

## 論文の内容の要旨(和訳)

論文題目「Ecological studies on marine cladocerans in Suruga Bay, Japan: mass occurrence in offshore waters, formation mechanisms, and roles in the offshore food-web」

(駿河湾における海産枝角類の生態学的研究:  
沖合域における大量出現とその形成メカニズムおよび食物網における役割)

学位申請者 剣持 瑛行

キーワード:海産枝角類 駿河湾 粒子追跡実験 安定同位体比 メタバーコーディング

海産枝角類は一般に「ミジンコ」と呼ばれる体長 1 mm 程度の小型の甲殻類である。600 種を超える高い種多様性をもつ淡水種に対して、海産種は 8 種のみが報告されている。海産枝角類の生態に関する研究は沿岸域を中心に行われてきており、沖合域における分布や個体群動態、食性などの知見は限られている。本研究は、5 年間にわたる調査により、駿河湾沖合域における枝角類の個体群動態を明らかにした(第 1 章)。また、物理モデルを用いた粒子追跡実験と、駿河湾沿岸・沖合における調査を組み合わせることにより、沖合に周期的に形成される枝角類群集の個体群形成メカニズムを解明した(第 2 章)。さらに、沖合食物網における枝角類の位置や役割を解明するため、安定同位体比分析による食物網解析と枝角類の消化管内容物のメタバーコーディングによる食性解析を行った(第 3 章)。本研究で得られた知見に基づき、駿河湾沖合域における枝角類の種多様性や摂餌インパクト、二次生産などについて議論した(第 4 章)。

個体群動態を調べた調査は、沖合域の定点 SR1(水深 1000 m)において、2014 年 6 月から 2019 年 12 月にかけて基本的に毎月行った。プランクトンネット(口径 160 cm, 目合 335  $\mu\text{m}$ )を用いて動物プランクトンの採集を行い、得られた試料は中性ホルマリン海水で固定し、実体顕微鏡を用いて各種の個体数密度(inds.  $\text{m}^{-3}$ )を算出した。調査期間中、枝角類はすべての年で春期から夏期にかけて高い個体数密度で出現し、夏期の沖合メソ動物プランクトン群集において優占した。このことから、枝角類は同湾沖合域において定常的に季節的な大量出現をすることが明らかとなった。また、これまでに日本近海で報告されている 7 種全てが出現し、*Evadne nordmanni*, *Penilia avlostris*, *Pseudevadne tergestina* が比較的高い個体数密度で出現した。その一方で、*Podon leuckartii*, *Pleopis polyphemoides* の出現は極めて稀であった。枝角類の個体群は、海底に堆積した休眠卵に由来することから、沖合の個体群は沿岸域から供給されていると推測された。

このような沖合域における枝角類の定常的な大量発生のメカニズムを明らかにするために、2018 年 4 月から 2019 年 3 月にかけて沿岸域および沖合域各 2 地点において調査を行った。ネット(口径 45 cm, 目合 100  $\mu\text{m}$ )を用いたプランクトン採集を行い、各種の個体数密度を推定した。さらに、

粒子追跡実験により、枝角類の沿岸から沖合への輸送過程を推定した。実験は、Regional Ocean Modeling System を基盤とした物理モデルにより、2014 年–2017 年までの海況シミュレーションを実施し、得られた表層流動場の月平均値を用いた。駿河湾の沿岸域各所から枝角類に見立てた 106 個の粒子を放流し、各月 30 日間の粒子の挙動を解析した。沿岸域と沖合域における同時的な調査の結果、沿岸と沖合の個体群は類似した出現パターンを示したが、(1) 沖合域で稀であった 2 種 (*Po. leuckartii*, *Pl. polyphemoides*) は沿岸域では高密度 ( $> 100$  inds.  $m^{-3}$ ) で出現したこと、(2) *Pe. avirostris* の個体数密度は、沿岸域よりもむしろ沖合域で高い値を示したこと、など種による違いがみられた。粒子追跡実験の結果、3 月から 8 月にかけては沿岸域に配置された粒子は湾内で反時計回りに移動し、湾奥部沖合域に集積した。一方、それ以外の時期には、粒子は湾奥部に集積せず、湾外に流出した。このことから、春期から夏期にかけて卓越する駿河湾特有の循環流が、同湾沖合域における枝角類個体群の形成に寄与していることが示唆された。また、すべての種が沖合域に輸送・集積されるのではなく、各種の好適水温や塩分、餌生物などの生物学的要因が沖合個体群の形成に影響していると考えられた。

観察された枝角類の沖合個体群が沖合の食物網にどのような影響を与えているのか、安定同位体比解析および消化管内容物メタバーコーディング解析の 2 つの方法によって解明を試みた。2017 年から 2019 年にかけて沖合域において得られたプランクトン試料を用いて、枝角類 2 種 (*Pe. avirostris*, *Ps. tergestina*) を含む主要分類群の窒素 ( $\delta^{15}N$ ) および炭素安定同位体比 ( $\delta^{13}C$ ) を測定した。クラスター解析の結果、沖合の動物プランクトン群集は枝角類が出現する群集 A とカイアシ類が優占する群集 B に大別されたが、群集間における主要分類群の  $\delta^{15}N$  値および  $\delta^{13}C$  値には明瞭な差はみられなかった。枝角類優占 2 種 *Pe. avirostris* と *Ps. tergestina* の  $\delta^{15}N$  平均値は、それぞれ  $4.0 \pm 1.4\%$ 、 $5.8 \pm 1.3\%$  であり、調べた動物プランクトンにおいて最も低い栄養段階に位置すること、また前者の方が後者に比べて低い値を取り、2 種の栄養段階、食性が異なることが示唆された。さらに、優占 2 種の消化管内に含まれる餌生物の DNA を抽出、PCR 増幅し、次世代シーケンサーによるシーケンシングを行った (18S および 16S 領域)。得られた配列データに基づき、バイオインフォマティクスにより両種の餌生物組成や種による違いを調べた。18S 解析の結果、*Penilla* と *Pseudevadne* の餌組成 (真核生物) は類似しており、主として珪藻や渦鞭毛藻、放散虫を摂餌していることが示唆された。一方、原核生物を主対象とした 16S 解析では、プランクトマイセスやシアノバクテリアなどが *Penilla* の消化管からのみ検出され、種により食性が異なった。本種によるシアノバクテリアの摂餌により、微小プランクトンと高次捕食者とを直接繋ぐ役割をもつことが示唆された。

駿河湾沖合域における枝角類の個体群濾水速度や生産速度を推定したところ、カイアシ類と比べて低く、摂餌による影響やそれらによる二次生産は限定的であると推測された。一方、枝角類は様々な仔稚魚の消化管内から見つかっており、魚類にとって重要な初期餌料である可能性がある。地球規模の気候変動により予想されている海水温の上昇と黒潮の弱まりは、黒潮流域における動物プランクトン生産を弱め、駿河湾沖合域における枝角類の個体群形成に影響をもたらすかもしれない。