

Trudnowska E., A. Bukhari, M. Gluchowska, M. Schultz, I. Smolina,

J. Stoń-Egiert, J. Świeżewski and K. Balazy (2025)

From Pixels to Patterns: Trait Plasticity and Species Overlap of *Calanus* spp. in Arctic Fjords

Ecology and Evolution, **15**, e71366

ピクセルからパターンへ：北極フィヨルドにおける *Calanus* 属の形質可塑性と種間重複

Calanus 属カイアシ類は、多様な生活史戦略と分布様式を持つため、北半球の海洋生態系における局所的な環境変化の影響を評価できる指標種として用いられている。形質 (trait) に基づくアプローチは、異なる生態系間の比較が可能であり、Hornsund フィヨルド内の異なる海洋環境区分に沿って、*Calanus* 属カイアシ類の生活史形質が明瞭に変化することが報告されている。しかし、これらの形質が水理環境の異なる隣接フィヨルド間でも変動するのかについては、知見が乏しい。本研究では、大西洋水の流入が場所によって異なるスバル諸島を対象とし、わずかに異なる環境下での *Calanus* 属カイアシ類の生活史形質を調査することで、変化が著しい北極の生態系における *Calanus* 属カイアシ類の応答を理解することを目的とした。具体的には、*Calanus* 属カイアシ類の主要な生活史形質：体サイズ、色素量、油球量、食性、寄生の有無、発育段階組成が、水理環境の異なる 4 つのフィヨルド間で変動すると仮定し、CV ステージにおける形質の変化を調査した。

調査は、2019 年夏に RV Oceania によって、スピッツベルゲン西部の 4 つのフィヨルド：Van Mijenfjorden (VM-iso, 7 月 29 日)、Hornsund (H-Ar, 8 月 2 日)、Isfjorden (I-AtAr, 8 月 5 日)、Kongsfjorden (K-At, 8 月 9 日) で行われた。目合い 180 μm の WP2 ネットを用いて、海底直上から海面までの鉛直曳き採集を 2 回行った。1 回目の採集試料はホルマリン固定をし、種レベルで発育段階ごとに計数した。2 回目の採集試料は *Calanus* 属の CV ステージのみを選別し、デジタルカメラで撮影をした後、エタノール固定をし、 -80°C で保存した。種同定の正確性を補完するために、InDel マーカーを用いた PCR 法に基づいて遺伝子解析を行った。撮影した画像から頭胸部長 (PL)、*Blastodinium* 寄生 (渦鞭毛藻類) の有無、油球の充填度 (頭胸部長の面積に対して油球が占める割合) を測定し、油球量は Vogedes et al. (2010) が示す評価式を用いて推定した。色素量は、画像から色コードを読み取り 4 段階に区分するとともに、HPLC を用いてアスタキサンチン濃度を定量することにより評価した。

遺伝子解析の結果、手動で *C. finmarchicus* と同定した個体には、小型の *C. glacialis* が含まれていたため、①標準的な *C. glacialis* (normative) ②小型 *C. glacialis* と *C. finmarchicus* の混合群 (mix) の 2 つに区分した。北極海由来の水塊が大きく影響を与えている H-Ar の mix 群では、油球の充填度が大きく、アスタキサンチン濃度は低かった。一方、北極海由来の水塊と大西洋水塊が混じり合う I-AtAr の mix 群では、アスタキサンチン濃度は高かった。さらに、フィヨルドの入口がほぼ閉鎖されている VM-iso の mix 群では、体サイズが小さく、油球の充填度やアスタキサンチン濃度は低かった。これらのことから、*Calanus* 属カイアシ類の生活史形質は、水理環境の異なる隣接フィヨルド間で変動しており、水塊の特性が形質の変動に影響することが示された。本研究で *C. glacialis* と同定された個体の 34% は、文献に基づく最小サイズ (2.9 mm) よりも小さかった。*C. glacialis* の小型化は、これまでも頻繁に報告されており、水温や餌条件が異なっている第二世代を反映している可能性がある。油球の充填度は、体サイズに依存しており、全体的に前年よりも低かった。これは、再生産時期と摂餌のタイミングがずれ餌を十分に利用できなかった可能性や *Blastodinium* 寄生体により飢餓状態に誘導された可能性が考えられる。

Calanus 属カイアシ類で観察された形質は、種間で顕著な差がありながらも重複している部分もあり、環境変化への適応力があることが示された。この結果、*C. glacialis* と *C. finmarchicus* の生態的・形態的区別はより曖昧になると考えられ、これら種の生活史戦略を理解するためには、個体群・世代・コホートレベルでの解析を形質に基づいたアプローチと組み合わせる必要がある。

日比野湧也