

学 位 論 文 題 名

Life history, metabolism and production of
four pelagic amphipods in the Oyashio region,
western subarctic Pacific

（西部亜寒帯太平洋親潮海域における浮遊性端脚類4種の生活史、
代謝および生産に関する研究）

学位論文内容の要旨

端脚目は甲殻類・フクロエビ上目に属し、海洋をはじめ汽水・淡水域の他、森林の落葉堆積物中にも広く生息しており、これまでに全世界で6000種が確認されている。端脚目はクラゲノミ亜目、ヨコエビ亜目、ワレカラ亜目、インゴルフィエラ亜目に分かれるが、海洋において浮遊生活を営む端脚類はクラゲノミ亜目とヨコエビ亜目の一部である。浮遊性端脚類は世界の中・高緯度海域においてサケ・マス・イカ・タラ・サバ等の魚類、鯨・鯖脚類等の海産哺乳類、および鳥類の重要な餌資源となっていることが報告されている。また、浮遊性甲殻類の中では橈脚類・オキアミ類について数量的に多く、肉食性で大規模な日周鉛直移動を行うことから、海洋の食物連鎖において低次栄養段階から高次栄養段階へ、また中・深層域から表層域への物質・エネルギーの輸送者として極めて重要であると予想される。しかしこれらの機能を解明するのに必要な浮遊性端脚類の生物学的・生理学的・生態学的知見は非常に少ないのが現状である。本研究は、野外試料解析と室内飼育実験を合わせて行い、西部北太平洋亜寒帯域において優占する浮遊性端脚類3属4種

(*Themisto pacifica*, *T. japonica*, *Primno abyssalis*, *Cyphocaris challengerii*) の鉛直分布、成長、再生産および生活史を明らかにした。さらに端脚類4種の代謝活性と体構成成分の測定結果を加え、同海域における端脚類群集の生産量と、動物プランクトン群集に対する捕食圧を見積もった。

野外試料は北海道釧路沖のSite-H（水深2000～7000 m）および恵山岬沖のStation E-16（水深500 m）において1996年7月～1998年7月および1997年5月～1999年4月にかけて、ボンゴネット（口径70 cm、目合い0.33 mm）およびMTDネット（口径56cm、

目合い0.33 mm) を用いて採集した。得られた試料は中性ホルマリンで固定した後に端脚類4種を抽出し、各種毎に湿重量と体長を測定した。腹肢内外葉の節数を算定して齡分析を行い、さらに触角と覆卵葉の形状により各發育段階(若齡体・未成熟雌/雄・成熟雌/雄)に分類した。飼育実験用の個体はボンゴネットおよびリングネット(口径80cm、目合い0.33 mm)を用いて採集し、船上で直ちに各種毎に分別した。代謝活性の測定は、野外採集時にニスキンボトルで採集した海水を満たしたガラスビンに各種端脚類を入れ、2~12℃の温度下で24時間インキュベートして行った。実験終了後、試水の溶存酸素濃度とアンモニア態窒素濃度を測定し、呼吸速度とアンモニア排出速度を算出した。実験に用いた個体の乾重量を測定したのち、灰分量および炭素・水素・窒素含有量を測定した。生鮮個体の一部は、餌としてツブ貝とホッコクアカエビの肉片を与えて長期間飼育し、脱皮間隔を観察した。

野外試料解析の結果、*Themisto pacifica*、*T. japonica*、*Primno abyssalis*の3種は1~2齡まで、*Cyphocaris challengerii*は1~4齡まで母体の育児嚢内で成長し、その後母体を離れ遊泳生活に入ることが明らかになった。成熟個体の体長は、*T. pacifica*の雌で3.5~8.8 mm、雄で2.6~6.9 mm、*T. japonica*の雌で9.6~16.2 mm、雄で7.1~11.4 mm、*P. abyssalis*の雌で11.9~19.8 mm、雄で7.5~10.4 mm、*C. challengerii*の雌で10.3~15.3 mm、雄で13.4~16.5 mmの範囲にあった。

1992年9月に実施した昼夜鉛直分布の調査結果から、4種の昼/夜の鉛直分布のピーク水深は、*T. pacifica*で91 m/16 m、*T. japonica*で221 m/17 m、*P. abyssalis*で475 m/310 m、*C. challengerii*で345 m/95 mであり、明確な日周鉛直移動が見られたことに加え、4種間で分布深度に大きな差が認められた。

全体として端脚類4種の出現量は春~夏に多く、冬に少ない傾向を見せた。年平均生物量は*C. challengerii*が最も高く(197 mgC/m²)、*T. pacifica*(156 mgC/m²)、*T. japonica*(77 mgC/m²)、*P. abyssalis*(45.2 mgC/m²)がこれに続いた。*T. pacifica*、*P. abyssalis*、*C. challengerii*の成熟雌雄が調査期間を通して出現していたことから、本調査海域においてこれら3種の再生産は周年行われていると考えられた。しかし、*T. japonica*の成熟雌の出現期間は春季に限られていたので、同種の再生産は春季にのみ行われると思われた。

*T. pacifica*の体長頻度分布解析の結果、調査期間中に8つのコホートが確認されたことから本種は年4世代を有し、一世代時間は夏季で1~2ヶ月、冬季で4ヶ月であると推定された。飼育実験により得られた世代時間は35~195日であり、野外個体群解析の結果と

よい一致が見られた。一方、調査期間を通して *T. japonica* の幼体および成体は非常に少なかったため、野外個体群からの世代時間推定は不可能であった。一方、飼育実験の結果、本種の一世代時間は74~365日と推定された。

P. abyssalis の体長データを幼体が多い季節と少ない季節とでまとめ、それぞれ体長頻度分布の解析を行ったところ、各季節毎に2~4のコホートが確認された。各コホートの平均体長を時間に対してプロットしたところ、本種の成長は時間に対して直線的であり、日間成長率は0.014 mm/dであった。飼育実験より求められた成長率は0.016 mm/dであり、野外個体群の結果とよい一致が見られた。このため、本種の世代時間は604~1370日と推定された。

C. challengerii 個体群に対する幼体の割合は3~4月に極大を示したのち、各齢のピークは時間の経過と共に推移し、成熟雌雄は翌年の春にピークを示した。よって本種の世代時間は約1年と推定された。飼育実験より求められた世代時間は216~464日であった。

母体の育児嚢内の卵および幼生数は、*T. pacifica* で23~64、*T. japonica* で152~601、*P. abyssalis* で66~337、*C. challengerii* で20~65であった。雌1個体の生涯産卵数はそれぞれ342、1195、1004、181と推定された。

4種の酸素消費速度 ($\mu\text{lO}_2/\text{dry weight}/\text{h}$) は、*T. pacifica* で0.8~4.7、*T. japonica* で0.4~5.9、*P. abyssalis* で0.3~1.4、*C. challengerii* で0.2~1.0の範囲にあった。アンモニア排出速度 ($\mu\text{gNH}_4^+-\text{N}/\text{dry weight}/\text{h}$) についてはそれぞれ0.02~0.3、0.02~0.6、0.01~0.09、0.0007~0.05であった。炭素・窒素含量は種間・成熟ステージ間で変動し、4種を通してそれぞれ乾重量の34~60%および6~12%を占めた。1日あたり代謝により体から失われる炭素・窒素量を計算したところ、それぞれの1.4~4.2%および0.04~3%となり、それぞれの種の生息深度の増加に伴い減少する傾向が見られた。

端脚類4種の生活史1サイクルを通して成長・代謝・脱皮・産卵に必要な炭素量を見積もり、これらの和を同化量とした。全体の傾向として、同化量に対する成長の割合は若齢個体で高く、齢が増加するに従って減少した。成熟後は代謝の割合が最も高く(50~80%)、成長(15~34%)、産卵(8~23%)、脱皮(2~5%)がこれに続いた。

野外試料より求めた個体群構造の結果と代謝速度・体化学成分の結果とを合わせて、Site-Hにおける端脚類4種の個体群の代謝量 (M) と生産量 (P) を求めた。これらに野外個体群の生物量 (B) を加え、各種の P/B 比および P/M 比を求めたところ、*T. pacifica* で2.0および0.7、*T. japonica* で2.2および1.3、*P. abyssalis* で1.1および0.4、*C. challengerii* で0.7および0.6となった。それぞれの P と M から同化量 (A) を求め、さらに

年間摂食量 ($I=A/0.904$; mgC/m^2) を求めたところ、*T. pacifica*では854、*T. japonica*では336、*P. abyssalis*では182、*C. challengeri*では390となった。端脚類4種を総合すると、日間摂食量は年平均で $4.76\text{mgC}/\text{m}^2/\text{d}$ となり、これはSite-Hにおける動物プランクトン現存量年平均の0.07%、およびその生産量の3.5%に達すると見積もられた。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 池 田 勉
副 査 教 授 中 尾 繁
副 査 助 教 授 志 賀 直 信

学 位 論 文 題 名

Life history, metabolism and production of four pelagic amphipods in the Oyashio region, western subarctic Pacific

(西部亜寒帯太平洋親潮海域における浮遊性端脚類4種の生活史,
代謝および生産に関する研究)

浮遊性端脚類は世界の中・高緯度海域において魚類、海産哺乳類、および鳥類の重要な餌資源となっていることが報告されている。また、肉食性動物プランクトンの中ではヤムシ類について数量的に多く、さらに規模な日周鉛直移動を行うことから、海洋の食物連鎖において低次栄養段階から高次栄養段階へ、また中・深層域から表層域への物質・エネルギーの輸送者としての重要性が指摘されている。しかしこれらの機能を解明するのに必要な浮遊性端脚類の生物学的・生理学的・生態学的知見は非常に少ない。本研究は、野外試料解析と室内飼育実験を合わせて行い、西部北太平洋亜寒帯域において優占する浮遊性端脚類3属4種 (*Themisto pacifica*、*T. japonica*、*Primno abyssalis*、*Cyphocaris challengerii*) の鉛直分布、成長、再生産および生活史を明らかにした。さらに端脚類4種の代謝活性と体構成成分の測定結果を加え、同海域における端脚類群集の生産量と、動物プランクトン群集に対する捕食圧を見積もった。これら野外試料の解析および飼育実験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とりあげた。

第一に、端脚類4種の出現量と個体群構造の季節変化、および産卵数を初めて明らかにしたことが挙げられる。全体として端脚類4種の出現量は春～夏に多く、冬に少ない傾向を見せた。年平均生物量は*C. challengerii*が最も高く、*T. pacifica*、*T. japonica*、*P. abyssalis*がこれに続いた。*T. pacifica*、*P. abyssalis*、*C. challengerii*の成熟雌雄が調査

期間を通して出現していたことから、これら3種の再生産は周年行われていると考えられた。しかし、*T. japonica*の成熟雌種の再生産は春季にのみ限られると思われた。雌1個体の産卵数は、*T. pacifica*で23~64、*T. japonica*で152~601、*P. abyssalis*で66~337、*C. challengerii*で20~65であった。さらに生涯産卵数はそれぞれ342、1195、1004、181と推定された。

第二に、野外試料の解析および飼育実験から、端脚類4種の世代時間を初めて推定したことが挙げられる。各種の世代時間は*T. pacifica*では35~198日、*T. japonica*では74~365日、*P. abyssalis*では604~1370日、*C. challengerii*では216~464日であった。

第三に、端脚類4種の代謝速度と体構成元素量を測定し、その生理学的特性を明らかにしたことが挙げられる。酸素消費速度 ($\mu\text{O}_2/\text{dry weight}/\text{h}$) は、*T. pacifica*で0.8~4.7、*T. japonica*で0.4~5.9、*P. abyssalis*で0.3~1.4、*C. challengerii*で0.2~1.0の範囲にあった。アンモニア排出速度 ($\mu\text{gNH}_4^+\text{-N}/\text{dry weight}/\text{h}$) についてはそれぞれ0.02~0.3、0.02~0.6、0.01~0.09、0.0007~0.05であった。炭素・窒素含量は種間・成熟ステージ間で変動し、4種を通してそれぞれ乾重量の34~60%および6~12%を占めた。1日あたり代謝により体から失われる炭素・窒素量を計算したところ、それぞれの1.4~4.2%および0.04~3%となり、それぞれの種の生息深度の増加に伴い減少する傾向が見られた。

第四に、端脚類4種の生活史1サイクルを通して成長・代謝・脱皮・産卵に必要な炭素量を見積もったことが挙げられる。全体の傾向として、同化量に対する成長の割合は若齢個体で高く、齢が増加するに従って減少した。さらに、野外試料より求めた個体群構造の結果と代謝速度・体化学成分の結果とを合わせて、Site-Hにおける端脚類4種の個体群の代謝量と生産量を求め、これから年間摂食量 (mgC/m^2) を推定したところ、*T. pacifica*では854、*T. japonica*では336、*P. abyssalis*では182、*C. challengerii*では390となった。端脚類4種を総合すると、彼らの日間摂食量は年平均で $4.76\text{mgC}/\text{m}^2/\text{d}$ となり、これはSite-Hにおける動物プランクトン現存量年平均の0.07%、およびその生産量の3.5%に達すると見積もられた。

上記の内容は、北太平洋亜寒帯海域の生物生産構造の解明と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。