スター群間比較には、Max-*t* 検定を用いた。

クラスター解析の結果、動物プランクトン群集は A-E の 5 つのグループに分かれた。このうち群集 D、E はほとんどの年で出現したため、秋季のチャクチ海北東部における通常群集と考えられた。これら通常群集は、他の群集と比べて、海氷融解が遅い地点で出現した。通常群集の平均個体数は 14,782 ind. m⁻² であり、調査時期の差を考慮したとしても、既報の陸棚域全体の個体数より約 35% 少ない結果であった。従って、チャクチ海北東部は、太平洋側北極海陸棚域の中で、動物プランクトンの現存量が特に低い海域であると考えられる。当該海域において、太平洋産カイアシ類は、ベーリング海峡から流入する Bering Summer Water (BSW) に伴い移入する。通常群集 D、E における太平洋産カイアシ類の個体数はチャクチ海南部の先行研究よりも少なかった。チャクチ海北東部には、浅海域が含まれ、物理的に太平洋水が流入しにくいという知見より、当該海域で BSW 流入の影響が弱い可能性が考えられる。また、夏季のチャクチ海陸棚域では、一時性プランクトンの大量発生はよく観察されており、太平洋水の 1 つである Alaskan Coastal Water (ACW) には、一時性プランクトンが多く出現しやすい。本研究の群集 D、E では ACW に相当する水塊はあまり見られず、一時性プランクトンの個体数も、過去の知見よりも少なかった。従って、一時性プランクトンを多く含む太平洋水の流入が少ないことも、低現存量群集形成の一因として考えられる。さらに、大型カイアシ類である *Calanus glacialis/marshallae* は、チャクチ海陸棚域において太平洋水流入に伴う移入種であり、現存量の増加に寄与する。しかし、本研究ではチャクチ海の過去の知見よりも個体数が少なかった。以上より、チャクチ海北東部では、多くの動物プランクトンを含む太平洋水の流入の影響が比較的弱いために、低現存量であったと考えられる。

低現存量の通常群集 D と E 間の差に注目すると、群集 D は、E よりも個体数が少なかった。これは、群集 D のクロロフィル *a* 濃度が他の群集よりも有意に低かったことに起因すると考えられる。個体数が多かった群集 E は、栄養塩に富む Winter Water (WW) により一次生産量が増加し、*Pseudocalanus* 属やフジツボ幼生、尾虫類が増加したと考えられる。NBSS 解析の結果、群集 D には *C. glacialis/marshallae* の C3、C4 の発育段階に相当するサイズレンジでギャップがあり、これは群集 E では見られなかった。群集 D では冷たい WW が見られず、比較的温暖であったため、*C. glacialis/marshallae* の成長が早まり、C3 と C4 の個体が C5 まで成長したと考えられる。また、群集 E は NBSS の傾きが急で、エネルギー転送効率が低く、バイオマスも低いいため、高次生物にとって不適切な餌環境であったと考えられる。一方、群集 D は NBSS の傾きが緩やかで、高エネルギー転送効率だが、サイズ組成のギャップを考慮すると、高次生物にとって必ずしも良い餌環境であったとはいえない。

海氷融解が早かった地点では、例外群集 A、B、C が確認された。群集 A では、棘皮動物が総個体数の約 96.9% を占めた。一般的に棘皮動物が豊富に存在する ACW に該当する水塊が存在しなかったため、移流による増加ではなく、局所的な再生産のピークを捉えたと考えられる。主に 2010 年に出現した群集 B は、現存量が最大であった。太平洋産カイアシ類が多く出現したことから、太平洋水流入の影響を強く受けていたと考えられる。加えて *C. glacialis/marshallae* の初期発育段階が多かったことから、再生産も活発であったことが示唆された。NBSS の傾きは急で、高バイオマスであった。これはトップダウンコントロールの結果と考えられ、高次生物にとって好適環境であったと考えられる。群集 C は、温暖な太平洋水で形成され、他の群集で一定数以上出現した一時性プランクトンがほとんど出現せず、個体数は最小だった。しかし、*C. glacialis/marshallae* の C5 個体やヤムシ類などの大型動物プランクトンは多く出現し、バイオマスは群集 B に次いで高かった。さらに、NBSS の傾きが最も緩やかであったため、高エネルギー転送効率で、良い餌環境であったことが示唆された。

チャクチ海北東部において、動物プランクトン群集は、海氷融解、太平洋水の流入、水塊、再生産等の様々な要因により変化することがわかった。今後、太平洋水の流入が増加し、海氷融解の早期化が進行すれば、形成される群集は、バイオマスが低い群集 D、E から、バイオマスの高い群集 B、C に移行することが示唆された。この変化は高次捕食者にとっては餌環境の向上につながり、海洋生態系全体のバイオマス増加にも寄与すると考えられる。