

学 位 論 文 題 名

北海道南西部恵山沖合い域における
中層性カイアシ類*Paraeuchaeta elongata*の生態学的研究

学位論文内容の要旨

これまで海洋動物プランクトンの研究は有用魚介類資源の餌生物としてその重要性が判明しており、採集や飼育が容易である沿岸・表層性種を主対象として行われてきた。一方、海洋における深層への有機物輸送における動物プランクトンの役割や、他の生物圏にはみられない海洋動物プランクトン群集に特有の多様性が近年注目されるようになり、中・深層に生息する動物プランクトンの研究の重要性が広く認識されつつある。しかし、外洋での採集であること、採集作業に時間を要すること、深海採集器具の制限、また出現密度が少なく解析に十分な標本を確保するのが難しいこと等の理由から海洋の中・深層性動物プランクトンの生態に関する知見は著しく乏しいのが現状である。

本研究の対象とした *Paraeuchaeta elongata* は北太平洋とその周辺海域に出現する外洋・中層性のカイアシ類である。本種は小型のカイアシ類を摂食する肉食者で、その捕食圧は他のカイアシ類群集に影響を与えることが知られているが、本種の北海道南西部海域における生態について全く知見がない。本研究は野外調査と室内実験の結果を総合して、同海域に生息している *P. elongata* の個体群構造、鉛直分布、生活史等の生態学的特性を明らかにすることを目的とした。

野外調査は北海道南西部に位置する恵山沖の1定点（42° 00′ N、141° 30′ E）で1994年11月から1996年11月にかけて行った。動物プランクトンはMTD 水平閉鎖ネットを用い、水深300mから表面までの12-16層で同時水平多層曳きによ

り採集した。採集と同時に水温、塩分、クロロフィル a (Chl. a) を測定した。採集試料から *P. elongata* を選別し、発育段階毎に計数した。成体については腹部に付着している卵および精夾を計数すると同時に、頭胸長および卵径を測定した。

恵山沖では表層の水温は6-12月にかけて10° C以上に達するが、1-5月は低く、鉛直混合により水柱の水温は比較的均一であった。水深200m以深では周年にわたり水温は2.6-4.0° Cの範囲であり変動は小さかった。塩分はこの海域の複雑な海洋構造を反映し、明確な季節性は確認できなかった。水温・塩分ダイアグラムにより、初夏から冬までは上層に津軽暖流水、下層には深層冷水が存在し、その後表層への親潮水の流入とともに鉛直混合が起こり、水温・塩分は上層から下層までほぼ均一になっていることが明らかとなった。Chl. a は表層では3-5月に植物プランクトンの春期ブルームと思われる4-31 $\mu\text{gC ml}^{-1}$ の増加が認められたが、その他の時期には1 $\mu\text{gC ml}^{-1}$ 以下であり、また150m以深では春期ブルーム期を除き常に0.1 $\mu\text{gC ml}^{-1}$ 以下であった。

P. elongata の個体数は夏期 (8-10月) に前期コペポダイト期 (C2-3期) が増加し、春期 (4-5月) に後期コペポダイト (C4-6期) が増加するパターンが1995年、1996年に繰り返し観察されたことから、当海域での *P. elongata* の1世代にかかる時間は約1年であると推察された。各コペポダイト期の個体数ピークの内、最も明瞭なピークを形成したC2期とC6期からC2-C6期の発育時間は約9ヶ月と推測された。

本種の鉛直分布はC4-C6期では季節変動があり、1年のほとんどを250m以深ですぐすが、春期 (4-5月) には150-200mまで分布した。これらの発育段階では雌雄による分布深度の違いは認められなかった。C1-C3期では分布深度は周年変わらず、C4-C6期に比べて若干浅くなっていた。

繁殖期について、C1期が周年出現したことは小規模な繁殖が周年行われていることを示唆するが、卵塊を付着垂下した雌成体は4-6月に出現し、この時期が繁

殖盛期と考えられた。精夾を付着した雌成体、その雌成体に付着した精夾数、および成体中の雄の割合の季節変化と繁殖盛期の間に関連はみられなかった。

野外試料解析からは解明できない初期発育および各発育期の発育時間を明らかにするため、2°、5° および10° Cで飼育実験を行った。なお、本種コペポダイト期の餌として小型の沿岸性カイアシ類を用いた。

P. elongata の卵の孵化率は2° Cで11.5-69.6%、5° Cで4.8-66.7%、10° Cで9.7-80.7%の範囲にあり、水温の影響はみられなかった。Burgisの方法で孵化時間を推測すると、2° Cで27.2日、5° Cで22.2日、10° Cで11.8日となった。この孵化時間はこれまで報告されている沿岸・表層性カイアシ類のものに比べて最も長く、本種の卵が大型であることが原因と考えられた。一般に生物反応速度 (D) と温度 (T) の関係は Bělehrádek 式 $D = (T - \alpha)^b$ で表され、これまで多くの沿岸・表層性カイアシ類で本式が有用であることが確認されている。*P. elongata* 卵の水温と孵化時間の関係も Bělehrádek 式によく適合し $D = 3156.8 (T + 11.28)^{-2.05}$ で表された。

また、ノープリウス・コペポダイト発育時間もそれぞれの発育段階で卵と同様に水温の上昇とともに短くなり Bělehrádek 式で表された。ステージ滞留時間はノープリウス期よりコペポダイト期で明らかに長く、発育段階の進行とともに延長した。また、本種の世代時間に占めるノープリウス期滞留時間の割合は、沿岸・表層性カイアシ類のそれに比べて短く、コペポダイト期滞留時間の割合は長くなった。飼育実験中、5° Cの水温で連続して3回にわたり卵塊を産み出した雌成体がいたことから、多回産卵が確認された。卵塊の平均卵数 (24.9個)、卵塊形成時間 (26日)、孵化時間 (22.2日) から3回産卵する雌成体は少なくとも145日以上生存し、この間に75個の卵を産み出すと推察された。

野外試料の解析によるC2期からC6期までの発育時間と、飼育実験による卵・ノープリウス・C1期の発育時間から恵山沖での *P. elongata* の世代時間は355日と推測された。一方、飼育実験によるデータのみから推測された世代時間は305

日であり、野外試料解析から得られた世代時間より若干短い。

本種の卵は大型で長い孵化時間を要し、この間捕食による死亡率が増大するため個体群維持に有利な繁殖方法とは思われない。しかし、視覚捕食者が少ない暗黒の中層では捕食による卵の死亡率が小さく、大型卵であるため摂餌開始ステージの体サイズは大きくなり、その結果摂餌能力を高めることから、餌の少ない中層では有利な繁殖方法と考えられる。また、本種はノープリウス期で摂餌を行わず、卵黄に由来する脂質を利用して短時間でコペポダイト期に達し、遊泳力の小さいノープリウス期での捕食死亡率を減少していると思われる。そして、コペポダイト期にゆっくり発育しながら効率よく摂餌し、体内に充分脂質を蓄え急速に体サイズを増加させる。この蓄えられた脂質は次世代の卵生産とノープリウス期の発育に用いられる。本種雌成体の生涯産卵数は75個と推測されたが、沿岸・表層性カイアシ類（400-2980個）に比べると著しく少ない。本研究で明らかになった *P. elongata* の成長と繁殖におけるこれらの特性は、中層に生息する動物プランクトンがその貧栄養環境で安定した個体群を維持するための生活史戦略の一つと考えられる。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 池 田 勉

副 査 教 授 尼 岡 邦 夫

副 査 教 授 中 尾 繁

学 位 論 文 題 名

北海道南西部恵山沖合い域における

中層性カイアシ類*Paraeuchaeta elongata*の生態学的研究

近年、海洋深層への有機物輸送過程における動物プランクトンの役割や、他の生物圏にはみられない海洋動物プランクトン群集に特有の多様性が注目されるようになり、中・深層に生息する動物プランクトンの研究の重要性が広く認識されつつある。*Paraeuchaeta elongata*は北太平洋とその周辺海域の中層に生息する大型の肉食性カイアシ類で、その捕食圧は他のカイアシ類群集に影響を与える重要種であるが、その生態はまだ十分に解明されていない。本研究は野外採集試料の解析と飼育実験を行い、本種の生活史等の生態学的特性を明らかにし、中層環境への適応という観点から考察を試みた。

野外調査は北海道南西部に位置する恵山岬沖の水深約500mの1定点で、1994年11月から1996年11月にかけて行った。試料はMTD ネットを用いて採集し、*P. elongata*を发育段階毎に計数し、同時に繁殖パラメーターを測定した。また、野外試料解析からは解明できない初期发育および各发育期の发育時間を明らかにするため、2°、5° および10° Cで卵からの飼育実験を行った。

野外採集試料から *P. elongata* の個体数は夏期に前期コペポダイト期 (C2-3) の割合が増えるとともに増加し、また春期に後期コペポダイト (C4-6) の割合が増えるとともに減少することが判った。このパターンは1995年、1996年に繰り返し観察されたことから、当海域での本種の1世代時間は1年であると推察された。また、C2から成体 (C6) になるまでに約9ヶ月を要すると推測された。鉛直分布はC4-C6では季節変動がみられ、春期に一時150-200mまで上昇するが、1年のほとんどは250m以深に分布した。鉛直分布には雌雄での差異は認められなかった。C1-C3では分布深度は周年変わらず、C4-C6に比べて浅くなった。卵塊を付着した雌は4-6月に出現し、繁殖期と考

えられた。しかし、初期コペポダイト期と精夾を付着した雌が周年出現したことから、繁殖は周年行われているが、その盛期は4-6月にあると考えられた。また、この時期は雌雄成体の密度が高くなる時期に一致した。

飼育実験から、卵の孵化率は2° Cで11.5-69.6%、5° Cで4.8-66.7%、10° Cで9.7-80.7%の範囲にあり、水温の影響はないことが判った。孵化時間は2° Cで27.2日、5° Cで22.2日、10° Cで11.8日となった。この孵化時間と水温の関係は沿岸・表層性種同様に Bělehrádek 式によく適合し、 $D = 3156.8 (T + 11.28)^{-2.05}$ で表された。また、ノープリウス・コペポダイト発育時間も孵化時間と同様に低水温で長くなり、それぞれ Bělehrádek 式で表された。沿岸・表層性カイアシ類に比べると、本種は孵化時間が長く、その原因として大型の卵サイズが考えられた。また沿岸・表層性カイアシ類に比べ、相対的に世代時間に占めるノープリウス期滞留時間は短い、コペポダイト期は長いことが明らかとなった。飼育実験中、連続3回の多回産卵が確認され、卵塊産出時間と孵化時間から雌成体は5° Cで145日以上生存し、この間に75個の卵を産み出すと推察された。

野外試料解析で得られたC2から成体までの発育時間と、実験で得られた卵からC1までの Bělehrádek 式から、本種の1世代時間は352日と推測され、個体群構造から推測された値に近似した。一方、Bělehrádek 式のみから推測される世代時間は305日となり、野外採集試料を用いた値より短くなり、野外での餌不足が考えられた。

本種の卵は大型で長い孵化時間を要するが、これは一般には捕食されやすいことから有利な繁殖方法とは考えられない。しかし、視覚捕食者が少ない暗黒の中層では死亡率が小さく、また大型卵により摂餌開始ステージの体サイズが大きくなることから、餌の少ない中層では有利な繁殖方法と考えられる。また、本種ノープリウス期は卵黄に由来する脂質を利用して短時間でコペポダイト期に達し、中層で生存能力に乏しいノープリウスでの死亡率を減少させていると思われる。そして、コペポダイト期で時間をかけて発育しながら効率よく摂餌し、急速に体サイズを増加させ、雌は大型の卵を少数産み出す。このような本種の成長・繁殖特性は、中層の貧栄養環境で安定した個体群を維持するための生活史戦略の一つであることが示唆された。

以上の結果は、中層性カイアシ類 *Paraeuchaeta elongata* の生態を広範な試料に基づいて解明した初めてのものであると同時に、野外採集試料と室内実験を総合した研究手法は今後の深海性動物プランクトンの生態解明に途を拓いたものとして高く評価できる。よって審査員一同は本論文が博士（水産学）の学位を授与するのに十分な内容を有するものと判定した。