学 位 論 文 題 名

日本海におけるオキアミ類 (*Euphausia pacifica*,
Thysanoessa longipes) の生産生態学的研究

学位論文内容の要旨

オキアミ類は動物プランクトンの一類として世界の海洋に広く分布している。日本海でも全動物プランクトン群集に占めるオキアミ類の割合は高く、有用魚介類の餌生物として重要であるため、同海の低次生物生産過程を解明するための鍵種として、その生態学的特性と個体群生産過程に関する知見の充実が強く望まれてきた。本研究は、先ず日本海における全般的なオキアミ類の出現状況を把握し、そのうちで最も優占する 2 種 *Euphausia pacifica* と *Thysanoessa longipes* について、前者は南部海域に位置する富山湾、中部海域に位置する大和堆周辺域、後者は大和堆周辺域をモデル海域とし、次の各項目について調査研究を実施した。

- 1) 日本海における出現状況、特に過去に知見の少ない冬季沖合域、北部海域における分布状況と広域的な生物量の把握
- 2) 生活史（成長、産卵時期、昼夜鉛直分布）の解明
- 3) 飼育実験による、代謝活性、産卵数、ふ化・初期幼生発育時間の測定とそれらに対する水温の影響の解明
- 4) 個体群の生産速度 (P) の内容を詳細に体組織 (Pg) , 脱皮殻 (Pe) , 卵 (Pr) の生産に分けて推定 ($P=Pg+Pe+Pr$)
- 5) 日本海における植物プランクトン—オキアミ類—魚介類を結ぶ食物連鎖の各段階での転送効率の見積もり

それぞれの項目について得られた結果は以下のように要約される。

- 1) 年間を通して実施した広域調査の結果、6種のオキアミ類が出現した (*Euphausia pacifica*, *E. nana*, *Pseudoeuphausia latifrons*, *Thysanoessa*

longipes, *T. inermis*, *Stylocheiron affine*)。これら6種は何れも日本海固有種ではないが、*T. longipes*については日本海での分布南限が太平洋側のそれに比べてより低緯度に及んでいることが示された。これは寒冷な日本海固有水 (<1°C) の存在や日本海の海洋環境の歴史的変遷が強く関連していると思われる。数量的に最も優占した2種 *E. pacifica* と *T. longipes* のうち、*E. pacifica* は日本海全域に分布し、その生物量は404万トンと推定された。一方、*T. longipes* は日本海中～北部で特に優占しており、その生物量は973万トンと推定された。

2) 個体群構造の季節的な変遷から解析された *E. pacifica* の成長は時間に対して直線的で、その日間成長速度は富山湾個体群で 0.076~0.102 mm (全長) /日、大和堆個体群で 0.051~0.062 mm/日と計算された。ただし、富山湾個体群は、表層水温が 20°C を越える夏～秋季には、主な餌料である植物プランクトンが乏しい低温な深層へ潜るため餌不足となり、成長が停滞したが (上記日間成長速度は春～初夏のもの)、この成長停滞期は大和堆個体群では見られなかった。*T. longipes* の大和堆周辺域における成長は、von Bertalanffy の成長式 [$BL_t = BL_{\infty} (1 - e^{-K(t-t_0)})$] によく当てはまり、それぞれのパラメーター値は、雄で $BL_{\infty} = 17.661$, $K = 0.001964$, $t_0 = 22.052$, 雌で $BL_{\infty} = 37.118$, $K = 0.000838$, $t_0 = 25.057$ であった。*T. longipes* 雄は体長約 15 mm 以降で成長が鈍化するのに対して、雌の成長は体長 20 mm を越えても持続した。

E. pacifica の産卵は富山湾で年1回 (2~5月)、大和堆で2回 (春季と秋季) 見られた。富山湾個体群の世代時間は1年、寿命は21ヶ月未満と見積もられた。一方、*T. longipes* の大和堆における産卵は、年1回 (4~5月) で、本種の世代時間は2年、寿命は3年未満と推定された。

E. pacifica 富山湾個体群の昼夜鉛直分布において、昼間の最大分布深度は250~300 m と季節によらず一定であったが、夜間浮上深度は表層水温季節的变化によって表面から水深 100 m まで変化した。*T. longipes* 大和堆個体群については顕著な昼夜鉛直移動は観察されず、大型個体ほど深層に生息し、その分布は水深 1000 m まで達した。個体群の最大分布層の水温から推定した年間の平均生息水温は *E. pacifica* で 8.1°C, *T. longipes* で

2. 3°Cであった。

3) 純成長効率 K_2 [=成長/(成長+代謝)] が最大となる水温 (T , °C) を最適水温と定義し, 室内飼育実験で酸素消費速度 (代謝) と脱皮間隔 (成長) を種々の水温条件下で測定し, その結果を解析したところ, T は *E. pacifica* で 11°C ($K_2=36\%$) であり, *T. longipes* で 2°C ($K_2=9\sim 26\%$) であった。この結果は野外調査で明らかとなった両種の生息水温の結果とほぼ一致し, 前者は後者よりもより高い水温に適していることが示された。

E. pacifica 雌の1回の産卵数は 12~296 個の範囲にあった。卵のふ化率は 1~20°C で高く (96.3~99.5%), 22, 25°C で低かった (70.3, 1.1%)。ふ化から摂餌を開始するカリプトピス幼生 I 期までの発育に要した日数 (D) と水温 (T °C) の関係は, $\log_{10}D = -0.0405T + 1.246$ の式で表現できた。

4) *E. pacifica* 富山湾個体群の年間生産量の内容は体組織 (P_g) = 4117, 脱皮殻 (P_e) = 1206, 卵 (P_r) = 1226 mgC m⁻² であり, $P_g:B$ 比は 3.78 であった。同種の大和堆個体群では $P_g=1227$, $P_e=126$, mgC m⁻² であり, $P_g:B$ 比は 5.60 であった。*T. longipes* 大和堆個体群の年間生産量は $P_g=242$, $P_e=44$ mgC m⁻² であり, $P_g:B$ 比は 1.33 であった。*E. pacifica* に比べて *T. longipes* の $P_g:B$ 比が低いのは, 低温下に生息する本種の成長が遅いためと考えられた。

5) *E. pacifica* 富山湾個体群と *T. longipes* 大和堆個体群の消化管内容物を査定した結果, 前者は植食性が, 後者は肉食性が比較的強いことが示された。本研究の広域調査で明らかとなった生物量と生産量の資料から日本海全体での *E. pacifica*, *T. longipes* 各個体群の年間生産量 (P_g) を同海の年間基礎生産量 (56940 mgC m⁻²) と比較するとそれぞれ年間基礎生産量の 7%, 0.4% となった。これらオキアミ類 2 種は日本海でマアジ, カタクチイワシ, スルメイカ, マサバ, スケトウダラ, マス類など様々な有用魚介類の餌生物となっていることから, 日本海の年間漁獲量 (33 mgC m⁻²) を *E. pacifica*, *T. longipes* 2 種の合計年間生産量 (P_g) と比較すると前者は後者の 0.8% となることが判明した。

学位論文審査の要旨

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

学 位 論 文 題 名

日本海におけるオキアミ類 (*Euphausia pacifica*, *Thysanoessa longipes*) の生産生態学的研究

オキアミ類は動物プランクトンの一群として世界の海洋に広く分布している。日本海でも全動物プランクトン群集に占めるオキアミ類の割合は高く、有用魚介類の餌生物として重要であるため、同海の低次生物生産過程を解明するための鍵種として、その生態学的特性と個体群生産過程に関する知見の充実が強く望まれてきた。本研究は、先ず日本海における全般的なオキアミ類の出現状況を把握し、そのうちで最も優占する2種 *Euphausia pacifica* と *Thysanoessa longipes* について、前者は南部海域に位置する富山湾、中部海域に位置する大和堆周辺域、後者は大和堆周辺域をモデル海域とし、調査研究を実施した。得られた結果およびそれに基づく議論のうち、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。

1) 年間を通して実施した広域調査の結果、6種のオキアミ類が出現した (*Euphausia pacifica*, *E. nana*, *Pseudoeuphausia latifrons*, *Thysanoessa longipes*, *T. inermis*, *Stylocheiron affine*)。数量的に最も優占した2種 *E. pacifica* と *T. longipes* のうち、*E. pacifica* は日本海全域に分布し、その生物量は404万トンと推定された。一方、*T. longipes* は日本海中～北部で特に優占しており、その生物量は973万トンと推定された。

2) 個体群構造の季節的な変遷から解析された *E. pacifica* の成長は時間に対して直線的で、その日間成長速度は富山湾個体群で 0.076~0.102 mm (全長) /日、大和堆個体群で 0.051~0.062 mm/日と計算された。*T. longipes* の大和堆周辺域における成長は、von Bertalanffy の成長式 $[BL_t = BL_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)})]$ によく当てはまり、それぞれのパラメ

一ター値は、雄で $BL_{\infty}=17.661$, $K=0.001964$, $t_0=22.052$, 雌で $BL_{\infty}=37.118$, $K=0.000838$, $t_0=25.057$ であった。*T. longipes* 雄は体長約 15 mm 以降で成長が鈍化するのに対して、雌の成長は体長 20 mm を越えても持続した。

E. pacifica の産卵は富山湾で年 1 回 (2~5 月), 大和堆で 2 回 (春季と秋季) 見られた。富山湾個体群の世代時間は 1 年, 寿命は 21 ヶ月未満と見積もられた。一方, *T. longipes* の大和堆における産卵は, 年 1 回 (4~5 月) で, 本種の世代時間は 2 年, 寿命は 3 年未満と推定された。個体群の最大分布層の水温から推定した年間の平均生息水温は *E. pacifica* で 8.1°C , *T. longipes* で 2.3°C であった。

3) 純成長効率 K_2 [=成長/(成長+代謝)] が最大となる水温 (T , $^{\circ}\text{C}$) を最適水温と定義し, 室内飼育実験で酸素消費速度 (代謝) と脱皮間隔 (成長) を種々の水温条件下で測定し, その結果を解析したところ, T は *E. pacifica* で 11°C ($K_2=36\%$) であり, *T. longipes* で 2°C ($K_2=9\sim 26\%$) であった。この結果は野外調査で明らかとなった両種の生息水温の結果とほぼ一致し, 前者は後者よりもより高い水温に適していることが示された。

4) *E. pacifica* 富山湾個体群の年間生産量の内容は体組織 (P_g) =4117, 脱皮殻 (P_e) =1206, 卵 (P_r) =1226 mgC m^{-2} であり, $P_g:B$ 比は 3.78 であった。同種の大和堆個体群では $P_g=1227$, $P_e=126$, mgC m^{-2} であり, $P_g:B$ 比は 5.60 であった。*T. longipes* 大和堆個体群の年間生産量は $P_g=242$, $P_e=44$ mgC m^{-2} であり, $P_g:B$ 比は 1.33 であった。*E. pacifica* に比べて *T. longipes* の $P_g:B$ 比が低いのは, 低温下に生息する本種の成長が遅いためと考えられた。

5) *E. pacifica* 富山湾個体群と *T. longipes* 大和堆個体群の消化管内容物を査定した結果, 前者は植食性が, 後者は肉食性が比較的強いことが示された。本研究の広域調査で明らかとなった生物量と生産量の資料から日本海全体での *E. pacifica*, *T. longipes* 各個体群の年間生産量 (P_g) を同海の年間基礎生産量 (56940 mgC m^{-2}) と比較するとそれぞれ年間基礎生産量の 7%, 0.4% となった。これらオキアミ類 2 種は日本海でマアジ, カタクチイワシ, スルメイカ, マサバ, スケトウダラ, マス類など様々な有用魚介類の餌生物となっていることから, 日本海の年間漁獲量 (33 mgC m^{-2}) を *E. pacifica*, *T. longipes* 2 種の合計年間生産量 (P_g) と比較すると前者は後者の 0.8% となることが判明した。

上記の内容は, 日本海の生物生産過程の基盤をなす動物プランクトンの諸生理学・生態学の進歩に貢献し, 同海の生物生産力の定量化を大きく前進させ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 (水産科学) の学位を授与される資格のあるものと判定した。