

学 位 論 文 題 名

海産浮遊性カイアシ類 *Pseudocalanus newmani* Frost の

再生産・成長・代謝に関する実験生態学的研究

学位論文内容の要旨

カイアシ類 *Pseudocalanus newmani* は北海道南西部恵山沖の動物プランクトン群集中に優占し、噴火湾内では本種のノープリウス幼生がスケトウダラ (*Theragra chalcogramma*) の重要な初期餌料となっている。本種は植物プランクトンを主要餌料とし、基礎生産と高次栄養段階生物の生産を繋ぐ重要な役目を果していることから、北海道沿岸の生態系において重要な位置を占めると考えられる。本研究は、当海域における *P. newmani* の生態系内での機能を定量的に把握するため一連の室内飼育実験と野外実験を行い、餌の質が *P. newmani* の産卵およびその卵の孵化率に与える影響、産卵数及びその孵化率に与える珪藻ブルームの影響、発育、卵生産、体長、体重、体化学組成及び代謝速度に与える水温の影響について以下の結果を得た。

室内飼育で得られた *P. newmani* の成熟雌に珪藻2種、鞭毛藻2種を餌として与えたところクラッチサイズ（1回の産卵数）にはそれぞれの藻類による差は見られなかった。一方、卵の孵化率は珪藻を与えた場合大きく低下した。珪藻と鞭毛藻の混合、または鞭毛藻を餌として与えた場合には卵孵化率の低下は観察されなかった。これらの餌料藻類の脂肪酸組成を調べたところ卵孵化率は餌料に含まれている $\omega 3$ HUFA（高度不飽和脂肪酸）の含有量と関係があり、特にDHAの含有量と卵孵化率の間には正の相関が見られた。

北海道周辺海域で1998年2月-7月に採集した *P. newmani* の成熟雌のクラッチサイズは季節的に12-30 と変動した。この変動は雌成体の頭胸長の変動で良く説明でき、さらに雌頭胸長は生息水温に依存していた。調査期間中、クロロフィルa量も大きく変動したが、これは

*P. newmani*のクラッチサイズ、雌体サイズに影響していなかった。卵の孵化率は季節的に大きく変化した、3月に発生した珪藻の春季ブルーム時に孵化率の低下は見られず、さらに全調査期間を通して孵化率と珪藻の現存量との間に相関は見られなかった。自然海における*P. newmani*の卵孵化率は餌の組成（質・量）だけではなく、*P. newmani*の個体密度（交尾率）および生息水温（水温の増加により雄：雌の比が減少）など複雑な要因が係っていると考えられる。

水温を3、6、10、15、20℃に設定した*P. newmani*の発育実験で、20℃で本種は発育できなかった。水温3-15℃の範囲では水温の上昇に伴って発育時間が短縮した。摂食開始前のステージ（N1およびN2期）の滞留時間が全ての発育ステージ中で最も短く、摂食を開始するN3で最も長くなった。N4-N6とそれに続くC1-C4でステージ滞留時間はほぼ等時成長（isochronal development）であることが判った。C5期のステージの滞留時間はこの等時成長から逸脱し長くなったが、これは性成熟期のためのエネルギーを蓄積するのに余分の時間を要するためと考えた。

水温3、6、10、15℃で発育した*P. newmani* 成熟雌の体長、クラッチサイズは飼育水温の上昇に伴って減少した。一方、クラッチサイズと雌体長の間には良い相関があり、クラッチサイズの減少は体長の減少に起因したと思われる。さらにそれぞれの水温で発育・成熟した雌から生まれたN1の体長は水温の増加に伴って減少した。N1の体長は親の体長に相関しており、小さい雌からは小さいN1が生まれた。雄：雌の割合は3℃で1.2：1であったが水温の上昇に伴って徐々に低下し、15℃で0.4：1となった。この発育水温による性比の偏りについて原因は明らかに出来なかったが、ノープリウス期に雄の死亡率が高いかあるいは生まれた時の雌雄比がすでに雌に傾いていた可能性も考えられる。

水温3、6、10、15℃で発育した成体の乾重量当たりの炭素および窒素含量は雌（C：40.8-44.3%、N：10.6-11.3%）、雄（C：49.8-54.7%、N：8.0-9.4%）ともに水温の違いによる差は見られなかった。雌雄間では炭素含量は雄の方が雌より有意に高かったが、窒素含量は逆に雌の方が有意に高かった。性の違いによる体化学成分の相違は雌雄の生殖巣の発育と油球の蓄積に関連していると思われる。

水温10℃でC1-C6ステージの呼吸速度 ($\mu\text{l O}_2 \text{ inds}^{-1} \text{ h}^{-1}$) は発育ステージの進行に伴って増加した。単位乾重量 (DW) に当たりの呼吸速度 ($\mu\text{l O}_2 \text{ mg DW}^{-1} \text{ h}^{-1}$) で表現するとステージの増加に伴い (=体重の増加に伴い)、減少する傾向を示した。またC4期以後の雌雄については雄が雌よりも有意に高い単位乾重量当たりの呼吸速度を示した。C1-C6の呼吸速度 ($R, \mu\text{l O}_2 \text{ inds}^{-1} \text{ h}^{-1}$) と乾重量 ($DW, \mu\text{g inds}^{-1}$) の間には良い相関があり、 $R = 0.001716 DW + 0.01011$ ($N = 9, r = 0.97$)の回帰直線で示された。雌雄間で見られた呼吸速度の差はこのR-DW関係では見られず、従って雌雄間の呼吸速度の差はそれぞれのDWの相異によるものであることが判明した。

水温3、6、10、15、20℃で*P. newmani*成体雌雄の呼吸速度を測定し、各水温における体重の違いを補正するため上記の式に当てはめ、上記回帰直線のY-軸切片 (a) と水温 (T) との関係調べ、 $a = 0.001525 T - 0.006401$ ($N = 8, r = 0.94$)の関係式が得られた。なお、20℃のデータはこの直線から外れていることが判ったので除外した。なお、水温20℃は上述のように*P. newmani*は発育できず、本種にとって生理学的に耐えうる上限水温と思われる。

水温3、6、10、15℃で発育した*P. newmani*のC1-C6について成長 (G) に用いられた炭素と呼吸 (R) に消費された炭素 [呼吸商=0.97 (蛋白代謝) として呼吸速度と各ステージ滞留時間から計算] とから純成長効率 [$K_2 = G \times 100 / (G+R)$] を計算した。なお、この計算では脱皮による炭素は無視した。その結果、*P. newmani* のC1-C6の発育過程における K_2 は15℃で最も小さく (雌: 39.2%、雄: 41.4%) 水温の低下に伴い増加し雌雄何れも3℃で最大の K_2 が得られた (雌: 59.1%、雄: 61.4%)。水温-G、水温-R関係から K_2 が水温の低下に伴って単調に増加することが確認された。

北海道南西部恵山沖において、*P. newmani*は低温な親潮 (<3℃) の影響下にある冬-春に大きな個体群を形成し、津軽暖流が優勢となる夏-秋には水温が低い層へ潜って小さな個体群を維持する。本実験結果から得られた低温での体サイズの大型化、それによるクラッチサイズの増大、純成長効率の増大は本種が低温に適した種であることを示すとともに、恵山沖における野外個体群の出現状況とも良く一致する。

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

海産浮遊性カイアシ類 *Pseudocalanus newmani* Frost の 再生産・成長・代謝に関する実験生態学的研究

カイアシ類 *P. newmani* は北海道南西部恵山沖の動物プランクトン群集中に優占し、本種の幼生がスケトウダラの重要な初期餌料となっている。本種は植物プランクトンを主要餌料とし、基礎生産と高次栄養段階生物の生産を繋ぐ重要な役目を果していることから、北海道沿岸の生態系において重要な位置を占めると考えられる。申請者は、当海域における *P. newmani* の生態系内での機能を定量的に把握するため一連の室内飼育実験と野外調査を行い、餌の質が *P. newmani* の産卵・卵の孵化率に与える影響、産卵数・孵化率に与える珪藻ブルームの影響、発育、卵生産、体長、体重、体化学組成及び代謝速度に与える水温の影響について以下の結果を得た。

1. 室内飼育で得られた成熟雌に珪藻、鞭毛藻を餌としてそれぞれ与えたところクラッチサイズ（1回の産卵数）には藻類による差は見られなかった。一方、卵の孵化率は珪藻を与えた場合大きく低下した。珪藻と鞭毛藻の混合、または鞭毛藻を餌として与えた場合には卵孵化率の低下は観察されなかった。これらの餌料藻類の脂肪酸組成を調べたところ卵孵化率は餌料に含まれている ω 3HUFA（高度不飽和脂肪酸）の含有量と関係があり、特にDHAの含有量と卵孵化率の間には正の相関が見られた。

2. 北海道周辺海域で1998年2月・7月に採集した成熟雌のクラッチサイズは季節的に12・30と変動した。この変動は雌成体の頭胸長の変動で良く説明でき、さらに雌頭胸長は生息水温に依存していた。調査期間中、クロロフィルa量も大きく変動したが、これはクラッチサイズ、雌体サイ

ズに影響していなかった。卵の孵化率は季節的に大きく変化した。全調査期間を通して孵化率と珪藻の現存量との間に相関は見られなかった。自然海における *P. newmani* の卵孵化率は餌の組成（質・量）だけではなく、*P. newmani* の個体密度（交尾率）および生息水温（水温の増加により雄：雌の比が減少）など複雑な要因が係っていると考えられる。

3. 水温3、6、10、15、20℃での発育実験で、20℃で本種は発育できなかった。水温3-15℃の範囲では水温の上昇に伴って発育時間が短縮し、発育・成熟した個体の体長及び成熟した雌のクラッチサイズ、生まれたN1の体長が減少した。クラッチサイズ及び生まれたN1の体長と雌体長の間には良い相関があり、クラッチサイズ及び生まれたN1の体長の減少は雌体長の減少に起因したと思われる。雄：雌の割合は水温の上昇に伴って徐々に低下した。この発育水温による性比の偏りについて原因は明らかに出来なかった。成体の炭素及び窒素含量は雌雄ともに水温の違いによる差は見られなかった。炭素含量は雄の方が有意に高かったが、窒素含量は逆に雌の方が有意に高かった。性の違いによる体化学成分の相違は雌雄の生殖巣の発育と油球の蓄積に関連していると思われる。

4. *P. newmani* の呼吸速度 ($\mu\text{l O}_2 \text{ inds}^{-1} \text{ h}^{-1}$) は発育ステージの進行に伴って増加した。単位乾重量 (DW) に当たりの呼吸速度 ($\mu\text{l O}_2 \text{ mg DW}^{-1} \text{ h}^{-1}$) で表現するとステージの増加に伴い (=体重の増加に伴い)、減少する傾向を示した。呼吸速度 ($R, \mu\text{l O}_2 \text{ inds}^{-1} \text{ h}^{-1}$) と乾重量 ($DW, \mu\text{g inds}^{-1}$) の間には良い相関があり、 $R = 0.001716 DW + 0.01011$ ($N = 9, r = 0.97$) の回帰直線で示された。*P. newmani* のC1-C6について成長 (G) に用いられた炭素と呼吸 (R) に消費された炭素 [呼吸商 = 0.97 (蛋白代謝) として呼吸速度と各ステージ滞留時間から計算] とから純成長効率 [$K_2 = G \times 100 / (G+R)$] を計算した。その結果、 K_2 は水温の低下に伴い増加し雌雄何れも3℃で最大の K_2 が得られた (雌で60%、雄で61%)。

5. 北海道南西部恵山沖において、本種は低温な親潮 (<3℃) の影響下にある冬・春に大きな個体群を形成し、津軽暖流が優勢となる夏・秋には水温が低い層へ潜って小さな個体群を維持する。本実験結果から得られた低温での体サイズの大型化、それによるクラッチサイズの増大、純成長効率の増大は本種が低温に適した種であることを示すとともに、恵山沖における野外個体群の出現状況とも良く一致する。

これらの研究結果は、*P. newmani* の生物学・生理学的特性を実験的に初めて解明したものである

り、北海道南西部沖での生物生産過程の解明に大きく貢献するものとして高く評価され、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。