

Sullaway, G. H., C. Cunningham, D. G. Kimmel, J. M. Nielsen, D. Pilcher,

A. I. Pinchuk and P. J. Stabenro (2025)

Impacts of climate change on Bering Sea copepod phenology and reproductive strategy

Mar. Ecol. Prog. Ser., **755**: 45–61

ベーリング海のカイアシ類の季節性と再生産戦略に対する気候変動の影響

動物プランクトンは海洋食物連鎖の基盤を担う重要な餌資源であり、温暖な年には特に高緯度で産卵のタイミングや発育速度が早まることが示唆されている。東部ベーリング海 (EBS) は、春の顕著な植物プランクトンブルームによる高い生産性を有し、これを摂餌するカイアシ類は大型で脂質に富んでいることが知られている。EBS は気候変動の影響を強く受けており、動物プランクトンの個体群動態の変化が懸念される。しかし、カイアシ類の季節性の変化は水温だけでなく、風の動態など複数の環境要因の相互作用によって決まる可能性があり、その応答の理解は不十分である。また、温暖化による成長期間の長期化が、多回産卵の達成を可能にするか検証する必要がある。本研究は、発育段階組成の変化を季節性の応答とみなし、20 年間の *Calanus spp.* と *Neocalanus spp.* の発育段階組成データに基づき、気温と風の動態が季節性に与える影響、および多回産卵の可能性を評価することを目的とする。

実測データは NOAA アラスカ水産科学センターが、EBS で 2000 年から 2018 年にかけて春と秋に実施した調査データを使用した。動物プランクトン試料は、海底付近から海面までのボンゴネット斜行曳きにより採集された。曳網には、若齢期 (C2–C3) 用の目合い 153 μm と、高齢期 (C4–C6) 用の目合い 505 μm のネットを使い分け、分析は、安定して識別・計数されていた *Calanus spp.* と *Neocalanus spp.* に限定した。各曳網の平均生活段階を示す発育段階指数 (DSI) を、C2 から C6 までの各発育段階の個体数で重み付けして算出した。DSI はベータ分布に適合させるために 0–1 にスケーリングし、曳網ごとの総個体数を観測の重みとして一般化加法モデル (GAM) に組み込み、補正を行った。モデルには非線形の観測日 (DOY) 効果と線形の緯度効果を制御項とした。GAM を使用し、春季 DSI の年変動傾向と、積算温度 (CDD) および南西風頻度の複合的な影響を検証した。さらに、温暖な気候期間における *Calanus spp.* の多回産卵の可能性を検証するため、別の GAM 群を用いて、春の産卵時期の早期化、秋季の若齢個体 (C2–C3) 割合、および発育段階の多様性を分析した。最良モデルの選択は赤池情報量基準 (AIC) に基づき行った。

Calanus spp. と *Neocalanus spp.* の春季における個体群動態を示す DSI は、過去 20 年間の 3 つの気候期間 (温暖、寒冷、より温暖) で非線形な年間変化傾向を示した。この変化は水温だけではなく、水温と南西風頻度の相互作用によって最もよく説明された。具体的には、温暖で風が弱い年は、早期の成層とブルームの早期化が促され、産卵時期が早まった。一方、温暖で風が強い年は、水塊の混合とブルームの遅延により、産卵時期が遅くなった。さらに、初期の温暖な期間には、*Calanus spp.* が多回産卵戦略をとる証拠が見出された。しかし、この多回産卵の証拠は両方の温暖な期間を通じて一貫しては観測されなかった。これは、より温暖な期間では、深層水温がカイアシ類の至適水温を超えたことにより、熱ストレスによる死亡率が増加し、第二世代の発生が阻害された可能性が示唆された。本研究は、低次栄養段階の適応的な応答と、季節性の変化が生態系へ波及する影響を理解する必要性を強調する。

豊岡菜月

次回のゼミ (10 月 14 日 (火) 13:00–、504 室) は、金さん、日比野さん、森津さんの発表です。