

論文の内容の要旨

水圏生物学 専攻
平成 11 年度博士課程 進学
氏名 松浦弘行
指導教官名 西田周平

論文題目 中・深層性カイアシ類 *Euaugaptilus* 属の多種共存機構に関する研究

動物プランクトンは局所的な多様性に富み、均一に見える環境下で多くの種類が共存しているが、競争排他の原理からすれば、この現象は矛盾する。一方、海洋の種多様性は表層で低く、中層で高くなり、深層で再度減少する。環境の変化に乏しい中層でいかにして種多様性の維持メカニズムが働いているかは未だ知見が少なく、明確な結論を得ていない。プランクトンの種組成は少数の優占種と多数の非優占種から構成され、種多様性の維持にはこれらの非優占種の存在が大きく関与していると思われるが、これらの種に着眼した研究例は少ない。

Euaugaptilus 属カイアシ類は世界の海洋の中・深層に生息する肉食性のグループである。この属は非常に多くの種(73 種)から構成され、主に深層部に低い密度で出現し、非常に多くの同属種が同所的に出現する特徴をもつ。また多くの種(58 種)は口器付属肢の第2下顎と顎脚に「button seta」と呼ばれる刺毛をもつことが知られ、これはカラヌス目でもこれらの種だけがもつ特殊な刺毛である。口器付属肢の形状はそのカイアシ類の食性を反映することが知られることから、*Euaugaptilus* 属は他のカイアシ類とは異なる摂餌戦略を行うことが示唆される。

本研究では、中層における多種共存機構を理解することを目的として、*Euaugaptilus* 属カイアシ類の生態学的調査を行った。まず各海域の分布の調査により(1)*Euaugaptilus* 属と他のカイアシ類の出現と個体数の比較、また(2)鉛直分布の季節変動と各成長段階の分布を明らかにすることを目的とし、また(3)スルー海の特異性と半隔離的環境が中・深層性種に及ぼす影響を論じた。次に(4)button seta の微細構造とその機能について調査し、また消化管内容物を観察することにより、摂餌生態を明らかにす

ることを目的とした。さらに(5)各種の系統関係を明らかにすることで種間関係を把握し、(6)*Euaugaptilus* 属の多種共存機構を明らかにすることを目的とした。

1. 東部インド洋における中・深層性カイアシ類の鉛直分布

東部インド洋ベンガル湾の2測点において深度0～2100 m間の6～8層で昼夜の層別採集を行い、中・深層性カイアシ類の鉛直分布と出現組成を明らかにした。両測点ともに表層で個体数密度は高く、深度と共に減少した。Stn. 11では表層はEuchaetidae科が卓越し、夜間はMetridinidae科とAetideidae科の割合が増加した。中層上部ではEucalanidae科が、中層下部にかけてはHeterorhabdidae科が多かった。Stn. 15では表層にPontellidae科、亜表層にEucalanidae科が卓越し、400 m以深ではLucicutiidae科が卓越した。2測点の組成の違いは、Stn. 15の表層の低塩分と酸素極小層の影響が示唆された。一方、Augaptilidae科は2測点ともに中層全域に10%前後(最大18.08%)で出現し、この科の全体に対する割合は低かった。

Euaugaptilus 属カイアシ類は27種が出現し、高い多様性を示した。これらの種の多く(約74%)は水深500m以深のみに分布した。最大密度は*E. magnus*の5.94個体/1000 m³であったが、多くの種類は0.5～1個体/1000 m³であり、他の主要な種に比べて非常に低い。このように*Euaugaptilus* 属は同所的に多くの種類が出現するが、分布密度はきわめて低いカイアシ類であることが示された。

2. 相模湾における *Euaugaptilus* 属の鉛直分布と季節変動

相模湾中央部において、深度0～1000 m間の14層で昼夜層別採集を2000年5、7月、および2001年3月に行い、*Euaugaptilus* 属の各成長段階の鉛直分布と季節変動を明らかにした。相模湾には年間で29種類が出現し、これらは中層中部で種数が多く、動物プランクトンの中層における多様性の高さを反映する結果となった。また5月と7月に比べ中層の多様性は3月が最も高かった。同様に*Euaugaptilus* 属の個体数密度は3月が2倍ほど高かった。中層上部に分布する*E. palumboi*が年間通じて優占し、3月には他の月よりも3倍近く密度が高いが、他の種は密度の変化は少なかった。コペポデイト期から成体までが年間通じて出現し、鉛直分布は季節的に変化することなく、また成長に伴う生息深度の明確な変化は認められず、年間ほぼ同じ深度範囲に生息していることが示唆された。採集深度間の類似度を求め、群集構造を比較した結果、採集月に関係なく亜表層(100～250 m)、中層上部(300～500 m)、中層下部(600～1000 m)の3つのクラスターが認められ、群集は季節的な変化よりも鉛直的に異なる組成を示すことが示唆された。また、日周鉛直移動の傾向が見られないことから、この種類は接餌や成長を含めた生活史全てを中層で行っていると考えられた。

3. スールー海とセレベス海における *Euaugaptilus* 属の鉛直分布

周辺海域から浅いシルにより隔離された半閉鎖的な環境をもち、中・深層の水温が約10℃と温かく均

質なスルー海において深度 0–1000 m 間の 16 層で昼夜層別採集を行い、また 1000 m 以深の採集結果を踏まえて、*Euaugaptilus* 属カイアシ類の種組成、鉛直分布を明らかにし、これに隣接するセレベス海との比較を行った。両海域共に *E. palumboi* が最も優占し、最大で 276.2 個体/1000 m³(セレベス海)、108.9 個体/1000 m³(スルー海)の密度で出現した。セレベス海では 29 種と多くの種が出現したが、スルー海では 8 種しか出現せず、固有種や未記載種は含まれていなかった。出現した種の多くはセレベス海では中層上部を中心に生息するが、スルー海では分布深度をより深い層に広げて分布していた。またスルー海において 1000 m 以深の採集からは上記の種以外に 7 種が出現し、これらの種はセレベス海では中層に分布している種類であり、スルー海では深層に分布域を移動していることが明らかになった。スルー海には出現しない他のカイアシ類が知られており、これらは 300 m 以深の中層に分布する種であり、水温約 10°C 以下に生息していた。これらのことから、スルー海では水温が中・深層で一樣に高いため、低水温の深層に出現した種は、スルー海では高水温のため排斥され、空いた空間ニッチを埋めるため中層種が深層にまで分布を広げたと考えられた。スルー海から出現した種の鉛直分布パターンは、中層上部・中層中部から下部・中層下部を中心に生息する種の 3 つに分かれた。均質な環境のスルー海で鉛直分布が種により異なったことから、水温などの物理環境の影響よりも、その他の要因、種間関係によって分布範囲が決まっている可能性が示唆された。

4. *Euaugaptilus* 属の口器付属肢の微細構造と食性

Euaugaptilus 属カイアシ類の口器付属肢を走査型および透過型電子顕微鏡(SEM/TEM)を用いて観察した。第2下顎と顎脚の刺毛には吸盤状の突起(button)が存在し、外部形態は同一種の第2下顎と顎脚の間では形態・配列に違いは認められなかったが、種間では対応する付属肢に違いが認められた。button をもたず櫛状の突起が並ぶ種、小型の突起が並ぶ種、button が並ぶ種の 3 つに大別でき、さらに button をもつ種は大型吸盤状、中型で薄いハート形状、小型円形状のグループに分けることができた。これらのことから *Euaugaptilus* 属は多様な形状の button あるいは突起を第2下顎と顎脚の刺毛にもつことが示された。button seta の内部構造は刺毛の本体と平板状の円盤、柄、これらを取り囲む外膜から構成された。また外膜の内側には空所が多く見られた。刺毛本体の内腔には神経細胞の樹状突起外節が存在したが、筋肉細胞は認められなかった。これらのことから円盤と柄の連結部、柄と刺毛本体の接触部は互いに受動的に動くことが示唆される。また刺毛内側の空所の存在によって、それぞれの可動範囲を広くする事ができる。button によって餌との接触面積を増やすとともに、各 button が動くことで円盤を餌表面に密着させ、さらに餌を捕獲する際の衝撃を緩和する機能があると考えられる。消化管内内容物の調査では、甲殻類のクチクラ片、刺毛、棘、上顎の歯が多く観察された。一部の種では刺胞動物の刺胞や不定形の組織が観察された。*Euaugaptilus* 属カイアシ類は肉食性で button seta を用いた特殊な摂餌生態をもつことが示唆された。

5. *Euaugaptilus* 属の系統解析

Euaugaptilus 属カイアシ類 34 種で各付属肢の形態から 83 の形質を用い、系統解析を行った。また体長と外部形態に変異の見られる *E. longimanus* の 4 タイプを解析に含み、外群には *Gaussia princeps* を用いた。擬似乱数による 200 回の逐次 OUT 付加を行う発見的探索法に基づき最節約樹を推定した。得られた樹形は階段状の分岐パターンを示した。変異の見られた *E. longimanus* はひとつのクレードに含まれ、他の種よりも類似した個体群であることが示唆された。各クレードは button の形状を反映したが、一部の種では収斂の結果であることが示唆された。また上顎歯の形状は分岐に対応していなかった。

6. *Euaugaptilus* 属の多種共存機構

スルー海中層には 8 種が共存し、各種の鉛直分布は、中層上部・中層中部から下部・中層下部の 3 つに分かれた。また、分布が重複する種間では体長の違いがあり、さらに button seta の有無、形状に違いがあった。異なる体長は利用できる餌のサイズの違いを、異なる摂餌器官の形状は対象となる餌のタイプが異なることが考えられる。このことから鉛直的な棲み分けによって、さらに同所的に分布する種においては餌ニッチの違いによって共存していることが推測される。セレベス海と相模湾では多くの種が出現し、より複雑な群集構造を示したが、類似した体長の種や近縁な種間では分布中心が異なり、また分布の重なる種間では button や上顎の歯の形状が異なり、また遠い系統関係をもつ種間であった。

以上、本研究により *Euaugaptilus* 属カイアシ類の種多様性、分布様式、摂餌生態、系統関係に関して多くの知見が得られた。中・深層に生息する本属カイアシ類は、同所的に 30 種程が低密度で分布し、季節変動の極めて小さいグループであることが示された。これらは鉛直的な棲み分けと餌資源の違いによりニッチ分割を可能とし、多種が共存していることが示唆された。今後、海洋の多種共存機構をより明確にするためには、消化管内容物や代謝活性、捕食者との関係等について、より詳細な種レベルの研究を集積することが重要である。