

学 位 論 文 題 名

The biology of oncaeid copepods (Poecilostomatoida) in the Oyashio region, western subarctic Pacific: its community structure, vertical distribution, life cycle and metabolism

（西部亜寒帯北太平洋親潮域におけるオンケア科カイアシ類

（ポエキロストム目）の生物学的研究：

特に群集構造、鉛直分布、生活史、代謝について）

学位論文内容の要旨

オンケア科はポエキロストム目に属する海産カイアシ類の一群であり、熱帯から極域にいたる全海洋に広く分布する。オンケア科は主に体長1 mm以下の小型種によって構成されており、現在までに100種以上が記載されている。また、オンケア科は外洋域のカイアシ類群集中で数的に優占し、特に中・深層では全カイアシ類個体数の過半数を占めることもある。そのため、オンケア科カイアシ類は外洋生態系の生物生産過程や物質循環において重要な機能を担っていると考えられるが、これを解明するための基礎となる知見は亜寒帯北太平洋からは殆ど報告されていない。

本研究では、先ず西部亜寒帯北太平洋親潮域におけるオンケア科カイアシ類の現存量と群集構造を把握し、さらに優占種の鉛直分布、個体群構造と生活史、代謝活性(呼吸速度)、体化学成分(炭素・窒素)を明らかにした。また、これらの資料を統合してオンケア科カイアシ類の生物学的特性を明らかにするとともに、親潮域における本科カイアシ類の粒状有機炭素フラックスに対する消費量を見積もった。

得られた結果は以下のように要約される。

1. 1996年9, 12月、1997年4, 10月に北海道釧路沖の親潮域(Site H)において、閉鎖式プランクトンネットによる鉛直区分採集(水深0-2000 m間を5層)を行い、現存量および群集構造の解析に用いた。オンケア科カイアシ類は表層から深層にかけて広範囲に分布しており、本科全体の個体数極大は表層(水温躍層以浅)と中層(水深250-1000 m)、あるいは中層

にのみ認められた。同海域の水深0–2000 mにおける個体数は $1.5\text{--}2.5 \times 10^5$  inds.  $\text{m}^{-2}$ の範囲内であり、これまでに熱帯・亜熱帯域や極域から報告されている値と同程度であった。また、生物量(乾重量)は $102\text{--}213$  mg DM  $\text{m}^{-2}$ と推定された。

2. 親潮域では5属40種のオンケア科カイアシ類が出現し、このうち14種は東部亜寒帯北太平洋との共通種であった。一方、暖水コア・リングの影響を受けていた1996年12月と1997年10月には暖水性種の出現が多く認められた。また、出現種数は表層から深層にかけて増加する傾向を示した。数的に優占した種は、*Triconia borealis*、*T. canadensis*、*Oncaea grossa*、*O. parila*、*O. rimula*、*O. lacinia*、*Epicalymma* spp.、*Oncaea* sp. Aの8種であった。また、同海域におけるオンケア科の群集構造は、表層では季節的に変化するが、中・深層では安定した深海環境を反映して大きく変化しないことが明らかとなった。

3. 親潮域(Site H)において季節的な試料採集(2002年3, 5, 6, 8, 10月、2003年12月、2004年2月)を行い、優占4種(*T. borealis*、*T. canadensis*、*O. grossa*、*O. parila*)の鉛直分布、個体群構造および生活史を解析した。各種個体群の主分布深度は*T. borealis*で50–200 m、*T. canadensis*で400–1100 m、*O. grossa*で200–400 m、*O. parila*で500–1200 mであり、4種共に顕著な日周鉛直移動を示さなかった。また、中・深層性種である*T. canadensis*と*O. parila*については発育に伴って分布深度が浅くなる個体発生的鉛直移動が認められた。

4. 各発育段階の個体数とその組成の季節変化から、各種の世代時間を推定したところ、*T. borealis*で約1年、*T. canadensis*で約1.5年、*O. grossa*で約1年と見積もられた。また、*O. parila*については明瞭なコホートが認められず、世代時間の推定は出来なかった。4種共に初期発育段階と成体雌が常に出現していたことから、再生産は周年行われていると考えられたが、主産卵期は*T. borealis*と*O. grossa*では夏期、*T. canadensis*では晩夏から秋期と推定された。成体雌1個体あたりの平均抱卵数は、*T. borealis*が59、*T. canadensis*が26、*O. grossa*が24、*O. parila*が12であり、分布深度の増加に伴い減少する傾向を示した。

5. *T. canadensis*の抱卵雌を用いた飼育実験によって、本種の卵孵化時間は現場水温下(3°C)で71–85日と推定され、一般的な表・中層性カイアシ類と比較して著しく長かった。同水温下での本種の卵孵化率は平均87%と高かった。また、無給餌条件下での本種成体の生残日数は最小で208日(雌)と158日(雄)であり、本種の高い飢餓耐性が明らかとなった。

6. 現場水温下(3°C)で測定した優占4種の呼吸速度( $\mu\text{l O}_2 \text{ ind.}^{-1} \text{ h}^{-1}$ )は、*T. borealis*で0.00099(成体雌)、*T. canadensis*で0.0074/0.0031(成体雌/雄)、*O. grossa*で0.0012/0.00086(成体雌/雄)、*O. parila*で0.00084(成体雌)であり、種あるいは性によって異なった。また、4種の呼吸速度( $R$ ;  $\mu\text{l O}_2 \text{ ind.}^{-1} \text{ h}^{-1}$ )と乾重量( $DM$ ;  $\mu\text{g}$ )の全データを統合したところ、 $R$ と $DM$ の間には有意な相関関係が認められ、 $\log_{10} R = -3.392 + 0.815 \log_{10} DM$  ( $r = 0.976$ )で表される回帰式が得られた。乾燥重量に対する炭素量の割合は全体で48.8–57.0%、窒素量は7.0–10.3%、炭素と窒素の重量比(C:N比)は4.8–8.3であった。本研究で得られた炭素量とC:N比は、海産浮遊性カイアシ類の報告値の中でも比較的高く、これは4種が体内に脂質を蓄積していることによると考えられた。

7. 優占4種の“体重の影響を除去した窒素1 mg当たりの呼吸速度” [ $0.85\text{--}1.39 \mu\text{l O}_2 (\text{mg body N})^{-0.843} \text{ h}^{-1}$ ] は、既往の海産浮遊性カイアシ類(カラヌス目、キクロプス目)のその50%以下であり、休眠中のカラヌス目とほぼ等しかった。これは、オンケア科カイアシ類の遊泳活性が常に低いこと、摂餌水流を起こさないことなどの生態的特徴を反映していると考えられた。

8. 本研究で得られた*T. borealis*、*T. canadensis*、*O. grossa*、*O. parila*の生物学的諸パラメーターを、体サイズがほぼ等しい冷水性小型カイアシ類*Oithona similis*、*Pseudocalanus newmani*と比較したところ、オンケア科の特性として、長い世代時間、低い代謝速度、高い飢餓耐性が明らかとなった。オンケア科が雑食性であることを考慮に入れると、これらの特性は中・深層などの貧栄養環境において本科カイアシ類が優占する上で適応的であると思われた。

9. オンケア科カイアシ類の個体数データと呼吸速度を基に、同化効率と総成長効率をそれぞれ70、30%と仮定し、親潮域における摂餌量を見積もったところ、年間で $696 \text{ mg C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ となった(水深0–2000 m)。また、中・深層(水深250–2000 m)におけるそれは $576 \text{ mg C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ と推定され、この値は水深250 mに到達する粒状有機炭素の年間フラックス量(一次生産量からの推定値;  $24 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ )の2.4%に相当した。

# 学位論文審査の要旨

主 査 教 授 池 田 勉  
副 査 教 授 仲 谷 一 宏  
副 査 助 教 授 志 賀 直 信

学 位 論 文 題 名

## The biology of oncaeid copepods (Poecilostomatoida) in the Oyashio region, western subarctic Pacific: its community structure, vertical distribution, life cycle and metabolism

(西部亜寒帯北太平洋親潮域におけるオンケア科カイアシ類  
(ポエキロストム目) の生物学的研究：  
特に群集構造、鉛直分布、生活史、代謝について)

オンケア科は全海洋に広く分布するカイアシ類の一群であり、主に体長1 mm以下の小型種によって構成されている。オンケア科は外洋域のカイアシ類群集中で数的に優占し、特に中・深層では全カイアシ類個体数の過半数を占めることもある。そのため、本科カイアシ類は外洋生態系の生物生産過程や物質循環において重要な役割を果たしていると考えられるが、これを解明するための基盤となる知見は非常に乏しい。本研究では、先ず西部亜寒帯北太平洋親潮域におけるオンケア科カイアシ類の現存量と群集構造を把握し、さらに優占種の鉛直分布、個体群構造、生活史、代謝活性(呼吸速度)および体化学成分(炭素・窒素)を明らかにした。また、これらの資料を統合してオンケア科カイアシ類の生物学的特性を明らかにするとともに、親潮域における本科カイアシ類の粒状有機炭素フラックスに対する消費量を見積もった。これらの調査研究により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取り上げた。

第一に、親潮域におけるオンケア科カイアシ類の現存量と群集構造を初めて明らかにしたことが挙げられる。同海域において本科カイアシ類は表層から深層まで広範囲に分布しており、水深0-2000 mにおける出現個体数は $1.5-2.5 \times 10^5$  inds.  $m^{-2}$ 、生物量(乾重量)は102-213 mg DM  $m^{-2}$ の範囲内であった。また、5属40種の本科カイアシ類が出現し、*Triconia borealis*、*T. canadensis*、*Oncaea grossa*、*O. parila*、*O. rimula*、*O. lacinia*、*Epicalymma* spp.、*Oncaea* sp. Aの8種が数的に優占した。

第二に、親潮域における優占4種(*T. borealis*、*T. canadensis*、*O. grossa*、*O. parila*)の鉛

直分布、個体群構造および生活史の概要を明らかにしたことが挙げられる。各種個体群の主分布深度は*T. borealis*で50–200 m、*T. canadensis*で400–1100 m、*O. grossa*で200–400 m、*O. parila*で500–1200 mであった。また、*T. canadensis*と*O. parila*については発育に伴って分布深度が浅くなる個体発生的鉛直移動が認められた。各発育段階の出現個体数の季節変化から、各種の世代時間を推定したところ、*T. borealis*と*O. grossa*で約1年、*T. canadensis*で約1.5年と見積もられた。*O. parila*については明瞭なコホートが認められず、世代時間の推定は出来なかった。4種共に初期発育段階と成体雌が常に出現していたことから、再生産は周年行われていると考えられたが、主産卵期は*T. borealis*と*O. grossa*では夏期、*T. canadensis*では晩夏から秋期と推定された。また、無給餌条件下での*T. canadensis*成体の生残日数は158–208日であった。

第三に、優占4種の呼吸速度と体化学成分を測定し、その生理学的特性を明らかにしたことが挙げられる。優占4種の体窒素1 mg相当の呼吸速度は $0.85\text{--}1.39 \mu\text{l O}_2 (\text{mg body N})^{-0.843} \text{h}^{-1}$ であり、各種の分布深度との間に関係は認められなかった。また、乾重量に対する炭素量の割合は全体で48.8–57.0%、窒素量は7.0–10.3%、炭素と窒素の重量比は4.8–8.3であり、種間で異なった。

第四に、オンケア科カイアシ類の生物学的特性を、他の冷水性小型カイアシ類 (*Oithona similis*, *Pseudocalanus newmani*) との比較を通して明らかにしたことが挙げられる。オンケア科は上述の2種と比べて、長い世代時間、低い代謝速度、高い飢餓耐性を持ち、これらの特性は中・深層などの貧栄養環境において本科カイアシ類が優占する上で適応的であると思われた。さらに、出現個体数と呼吸速度の結果を基に、親潮域の中・深層 (水深250–2000 m) における本科カイアシ類群集の摂餌量を推定したところ、年間で $576 \text{ mg C m}^{-2}$ となり、これは水深250 mに到達する粒状有機炭素の年間フラックス量 ( $24 \text{ g C m}^{-2}$ ) の2.4%に相当した。

上記の内容は、オンケア科カイアシ類の生物学のみならず、西部亜寒帯北太平洋における生物海洋学の発展に大きく貢献したの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 (水産科学) の学位を授与される資格のあるものと判定した。