

広島湾におけるカタクチイワシ仔魚の餌料環境： 橈脚類ノープリウスの鉛直・水平分布

上 真一*・山岡 達*

Vertical and Horizontal Distribution of Copepod Nauplii as Food for Anchovy Larvae (*Engraulis japonica*) in Hiroshima Bay

Shin-ichi UYE* and Toru YAMAOKA*

Abstract

Vertical and horizontal distributions of copepod nauplii were investigated in Hiroshima Bay during May-July, a major spawning period of Japanese anchovy *Engraulis japonica*. Within the water column, copepod nauplii were distributed abundantly in the layers where the chlorophyll concentration was high and there was a significant positive relationship between the nauplii density and $<30 \mu\text{m}$ chlorophyll concentration on one out of two occasions. Within the surface layer, the nauplii tended to be abundant toward the head of the bay, showing a similar relationship between nauplii density and $<30 \mu\text{m}$ (or total) chlorophyll concentration on two out of three occasions. *Oithona* nauplii occurred at densities higher than 3,000 indiv. l^{-1} in the innermost part of the bay, but these may not be utilized usually by anchovy larvae, since the major spawning ground of anchovy is the open bay area. The nauplii patch (>100 indiv. l^{-1}) was only sporadic and the average nauplii density was 26.5 indiv. l^{-1} in the open bay area, indicating that the feeding condition of anchovy larvae was very severe in Hiroshima Bay. These larvae may depend on small scale nauplii patchiness which was not detected in the present study (62-309 m intervals) or on phytoplankton as a supplementary food under scarce nauplii supply.

1. はじめに

広島湾におけるカタクチイワシ (*Engraulis japonica*) 漁業は昔から盛んに行われており、ちりめんじゃこ、いりこ等の加工品に製造される他、成魚は養殖魚の餌に使用されたり、また一部は鮮魚（特に刺身用）としてこの地方の市場に出回っている。本海域（一部芸芸灘を含む）における最近5年間（1983～1987年）の年間漁獲量は、シラスとして2194～3609トン、カタクチイワシ未成魚・成魚として2874～8047トンであり、シラス漁獲量の占める割合が高いのが特徴である（広島県農林漁業統計、1985～1989）。

広島湾のカタクチイワシの生態は高尾（1964）によっ

て調査されており、この海域のカタクチイワシ発生群は、脊椎骨数、成長パターンなどから1つの地方群の可能性が示唆されている。湾内でのカタクチイワシの産卵は5～12月の期間に行われ、産卵盛期は6月である。また FUKUHARA (1983), FUKUHARA and TAKAO (1988) は飼育によるカタクチイワシの成長に伴う形態ならびに行動の変化を明らかにしている。しかしながら広島湾におけるカタクチイワシの餌料環境については明らかにされていない。

後期仔魚の餌料生物として、橈脚類の卵、ノープリウス、コペポダイト、昆虫類、有鐘類、渦鞭毛藻類、珪藻類などが報告されているが、特に橈脚類ノープリウスは多くの仔魚にとって重要な初期餌料となっている（田中、1980）。また広島湾で採集したカタクチイワシ後期仔魚も橈脚類ノープリウスを専食することを観察していることから（上、未発表）、本研究では広島湾におけるカタ

受理年月日 1990年6月15日

* 広島大学生物生産学部 Faculty of Applied Biological Science, Hiroshima University, Shitami, Saijo-cho, Higashi-Hiroshima 724, Japan.

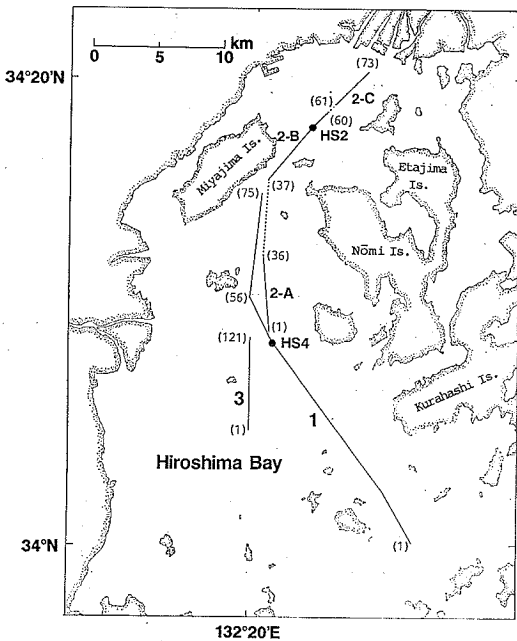


Fig. 1. Map showing the location of stations (HS2, HS4) for vertical distribution and of survey lines (1, 2-A, B, C, 3) for horizontal distribution of copepod nauplii. Numeral in parenthesis indicates the location of sampling stations for horizontal distribution. See also Table 1 for detail.

クタイワシ後期仔魚の餌料環境を明らかにすることを目的として、橈脚類ノープリウスの鉛直ならびに水平分布をカタクタイワシ産卵期に相当する5～7月の期間に調査した。

2. 材料と方法

2-1. 橈脚類ノープリウスの鉛直分布

橈脚類ノープリウスの鉛直分布に関する調査は、1988年5月20, 21日に、Fig. 1に示した広島湾内の2定点(HS2, HS4)で、広島大学練習船「豊潮丸」を使用して行った。各定点の水温、塩分の鉛直分布はオートメモリーSTD(アレック電子AS-100, AST-1000)で測定した。橈脚類ノープリウスは水中ポンプ(荏原製作所、揚水速度: 230 l min^{-1})により、表面から海底直上まで1m深毎に海水20lを船上に揚水し、目合い $30 \mu\text{m}$ のハンドネットで濾過して採集した。採集物は直ちに、10%中性ホルマリン海水中で固定し、研究室に持ち帰った。現場の橈脚類ノープリウスの餌料量の指標として各層から採水された海水中の $30 \mu\text{m}$ 以下のクロロフィルa濃度(以下、 $<30 \mu\text{m}$ Chl. aと略す)を蛍光法により求めた。また、0, 5, 10, 20m, 海底上2mの各層における全サイズを含むクロロフィルa濃度(以下、全 Chl. aと略す)も測定した。動物プランクトンサンプルは上澄み液を除いて30mlの沈殿管に收容し、その一部を実体顕微鏡下で観察し、同定計数した。その際100個体以上の橈脚類ノープリウスを計数した。すなわち、もし1回の抽出サンプル中に約20個体存在すれば、その抽出を少なくとも5回行うわけである。橈脚類ノープリウスの同定には主として古賀(1984)を参照し、属レベルで行った。なお同定に際し、実体顕微鏡下での *Oithona* 属、*Corycaeus* 属の判別は困難であったので、両者を合わせて計数した場合もあった。

2-2. 橈脚類ノープリウスの水平分布

橈脚類ノープリウスの水平分布に関する調査は、1988年5月20日、6月24日、および1989年7月6日の3回実

Table 1. Date, location and other information during investigation of copepod nauplii horizontal distribution in Hiroshima Bay.

Survey line	Date/Time	Location start	Location end	Cruising speed (knot)	Length of a segment (m)	Number of segments	Sampling volume ($\text{l} \cdot \text{segment}^{-1}$)
1	20 May '88 11:55-12:30 13:47-14:32	$34^{\circ}14.5'N$ $132^{\circ}20.8'E$	$32^{\circ}00.5'N$ $132^{\circ}08.0'E$	10	309	75	46.8
2-A	24 June '88 10:50-11:25	$34^{\circ}09.1'N$ $132^{\circ}20.9'E$	$34^{\circ}12.0'N$ $132^{\circ}20.4'E$	5	154	36	126.3
2-B	12:11-12:36	$34^{\circ}15.8'N$ $132^{\circ}21.2'E$	$34^{\circ}18.3'N$ $132^{\circ}23.4'E$	5	154	24	38.1
2-C	12:51-13:03	$34^{\circ}19.0'N$ $132^{\circ}23.5'E$	$34^{\circ}20.2'N$ $132^{\circ}24.4'E$	5	154	13	15.1
3	6 July '89 09:10-11:10	$34^{\circ}09.3'N$ $132^{\circ}20.0'E$	$34^{\circ}05.0'N$ $132^{\circ}20.0'E$	2	62	121	44.6

施した。各調査時での採集ライン、ならびに各ラインの代表的な定点番号を Fig. 1 に、調査中の航走に関するデータを Table 1 にそれぞれ示した。

ライン 1, 2 における採集では途中で停船観測を行ったり、調査が行えなかった区間があるので、それらの定点または区間で不連続になっている。また定点番号は便宜的に南部の湾口部の定点から開始し、北部の湾奥部の定点ほど番号が大きくなっている。

採集中は「豊潮丸」に設置されている海水ポンプ（取水口は水面下約 3 m）により連続的に甲板の水槽（容量：約 100 l, 交換速度：15 秒）に汲み上げられた海水の水溫、塩分を STD（マーテック社, Mark VI）により、全 Chl. a はフローシステムの蛍光光度計（Turner Designs）により連続記録した。$30\mu\text{m}$ Chl. a については汲み上げられた海水の一部を 1 分間隔で採水し、鉛直分布の時と同様に測定した。ただし 1989 年 7 月 6 日の

計査時には $30\mu\text{m}$ Chl. a は測定しなかった。橈脚類ノープリウスは水槽から一定流量でオーバーフローする海水を、1 分間隔で目合い $30\mu\text{m}$ のハンドネットを受けて連続的に採集した。ノープリウスの同定計数は鉛直分布の時と同様に行った。

3. 結果

3-1. 橈脚類ノープリウスの鉛直分布

定点 HS2（水深：21 m）における調査結果を Fig. 2 に示した。水溫は表層では 16.6°C であり、水深約 7 m（14.0°C）までは急激に下降し、その後徐々に 13°C まで低下した。塩分は表層（27.81‰）から 3 m 層まで急激に上昇し、その後徐々に 32.77‰ まで上昇した。$30\mu\text{m}$ Chl. a は $1.0\sim 4.05\mu\text{g l}^{-1}$ の範囲で変動し、1~3 m 層で $3.80\sim 4.05\mu\text{g l}^{-1}$ の極大層を形成しており、水深と共に低下した。全 Chl. a は表面で最高の $6.36\mu\text{g l}^{-1}$ で、

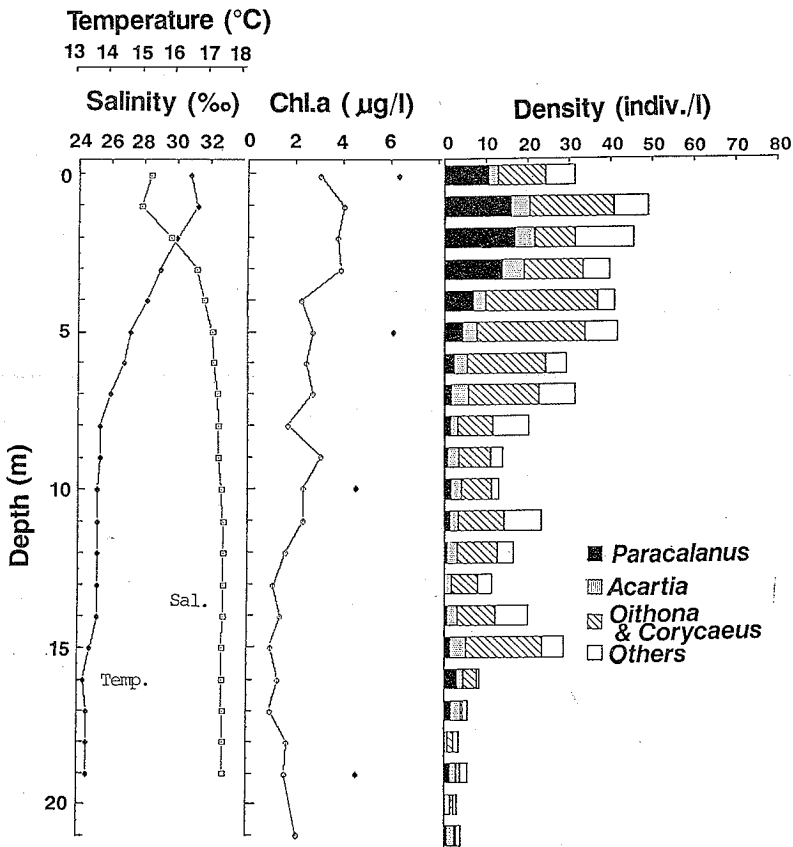


Fig. 2. Vertical distribution of temperature, salinity, $30\mu\text{m}$ chlorophyll a, total chlorophyll a and the density of copepod nauplii at HS2.

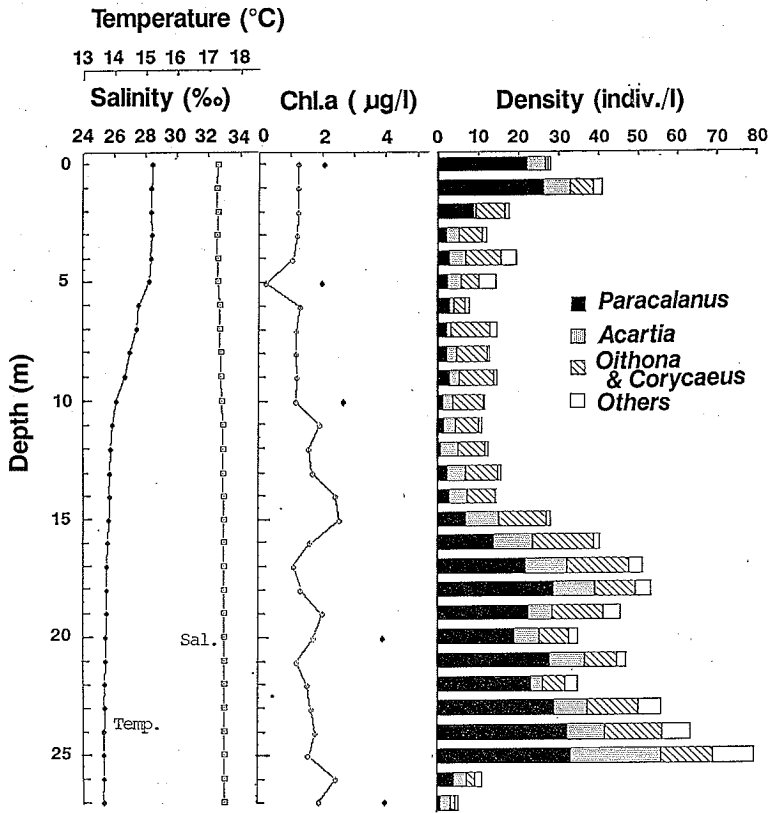


Fig. 3. Vertical distribution of temperature, salinity, $<30 \mu\text{m}$ chlorophyll *a*, total chlorophyll *a* and the density of copepod nauplii at HS4.

19m層で最低の $4.65 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ であった。全 Chl. *a* に占める $<30 \mu\text{m}$ Chl. *a* の割合は平均45% (範囲: 34.8~52.0%) であった。

定点 HS 2 における橈脚類ノープリウスの密度は表層で高く、底層で低かった。分布の極大層は1~5m層に形成され、その平均密度は $43.7 \text{ indiv.} \cdot \text{l}^{-1}$ であった。本定点においても最も多く出現したのは *Oithona* 属 + *Corycaeus* 属ノープリウスで、ノープリウス全体に占めるそれらの割合は平均46.5%であった。また *Paracalanus* 属ノープリウスは0~3mの表層で多く出現した。

定点 HS 4 (水深: 27m) における結果を Fig. 3 に示した。水温は $13.7 \sim 15.2^\circ\text{C}$ の範囲で変動し、4~11m層に弱い水温躍層が形成されていた。塩分は $32.55 \sim 32.98 \text{ ‰}$ の範囲であり、表層から底層まで大きな変化を示さなかった。 $<30 \mu\text{m}$ Chl. *a* は $0.24 \sim 2.55 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ の範囲で変動し、10m層までは5m層での低い値を除いてほぼ一定

であるが、深くなるにつれて次第に変動が大きくなり、全体的にその値は高くなった。全 Chl. *a* は表面で $2.05 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ 、27m層で $4.02 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ を示し、底層で高かった。全 Chl. *a* 中に占める $<30 \mu\text{m}$ Chl. *a* の割合は平均42.3% (12.1~61.5%) であった。

定点 HS 4 において、橈脚類ノープリウスの出現密度は25m層で $79.6 \text{ indiv.} \cdot \text{l}^{-1}$ という極大値を記録した。出現密度は表層(0~1m層)と15~25m層で高く、それぞれの平均密度は 34.8 、 $45.7 \text{ indiv.} \cdot \text{l}^{-1}$ であった。本定点において最も多く出現したのは *Paracalanus* 属ノープリウスで、橈脚類ノープリウス全体に占めるそれらの割合は平均34.8%であった。特に表層(0~2m層)と16m以深での本属の占める割合は高く、それぞれ平均 63.7 、 45.0% であった。また *Oithona* 属 + *Corycaeus* 属ノープリウスは表層を除いて各層ほぼ均一 (平均: $8.2 \text{ indiv.} \cdot \text{l}^{-1}$) に出現したが、*Acartia* 属ノープリウスは

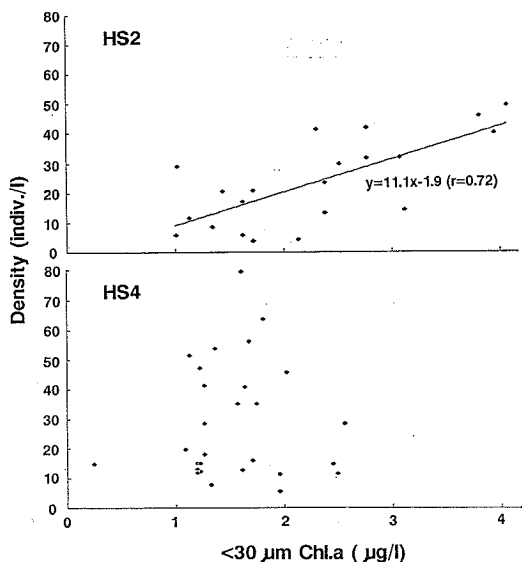


Fig. 4. Relationship between copepod nauplii density and $<30 \mu\text{m}$ chlorophyll a at HS2 (top) and HS4 (bottom).

25m層で $22.9 \text{ indiv. l}^{-1}$ の極大値を記録するなど底層に多く出現する傾向を示した。

従来橈脚類ノープリウスとその餌となる植物プランクトンの濃度との間に正の相関が存在することが報告されている (MULLIN *et al.*, 1985; DAGG *et al.*, 1987) ので、本調査における橈脚類ノープリウス出現密度とそれらの餌となっていると思われる (UYE and KASAHARA, 1983) $<30 \mu\text{m}$ Chl. a との関係を検討し、Fig. 4 に示した。定点 HS 2 では両者の間に有意な相関関係が認められた ($r=0.72$, $p<0.01$) が、定点 HS 4 においては両者の間に有意な相関は認められなかった。

3-2. 橈脚類ノープリウスの水平分布

1988年5月20日

本調査時の環境要因の変動を Fig. 5 に示した。水温は $13.9\sim 15.4^\circ\text{C}$ 、塩分は $32.7\sim 33.2\%$ の範囲で変動し、これらの変動パターンから採集中にいくつかの異なる水塊を通過したことが推測される。 $<30 \mu\text{m}$ Chl. a は約 $1\sim 1.5\text{km}$ の間隔で周期的な増減を繰り返しながら変動した。顕著に高いピークが定点番号、18, 21, 44で観察されたが、それらと水温、塩分の変動との間に特に関連はなかった。 $<30 \mu\text{m}$ Chl. a の平均値は $1.16 \mu\text{g l}^{-1}$ であった。全 Chl. a は調査海域内で $1.46\sim 3.52 \mu\text{g l}^{-1}$ の範囲で変動し、湾口部の定点で高く、湾奥部の定点で低くなる傾向を示した。全 Chl. a 中に $<30 \mu\text{m}$ Chl. a が

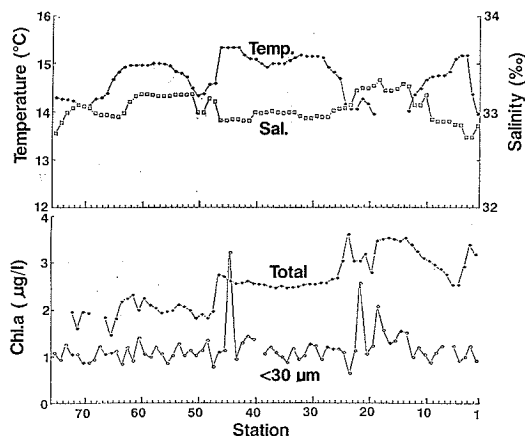


Fig. 5. Horizontal distribution of temperature, salinity (top), $<30 \mu\text{m}$ chlorophyll a and total chlorophyll a (bottom) along the survey line 1. Station number increases shoreward.

占める割合は平均 47.1% (範囲: $17.5\sim 123.5\%$) であったが、湾口部から湾奥部に進むにつれてその割合は増加した。

橈脚類ノープリウスの出現密度 (Fig. 6) は定点番号 $60\sim 66$ (但し64は除く) の範囲で特に高い値を示したが (平均: $57.8 \text{ indiv. l}^{-1}$), その他の定点では大きな変動は示さず、この時の平均ノープリウス密度は $24.6 \text{ indiv. l}^{-1}$ (範囲: $3.6\sim 75.9 \text{ indiv. l}^{-1}$) であった。*Paracalanus* 属ノープリウスは全採集量の平均 54% を占め、その出現パターンは湾口部の定点で低く、定点番号 $48\sim 66$ の湾奥部の定点 (平均: $36.5 \text{ indiv. l}^{-1}$) で高かった。*Acartia* 属ノープリウスは全体の平均 14.9% を占め、その出現密度は *Paracalanus* 属とは逆に湾口部の定点で高かった。*Oithona* 属 + *Corycaeus* 属のノープリウスは全体の平均 6.1% を占め、採集ラインの両端で出現密度が高くなる傾向を示した。

橈脚類ノープリウスの出現密度とそれらの餌料量の指標となる $<30 \mu\text{m}$ Chl. a との間には有意な相関はみられなかった。

1988年6月24日

調査時の環境要因の変動を Fig. 7 に、橈脚類ノープリウスの分布を Fig. 8 にそれぞれ示した。水温は定点番号 1 で 20.5°C であったが、徐々に下降して定点番号 35 で 19.7°C となった。ライン 2-B の最初の観測点の定点番号 36 で水温は 20.6°C に急上昇し、その後水温は定点番号 $39\sim 40$ で一時低下するもの 20.8°C 前後で推移した。湾奥部のライン 2-C では、水温は 20.6°C か

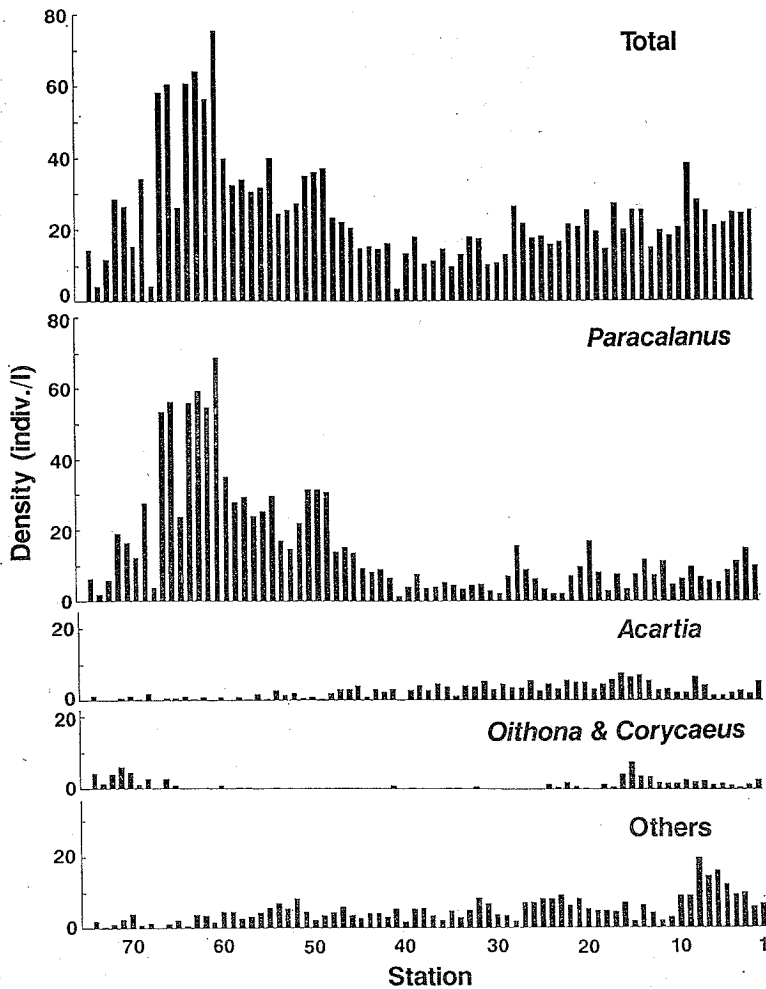


Fig. 6. Horizontal distribution of the density of copepod nauplii along the survey line 1.

ら湾奥部に向かうにつれて 19.9°C へと徐々に下降していった。塩分はライン2-Aの定点番号1~35の間でほとんど変化はなく平均 30.75‰ であったが、ライン2-Bの定点番号36の塩分は 25.5‰ に低下し、その後湾奥に向かって徐々に低下していった。特に定点番号68~72では 20.7‰ と最低を記録した。これは湾奥部に流入する太田川からの河川水が影響したものと考えられる。本調査時においては全体的にクロロフィル *a* 濃度が高く、全 Chl. *a* は $12.3\mu\text{g}\text{l}^{-1}$ 以上存在した。 $<30\mu\text{m}$ Chl. *a* は湾口部の定点ほど低く、定点番号1では $2.3\mu\text{g}\text{l}^{-1}$ であったが、湾奥に進むにつれて次第に増大し、定点番号56で最大値 $49.3\mu\text{g}\text{l}^{-1}$ が観察された。全 Chl. *a* の変動は $<30\mu\text{m}$ Chl.

a より大きな変動を示した。定点番号1 ($12.4\mu\text{g}\text{l}^{-1}$) から定点番号35 ($27.5\mu\text{g}\text{l}^{-1}$) にかけて徐々に増加したが、定点番号36で $70.9\mu\text{g}\text{l}^{-1}$ に急上昇し、その後湾奥に行くにつれて増大する傾向を示した。最大値は $130.3\mu\text{g}\text{l}^{-1}$ であった。全 Chl. *a* 中に占める $<30\mu\text{m}$ Chl. *a* の割合は定点番号1~35の間で平均 19.1% ($10.8\sim 24.5\%$) であり、定点番号36~73の間では平均 27.1% ($14.9\sim 42.3\%$) と変化した。

橈脚類ノープリウスは定点番号1~35では $8.4\sim 30.5$ indiv. l^{-1} の範囲で (平均: 15.7 indiv. l^{-1}) 出現したが、定点番号36 (70.1 indiv. l^{-1}) からノープリウスの出現密度は急激に増加し、定点番号59で最大 $3,876$ indiv. l^{-1}

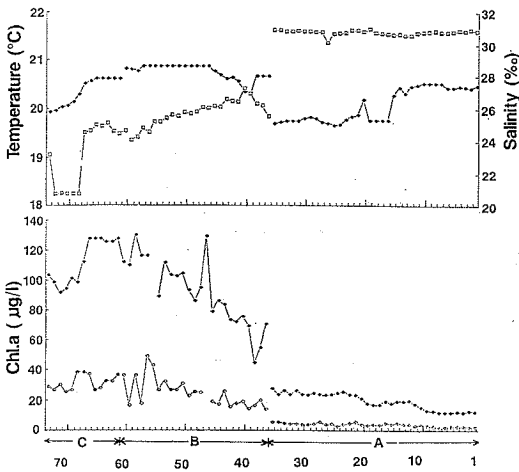


Fig. 7. Horizontal distribution of temperature, salinity (top), $<30 \mu\text{m}$ chlorophyll *a* and total chlorophyll *a* (bottom) along the survey line 2.

を記録した。湾奥部のライン2-Cで出現した橈脚類ノープリウスのうち99.3%は *Oithona* 属で、*Corycaeus* 属は出現しなかった。その最大密度は定点番号59における $3,787 \text{ indiv. l}^{-1}$ であった。*Paracalanus* 属ノープリウスの密度は一般には湾口部が高く、湾奥部に向かうにつれて低下する結果となった。その最大出現密度は定点番号5で $22.9 \text{ indiv. l}^{-1}$ であり、沖合いのライン2-Aにおける橈脚類ノープリウス中に占める *Paracalanus* 属の割合は平均71.9% (50.0~93.9%) であり、この海域では *Paracalanus* 属が卓越して出現した。そのほかにこの海域で出現したノープリウスは *Centropages* 属、*Acartia* 属であったが、それらを合わせた出現密度は最大でも $6.1 \text{ indiv. l}^{-1}$ (平均: $2.2 \text{ indiv. l}^{-1}$) に過ぎなかった。

橈脚類ノープリウスと $<30 \mu\text{m}$ Chl. *a* との関係において、有意な正相関が観察された (相関係数 $r=0.86$, $p<0.01$) (Fig. 9)。

1989年7月6日

本調査時の環境要因の変動を Fig. 10 に、橈脚類ノープリウスの分布を Fig. 11 に示した。水温は定点番号1~18まで約 22.4°C 前後で推移し、その後徐々に低下して定点番号48で 20.7°C を記録し、定点番号66まで低水温で推移した。定点番号67~71間で水温は上昇し、その後は平均 21.0°C で推移した。塩分はほとんど変化がなく平均 32.96‰ であった。全 Chl. *a* は $4.5\sim 14.9 \mu\text{g l}^{-1}$ の範囲で変動し、不規則なピークを形成するもの

の、全体として湾奥に向かうにつれて徐々に増加する傾向をみせた。

橈脚類ノープリウスの出現密度は全体として湾口部から湾奥部に向かって増加する傾向が認められ、特に定点番号64~65と定点番号96~97では $100 \text{ indiv. l}^{-1}$ 以上の高密度であった。橈脚類ノープリウスのうち *Paracalanus* 属が最も多く出現し、全体の54% (0~91.7%) を占めた。前述の定点番号64~65, 95~96のピークにおいては *Paracalanus* 属ノープリウスはそれぞれ85.72%を占めた。次いで出現密度の高かったのは *Oithona* 属 + *Corycaeus* 属で、全体の30% (0~79.2%) を占めた。その他 *Acartia* 属、*Centropages* 属、*Calanus* 属、*Microsetella* 属のノープリウスが出現したが、これら4属のノープリウスは合わせても全体の平均17% (0~46.5%) に過ぎなかった。

全 Chl. *a* と橈脚類ノープリウスの出現密度との関係は有意な正の相関 ($r=0.52$, $p<0.01$) を示した (Fig. 12)。

4. 考察

多くの種類の橈脚類において、ノープリウスは孵化後ステージIIまたはIII期までは卵黄中に存在するエネルギーを利用して発育するが、それ以降は自らの摂餌活動により外部からのエネルギーを取り込まなければならない。しかしノープリウスは小型であることから摂食により得たエネルギーを長期間 (例えば数日間) 保有しておくことはできないし、また遊泳能力も小さい。より速い発育を遂げるためには橈脚類ノープリウスは常に餌の豊富な環境水中に止まることを求められる。その結果、橈脚類ノープリウスの分布は植物プランクトンの分布に影響されることが多い (MULLIN *et al.*, 1985; DAGG *et al.*, 1987)。

広島湾の2定点で行った鉛直分布の調査では、橈脚類ノープリウスの出現極大は表層 (HS 2) にある場合と底層 (HS 4) にある場合の異なった結果を示した。定点HS 2では水温、塩分の成層の程度が強くなり、しかも $<30 \mu\text{m}$ Chl. *a* が表層で高かった。成層強度に対するノープリウスの分布パターンの変化は不明であるが、一般に内湾性橈脚類は広塩性であるので、今回観察された程度の成層強度では (温度差: 約 3°C , 塩分差: 約 4‰)、ノープリウスの分布に影響を与える程ではないと考えられ、主として $<30 \mu\text{m}$ Chl. *a* の分布パターンが影響を与えたと思われる。一般に橈脚類ノープリウスは正の走行性を示すことが多く、また瀬戸内海のような沿

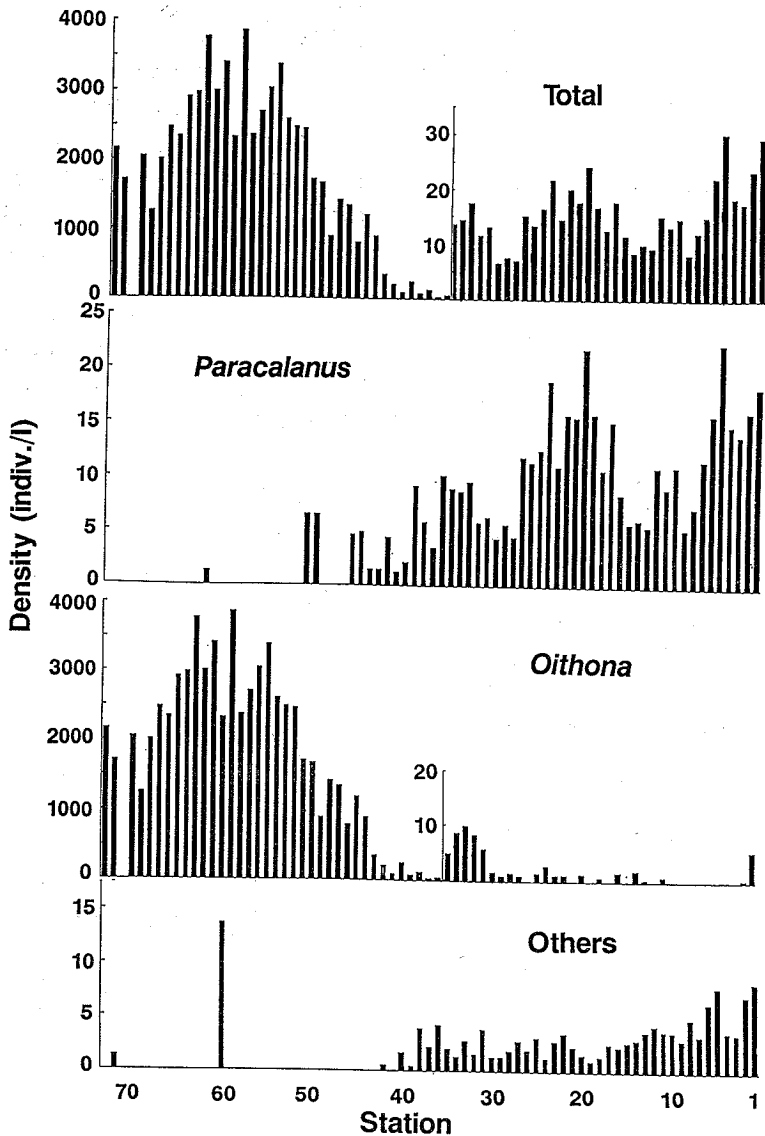


Fig. 8. Horizontal distribution of the density of copepod nauplii along the survey line 2. Note the change of scale in total and *Oithona* abundance.

岸域では、5～7月の成層期には植物プランクトン極大層は表層近くに形成される場合が多いことから、橈脚類ノープリウスも表層付近に分布極大を有する場合が多いことが知られている(中島, 1983; 上, 未発表)。その結果、表層付近に分布するこれらの橈脚類ノープリウスはカタクチイワン仔魚を含む各種仔魚の捕食を受けることになると考えられる。

広島湾における3回の水平分布調査で、橈脚類ノーブ

リウスの出現密度は湾口部から湾奥部に向かうにつれて増加するパターンが観察され、そのうち2回において橈脚類ノープリウス密度と Chl. *a* とは有意な正相関を示した。これら橈脚類ノープリウスの密度傾斜は、基本的には餌となる植物プランクトン現存量あるいは生産量の傾斜と平行関係にあるものと思われる。

1988年6月24日の湾奥部2-Cのラインにおける橈脚類ノープリウスの出現量の多さは特に顕著であった。こ

の時は降雨の直後に相当し、多量の河川水が表層に流入していたと考えられ、また Chl. *a* の値は赤潮状態を示していた。この海域に出現したのはほとんどが *Oithona* 属ノープリウスで、この時の出現密度は 3,000 indiv. l^{-1} 以上にもなった。このような高密度の橈脚類ノープリウ

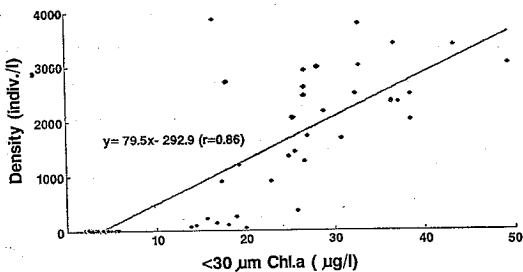


Fig. 9. Relationship between copepod nauplii density and <math><30 \mu\text{m}</math> chlorophyll *a* during investigation along the survey line 2.

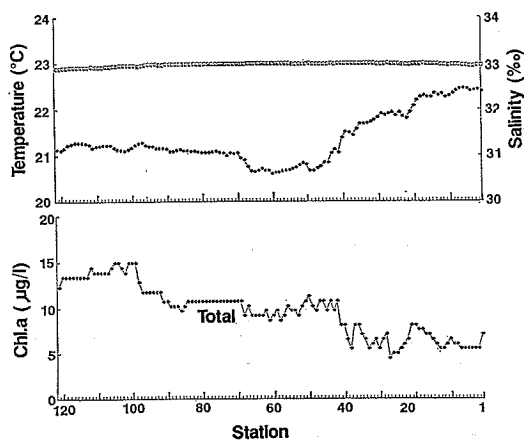


Fig. 10. Horizontal distribution of temperature, salinity (top), and total chlorophyll *a* along the survey line 3.

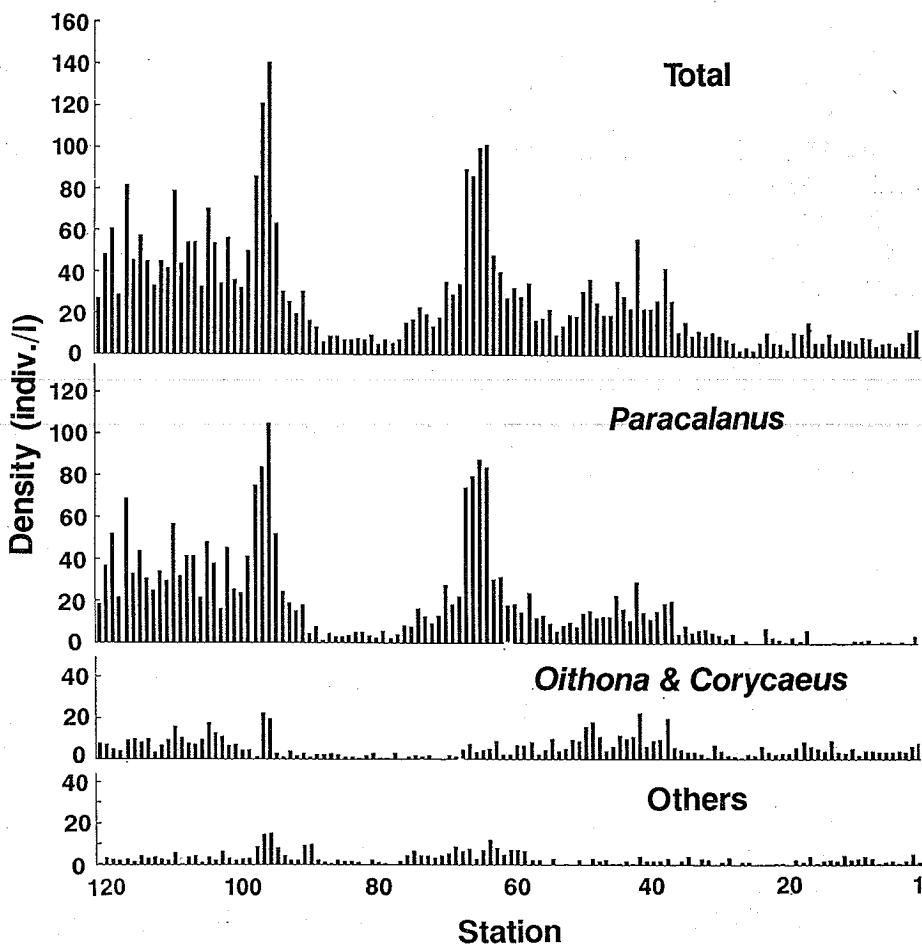


Fig. 11. Horizontal distribution of the density of copepod nauplii along the survey line 3.

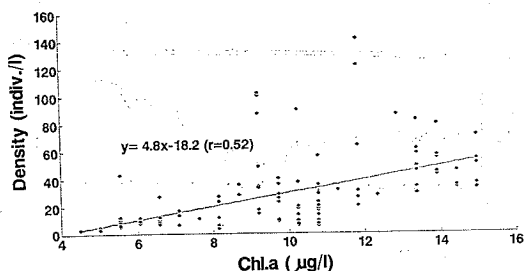


Fig. 12. Relationship between copepod nauplii density and total chlorophyll *a* during investigation along the survey line 3.

は現在まで東京湾奥部において観察されているのみである(丸茂ほか, 1976)。しかし広島湾におけるカタクテイワシの主要な産卵場は、宮島と能美島を結ぶ宮島瀬戸(Fig. 1)以南の海域であり(広島県水産試験場, 1988), カタクチシラスの漁場もその海域に限られていることから(広島県農林漁業統計, 1985~1989), 通常では湾奥部の *Oithona* 属ノープリウスはカタクテイワシ仔魚の餌料として有効に利用されないのではないかと考えられる。しかし湾奥水の沖合への流出, また逆にカタクテイワシ仔魚の湾奥部への輸送の際には, 餌料として有効に利用されるであろう。宮島瀬戸以南のカタクテイワシ主要産卵海域における橈脚類ノープリウスの平均出現密度は $26.5 \text{ indiv. l}^{-1}$ であった。そのうち *Paracalanus* 属ノープリウスが平均60%を占めたことから, 本属ノープリウスの生産性の高さがカタクテイワシ仔魚の餌料環境を決定する可能性を持っていると考えられる。

本邦内湾・沿岸域における橈脚類ノープリウスの出現密度が田中(1981a), あるいは中島(1990)によりまとめられているが, 極端に富栄養化した内湾域を除くと, 橈脚類ノープリウスの平均密度は数 10 indiv. l^{-1} であり, 今回の広島湾の調査結果と異なるものではない。HUNTER(1972)はカリフォルニア産カタクテイワシ(*Engraulis mordax*) 孵化仔魚の索餌可能水量や摂餌成功率より, 生残に必要な最小餌密度をシオミズツボワムシで $105 \text{ indiv. l}^{-1}$ (橈脚類ノープリウスでは $149 \text{ indiv. l}^{-1}$ に換算される。田中, 1981b)と推定しており, また畔田(1981)は同様に日本産カタクテイワシ孵化仔魚の最小ノープリウス密度を $371 \text{ indiv. l}^{-1}$ と推定している。

宮島瀬戸以南の海域がカタクテイワシ仔魚の主要成育場であることを考えると, 本調査により得られた橈脚類ノープリウスの平均出現密度は, 前述の仔魚が必要とする最小餌料密度よりはるかに低いレベルであった。この

ことから, 本海域内でのカタクテイワシ仔魚の餌料環境は厳しいものであると推定され, 好適な餌料環境は, 前述の *Oithona* 属ノープリウス密度の高い湾奥系水の本海域への流入, あるいは橈脚類ノープリウスのパッチ状分布を考えないと説明できないと思われる。

本調査において $100 \text{ indiv. l}^{-1}$ を越える高い密度の橈脚類ノープリウスが観察されたのは, ライン3の定点番号25, 29, 57, 58の4点のみであった。これらの値は本海域の平均密度の4倍に相当することから, たまたまこれらのパッチをカタクテイワシ仔魚が探知し, その中で捕食することができれば, 仔魚の生残率を高めることにつながると考えられる。カタクテイワシ仔魚の索餌距離は既報の知見から次のように推定される。HUNTER(1972)は, カリフォルニア産カタクテイワシ仔魚の遊泳速度 V (cm/sec.) と体長 L (cm) との関係を $V = 0.215 + 1.038L$ の式で表すことができ, また仔魚は遊泳時間の平均83%を索餌のために費やしていると報告している。カタクテイワシの摂餌開始時期は卵黄吸収後の体長約3.5mmの後期仔魚期からで(FUKUHARA and TAKAO, 1988), 主要餌料として橈脚類ノープリウスを捕食するのは, 脊索端が上方に曲り始め運動力が飛躍的に増大して食性の変化をみせはじめる体長約8.0mmまでであることが知られている(畔田, 1981)。仔魚の摂餌可能な時間帯は昼間であるので, 昼間の時間を12時間と仮定すると, 体長3.5mmから8mmまでのカタクテイワシ仔魚の索餌可能距離は52.9mから219mの範囲と推定される。本調査での橈脚類ノープリウスの採集間隔はそれぞれ309m(ライン1), 154m(ライン2), 62m(ライン3)であり, ライン1の調査を除いてその採集間隔はカタクテイワシ仔魚にとって1日当りに索餌可能な範囲内にある。しかし前述の索餌可能距離はカタクテイワシにとって最大直線移動距離であり, 通常は, より狭い範囲内を索餌しているものと考えられることから, 本調査での採集間隔は必ずしもカタクテイワシ仔魚の索餌範囲以下の細かいスケールとはいえず, 今後より詳細な調査を行う必要がある。

内湾・沿岸域では沖合域より植物プランクトンの現存量が高いことから, 橈脚類ノープリウス以外に植物プランクトンが直接カタクテイワシ仔魚に利用される可能性がある。カリフォルニア産カタクテイワシ仔魚は渦鞭毛藻類の *Gymnodinium splendens* を摂餌することにより生残を高め, ある程度まで成長することが知られている(LASKER, 1975; LASKER et al., 1970)。日本産カタクテイワシに初期餌料として渦鞭毛藻類の *Gymnodinium*

sanguineum (*G. splendens* とシノニムとされている) と *Gyrodinium instriatum* を与えて実験した結果、仔魚はこれらの渦鞭毛藻類のみでは生残、成長することは出来なかったが、補助餌料として動物プランクトン餌料の不足を補う可能性が示された(山下ほか, 1989)。これらのことから橈脚類ノープリウス密度の低い水域ではバッチに遭遇するまでの期間をカタクチイワシ仔魚は植物プランクトンを摂餌することにより経過する場合もあると考えられる。

5. おわりに

比較的富栄養な広島湾における橈脚類ノープリウスの出現密度は、従来本邦内湾・沿岸域において報告されている密度と同様に数 10 indiv. l^{-1} 程度であり、カタクチイワシ仔魚が生残に必要とする最小餌密度 (149あるいは 371 indiv. l^{-1}) よりはるかに低いものであった。天然条件下でのカタクチイワシ仔魚の餌料環境を明らかにしていくには、今後カタクチイワシ仔魚の索餌範囲より微細なスケールで (例えば数 m オーダー) で採集調査を行う必要がある。また橈脚類ノープリウスの補助餌料としての植物プランクトンの役割を明らかにしていくには、採集直後の仔魚の観察や野外での無殻渦鞭毛藻類の定量調査を実施する必要があると考えられる。

6. 謝辞

本研究を進めるにあたり、広島大学生物生産学部遠部卓教授、故遠藤拓郎教授、松田 治助教、大塚 攻助手には貴重なコメントを頂いた。また採集に協力して下さった練習船「豊潮丸」の福浦吉行船長以下乗組員の方々並びに水産生物学研究室、水産環境学研究室の学生諸氏に感謝致します。原稿に対し貴重なコメントを頂いた南西海区水産研究所の福原 修氏ならびにレフリーの方に謝意を表します。

文 献

- 畔田正格 (1981) 初期減耗研究の方法論について—カタクチイワシの初期生態の研究から。漁業資源研究会誌報, **22**, 7-28.
- DAGG, M. J., P. B. ORTNER and F. AL-YAMANI (1987) Winter-time distribution and abundance of copepod nauplii in the northern Gulf of Mexico. *Fish. Bull.*, **86**, 319-330.
- FUKUHARA, O. (1983) Development and growth of laboratory reared *Engraulis japonica* (Houttuy) larvae. *J. Fish. Biol.*, **23**, 641-652.
- FUKUHARA, O and K. TAKAO (1988) Growth and larval behaviour of *Engraulis japonica* in captivity. *J. Appl. Ichthyol.*, **4**, 158-167.
- 広島県農林漁業統計 (1985—1989) 中国四国農政局広島統計情報事務所.
- 広島県水産試験場 (1988) 200 カイリ水域内漁業資源総合調査(魚卵仔稚魚群分布精密調査). 広島県水産試験場事業報告書, **62**.
- HUNTER, J.R. (1972) Swimming and feeding behavior of larval anchovy *Engraulis mordax*. *Fish. Bull.*, **70**, 821-838.
- 古賀文洋 (1984) 橈脚類ノープリウスの形態、生態、分類ならびに分化に関する研究. 南西海区水産研究所報告, **16**, 95-225.
- LASKER, R. (1975) Field criteria for survival of anchovy larvae: The relation between inshore chlorophyll maximum layers and successful first feeding. *Fish. Bull.*, **73**, 453-462.
- LASKER, R., H. M. FADER, G.H. THEILACKER and R. C. MAY (1970) Feeding, growth and survival of *Engraulis mordax* larvae reared in the laboratory. *Mar. Biol.*, **5**, 345-353.
- 丸茂隆三・村野正昭・中井俊介・石丸 隆・西田周平 (1976) 東京湾の有鐘織毛虫 (Tintinnoinea). 宝月欣二編, 東京の生物群集と有機汚濁の關係の解析的研究, 37-42.
- MULLIN, M. M., E. R. BROOKS, F.M.H. REID, J. NAPP and E.F. STEWART (1985) Vertical structure of near shore plankton off Southern California: a storm and a larval fish food web. *Fish. Bull.*, **85**, 151-166.
- 中島純子 (1983) 有明海における有鐘織毛虫と橈脚類ノウプリウスの分布と現存量について. 陽光丸調査研究報告, **5**, 189-190.
- 中島純子 (1990) 九州沿岸域における微小動物プランクトン群集. 月刊海洋, **22**, 28-32.
- 高尾亀次 (1964) 瀬戸内海のカタクチイワシ *Engraulis japonica* (Houttuy) の生態について. 内海区水研刊行物C輯, **2**, 1-50.
- 田中 克 (1980) 海産仔魚の摂餌と生残—I, 天然海域における食性. 海洋と生物, **11**, 440-447.
- 田中 克 (1981a) 海産仔魚の摂餌と生残—IV, 天然海域における餌生物の密度. 海洋と生物, **15**, 293-299.
- 田中 克 (1981b) 海産仔魚の摂餌と生残—III, 生残に必要な限界餌料密度の推定(2). 海洋と生物, **13**, 63-68.
- UYE, S. and S. KASAHARA (1983) Grazing of various developmental stages of *Pseudodiaptomus marinus* (Copepoda: Calanoida) on naturally occurring particles. *Bull. Plankton Soc. Japan*, **30**, 147-158.
- 山下 洋・石丸 隆・川口弘一 (1989) カタクチイワシ仔魚の初期餌料としての無殻渦鞭毛藻2種の評価. 日本水産学会誌, **55**, 1029-1034.