

学 位 論 文 題 名

日本近海における小型冷水性カラノイダ
橈脚類数種の生活史に関する研究

学位論文内容の要旨

海洋動物プランクトン群集中で普遍的に優占するカラノイダ橈脚類は植食、肉食および雑食性種を含み、植物プランクトンから魚介類等の高次栄養段階生物に至る生物生産過程においてそれぞれ重要な仲介的役割を果たしている。このためカラノイダ橈脚類の生活史に関する知見は海洋生態系の低次生産構造を把握する上で極めて重要である。これまで橈脚類の生活史に関する研究は主として小型沿岸性種や外洋表層域に優占する大型植食性種について行われており、外洋性小型種、デトライタス食性種、中・深層性種等の生活史に関する知見は極めて乏しいのが現状である。

本研究は西部北太平洋の北海道南方恵山岬沖、釧路沖および南部日本海の富山湾における経時野外採集試料を用いて、数的に優占し、生態学的特徴（分布深度、摂餌生態）が異なる5属6種の橈脚類（*Pseudocalanus minutus*, *P. newmani*, *Scolecithricella minor*, *Gaidius variabilis*, *Pleuromamma scutellata*および*Heterorhabdus tanneri*）の出現量、個体群構造および鉛直分布の季節的資料を総合的に解析して生活史を推定したものである。このうち2属2種（*S. minor*と*G. variabilis*）については卵とノープリウス期の発育時間を飼育実験により明らかにし、世代時間推定の補助資料とした。また、各種類の体長、湿重量、乾重量および乾燥有機物量を発育段階毎に測定し、種類毎の成長（体長および体重の増加）パターンの相違を明らかにすると共に、野外現場でのバイオマスの推定を行った。得られた生活史の再生産および成長時期を環境要因と比較し、その関係について考

察した。

*Pseudocalanus minutus*の再生産は春季の植物プランクトンブルーム期に集中して行われ、この時期本種は水深100 m以浅に分布していた。夏～冬季に本種は水深300-700 mに潜り、低温なこの層に終日分布し、個体群はコペポダイト5期（C5）が大半を占めた。C5から成体（C6）への脱皮は晩冬に起こり、この成体が翌春の春季ブルームに再生産を行う。生息水温が低い（3℃）恵山岬沖では発育速度が遅く年1世代、水温の高い（10℃）富山湾では春季に世代交代のある年2世代をもつと推定された。

*Pseudocalanus newmani*の生息水深は*P. minutus*よりも浅く、周年100 m以浅に分布していたが、表高水温層の発達する夏～冬季に分布深度が深くなっており、分布上限水温は約15℃と推定された。富山湾では7～11月の間、本種個体群は湾内から消失し、これは100 m水深の水温が15℃を越える期間と一致していた。恵山岬沖において初期発育段階が常に出現することから、本種の再生産は周年起こるものと思われたが、正確な年間世代数は特定できなかった。富山湾では比較的低温で植物プランクトンブルームのある春季に3世代をもつと推定された。

*Scolecithricella minor*は水深100-300 m層に周年分布し、夜間に上昇する鉛直移動パターンを示した。室内実験において本種の卵とノープリウス期の発育時間は、水温と負の関係にあり、Bělehrádek式 $[D=a(T-\alpha)^b]$: D は発育時間(day), T は水温(℃), a , α , b は定数]によく適合した。富山湾における生息水温（6℃）での卵とノープリウス期の発育時間は2.7日と21.6日で、一般的な橈脚類の1世代時間に占める、卵, ノープリウス, コペポダイト期の割合（各々4-22%, 22-44%, 45-68%）より、本種の世代時間は44-76日と推定された。富山湾に本種の初期発育段階は周年を通して出現し、主再生産期は夏～秋季にあり、年5～7世代をもつと判断した。釧路沖では生息水温が低く（3℃）、世代時間は59-101日と推定されたが、野外試料では夏～秋季に成長する顕著な1コホート以外は確認できなかった。

*Gaidius variabilis*は水深600-1500 m層に周年分布し、C2が最も深層に分布し、その後発育に伴って分布深度が浅くなる、特徴的な発育に伴う鉛直移動パターンを示した。本種の卵とノープリウス期の発育時間も水温と負の関係にあり、Bělehrádek式によく適合した。釧路沖においてC1は6～8月に卓越し、生息水温（2.5℃）における卵とノープリウスの発育時間（各々5.7日と44.8日）より、本種の大きな再生産が表層で植物プランクトンブルームのあった4～6月にあったことが判った。本種はC4以降外部形態によって雌雄の判別が可能となる。C4以降の体重増加パターンは雌雄間で大きく異なり、雄はC4とC5において体内への有機物の蓄積が雌よりも有意に大きく、C6では口器が退化して摂餌をせず、体重はマイナス成長を示した。C4とC5での有機物の蓄積を多くするために雄の発育速度は雌よりも遅く、雌は1年、雄は2年の世代時間をもつものと思われた。

*Pleuromamma scutellata*は水深100-300 m層に分布し、夜間に上昇する明確な日周鉛直移動を行っていた。本種は日本海には分布せず、釧路沖においてのみ生活史の解析を行った。各発育段階の出現は明確な季節性があり、成体は4月に出現のピークがあり、これは釧路沖における植物プランクトンの春季ブルームの開始時期と一致した。C1の出現ピークが9～10月にみられたことから、卵とノープリウス期の発育時間は最大5～6ヶ月と見積もられた。C1からC6までの発育時間はそれぞれの出現ピークの追跡から推定可能であり、C1がC6へ発育する時間は6～7ヶ月と見積もられた。このように見積もられたコペポダイト期の発育時間の1世代時間中に占める割合は50-58%であり、これは多くの海産橈脚類の世代時間に占めるコペポダイト期の発育時間の割合（45-68%）ともよく一致していた。これらの結果から、釧路沖において本種は約1年の世代時間を持ち、主産卵期は植物プランクトンの春季ブルーム期に一致していることが判った。

*Heterorhabdus tanneri*は水深300-1000 m層に分布し、夜間に上昇する日周鉛直移動を行っていた。本種も日本海には分布せず、釧路沖においてのみ生活史の解析を行った。本種はコペポダイト中期（C3-C5）における脱皮間成長は、一般的な橈脚類よりも約3

倍ほど大きかった。C3-C6各発育段階の出現個体数には大きな季節変動がみられ、C3とC4は6～7月に、C5は9～10月に優占し、成体は12月に多かった。釧路沖において本種は主として12月に産卵し、孵化した個体群は成長して翌年の12月に再び産卵し新しい個体群を形成する、1年1世代であると考えられた。

これら6種についての生活史を総合すると、生活史における再生産時期は種間で異なり、各々の種の餌となる動・植物プランクトンの季節変動と密接な関連があることが示唆された。*Pseudocalanus*属2種は春季植物プランクトンブルームの1～2ヶ月後に初期コペポダイト期の出現ピークがあり、水温と発育の関係から考えて、ブルーム中に再生産のピークがあることがわかる。この他に中層性種の*Pleuromamma scutellata*と*Gaidius variabilis*も表層で植物プランクトンブルーム期のある季節に大きな再生産のピークがあった。この2種はデトライタス食性種で雌成体は周年出現するが、主産卵期は植物プランクトンのブルームに起源をもつデトライタスの供給量によって決まると思われる。*Scolecithricella minor*と*Heterorhabdus tanneri*の再生産時期は、植物プランクトンの増減とはあまり関連がみられなかった。これは両種の食性がデトライタス食性(*S. minor*)と肉食性(*H. tanneri*)であることによる考えられる。デトライタス食性の*S. minor*の再生産時期は、現場においてデトライタスの起源となる"ハウス"を供給する尾虫類の季節変動と関連しており、肉食性の*H. tanneri*の再生産時期は、動物プランクトン量の多くなる季節と一致していた。食性に関連したカラノイダ橈脚類の生活史の多様性は本動物群が海洋生態系に卓越するのに欠かせない要因の1つであると思われる。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 池 田 勉

副 査 教 授 小 城 春 雄

副 査 助 教 授 志 賀 直 信

学 位 論 文 題 名

日本近海における小型冷水性カラノイダ 橈脚類数種の生活史に関する研究

海洋動物プランクトン群集中で普遍的に優占するカラノイダ橈脚類は植食、肉食および雑食性種を含み、植物プランクトンから魚介類等の高次栄養段階生物に至る生物生産過程においてそれぞれ重要な仲介的役割を果たしている。日本近海には約300種のカラノイダ橈脚類が出現するが、これまでその生活史が研究されているのは2属3種の沿岸性種、5属7種の外洋性種にすぎない。本申請者の論文は西部北太平洋の北海道南方恵山岬沖、釧路沖（親潮域）および日本海南部富山湾における経時野外採集試料を用いて、動物プランクトン群集に数的に優占し、生態学的特徴（分布深度や摂餌生態）が異なる5属6種のカラノイダ橈脚類の生活史を推定したものである。このうち2属2種については卵とノープリウス期の発育時間を飼育実験により明らかにしている。また、各種類の体長、湿重量、乾重量および乾燥有機物量を発育段階毎に測定し、種類毎の成長（体長および体重の増加）パターンの相違を明らかにすると共に、野外現場でのバイオマスの推定を行っている。その得られた結果およびそれに基づく論議のうち、審査員一同は以下の諸点を特に評価すべきものとしてとりあげた。

第一に、野外採集試料の出現量と個体群構造の解析から、同じ海域においても主な成長、再生産期は種毎に異なることを見出し、それぞれの餌となる動、植物プランクトンの季節変動と一致していることを明らかにしたことがあげられる。また同一種でも異なる海域では再生産期、成長速度、年間世代数が異なり、これは生息水温と餌の季節的消長の海域間差の反映と考察している。申請者は食性に関連した生活史の多様性は本動

物群が海洋生態系に卓越するのに欠かせない要因のひとつであると述べている。デトライタス食性橈脚類の生活史の研究例は極めて少ないが、その成長、再生産期が尾虫類の増減と一致していた点は海洋生態系の理解において重要な知見である。

第二に、鉛直分布の観察より、それぞれの種の日周鉛直移動、季節的鉛直移動および発育に伴う鉛直移動パターンを明らかにしたことがあげられる。同属2種の橈脚類でも、一方の種は季節的な鉛直移動を行うが、他方の種は周年表層に留まることを明らかにし、表層水温の低い北海道南方恵山岬沖では周年表層に留まる種が優占するが、夏以降の表層水温の高い日本海富山湾では季節的な鉛直移動を行う種が優占することを明らかにしている。申請者は季節的な鉛直移動の適応的意義を表層の高水温層を避けるためと推論しているが、妥当で無理のない論議である。

第三に、飼育実験により、2属2種の初期発育時間を実験的に確かめた点があげられる。実験に用いた2属2種は何れも鉛直的に中・深層に分布する種で、本論文がはじめての飼育例である。2種の卵のサイズは沿岸性種のそれよりも大きく、中・深層性種は大型の卵を産むことにより、生残率を高める意義があると議論している。また発育時間は水温と負の関係にあり、生息水温より予想される発育時間は野外でのコホートの発育時間とよく一致している。ただ、卵とノープリウス期の発育時間より世代時間を推定する方法は、複数年におよぶ世代時間を持つ種には適用しないことが示され、生活史推定の補助資料としての飼育実験を用いるのに制限のあることも言及している。

第四に、体長と体重を測定し、種毎の体長体重の増加、成長パターンを明らかにした点をあげることができる。脱皮間成長は種間で大きく異なり、特に中層性肉食性種の *Heterorhabdus tanneri* では一般的な橈脚類の約3倍ほど大きな体重増加がみられ、申請者は他の中層性肉食性種にもこのような大きな脱皮間成長が報告されていることを例証として、コペポダイト中期における大きな体重増加は中層性肉食性種に共通する特徴であると述べている。また雌雄間でも脱皮間成長は大きく異なり、雄成体への脱皮間成長は最も小さく、マイナス成長にもなることを明らかにしている。雌雄での成長パターンの違いは雌雄の発育時間の違いをもたらすと申請者は考察し、その適応的意義について議論を加えている。

以上のように、本申請者の論文は本邦周辺海域における6種のカラノイダ橈脚類の生活史を初めて解明し、その種間における相違を食性や分布深度に関連づけて説明を試みたも

ので、橈脚類生態学分野の研究進展に大きく貢献したものと高く評価され、審査員一同は、本研究の申請者が博士（水産学）の学位を授与される十分な資格を有すると判定した。