



Title	陸奥湾におけるヒラメ <i>Paralichthys olivaceus</i> 仔魚の摂餌生態
Author(s)	長谷川, 藍; 高津, 哲也; 伊村, 一雄; 南條, 暢聡; 高橋, 豊美
Citation	日本水産学会誌, 69(6), 940-947 <a href="https://doi.org/10.2331/suisan.69.940">https://doi.org/10.2331/suisan.69.940</a>
Issue Date	2003
Doc URL	<a href="http://hdl.handle.net/2115/14607">http://hdl.handle.net/2115/14607</a>
Rights	© 2003 公益社団法人日本水産学会; © 2003 The Japanese Society of Fisheries Science
Type	article (author version)
File Information	suisan2003-69-6.pdf



[Instructions for use](#)

陸奥湾におけるヒラメ *Paralichthys olivaceus* 仔魚の摂餌生態

長谷川 藍, 高津哲也,\* 伊村一雄, 南條暢聡,<sup>a</sup> 高橋豊美

北海道大学大学院水産科学研究科

Feeding habits of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* larvae in Mutsu Bay,  
northern Japan

AOI HASEGAWA, TETSUYA TAKATSU,\* KAZUO IMURA,  
NOBUAKI NANJO <sup>a</sup> AND TOYOMI TAKAHASHI

Graduate School of Fisheries Sciences, Hokkaido University, Hakodate, Hokkaido,  
041-8611, Japan

\* Tel: 81-138-40-8822. Fax: 81-138-40-8822. Email: takatsu@fish.hokudai.ac.jp

<sup>a</sup> 現所属:富山県水産試験場 (Toyama Prefectural Fisheries Experimental station,  
Namerikawa, Toyama, 936-8536, Japan)

(ランニングタイトル:陸奥湾におけるヒラメ仔魚の摂餌生態)

## 陸奥湾におけるヒラメ仔魚の摂餌生態

長谷川 藍, 高津哲也, 伊村一雄, 南條暢聡, 高橋豊美 (北大院水)

陸奥湾で 1999 年と 2001 年の 5-6 月にプランクトンネットで採集されたヒラメ仔魚は, 摂餌開始期には主に有鐘繊毛虫類とかいあし類ノープリウス(主に *Paracalanus* 属), 尾虫類を摂餌し, 大型仔魚は尾虫類とコペポダイトを摂餌した。摂餌開始仔魚のノープリウス摂餌率は 1999 年(16%)よりも 2001 年(55%)に高かった。環境中の *Paracalanus* 属ノープリウスの体積豊度は 1999 年よりも 2001 年の方が 1.2-2.0 倍高く, 仔魚も相対的に太っていた。摂餌開始期のヒラメ仔魚の摂餌強度や栄養状態は, 環境中のノープリウス豊度の変動に影響を受けやすい。

キーワード: ヒラメ, 仔魚, 陸奥湾, 摂餌, かいあし類ノープリウス, 有鐘繊毛虫類, *Paracalanus*, 体重

(日本語要旨:250 字)

The feeding habits of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* larvae were investigated in Mutsu Bay, northern Japan. Larvae were collected by horizontal hauls with a plankton net (80 cm diameter and 0.35 mm mesh aperture) or MTD nets (56 cm diameter and 0.35 mm mesh aperture) at two stations in the bay during 15 June–29 June in 1999 and 30 May–28 June in 2001. At the first feeding stage, larvae fed mainly on tintinids, *Undella* sp., copepod nauplii, mainly *Paracalanus* sp., and *Oikopleura* sp. Food items for larger larvae were *Oikopleura* sp. and copepodites. The larvae with nauplii in diet at the first feeding stage were more frequently found in 2001 (55%) than in 1999 (16%). In environment, abundance in biovolume of *Paracalanus* nauplii in 2001 was about 1.2–2.0 times as large as that in 1999. Allometric growth curves between notochord length and body weight show that larvae were plumper in 2001 than those in 1999. Therefore the feeding intensity and the somatic condition of larval Japanese flounder at the initial feeding stage would be vulnerable to change in naupliar abundance in environment.

(186 words)

ヒラメ *Paralichthys olivaceus* は本邦に生息する産業重要魚種であり、各地で種苗放流が行われている。<sup>1, 2)</sup> 本種の初期生活史については仔魚の着底時期,<sup>3)</sup> 稚魚の被食に及ぼす飢餓の影響,<sup>4)</sup> 着底過程と被食,<sup>5)</sup> 水温と変態サイズの関係,<sup>6)</sup> 変態過程の多様性,<sup>7)</sup> 稚魚の餌生物環境,<sup>8)</sup> 稚魚から成魚までの摂餌生態<sup>9)</sup> などが報告されている。ヒラメ仔魚については若狭湾で鉛直分布と食性,<sup>10)</sup> 餌生物のサイズ<sup>11)</sup> が明らかにされているが、いずれの調査でも環境中の餌豊度に対する摂餌強度の変化については明らかにされていない。また、陸奥湾のヒラメの初期生活史に関しては全く未詳である。仔魚の摂餌活動は生残に直接影響を与える要因のひとつであり、資源量変動を解明する上で重要な課題である。本研究では陸奥湾のヒラメ仔魚の主要餌生物を明らかにし、1999年6月と2001年5~6月の食性を比較することにより、本種の初期生残過程の一端を明らかにすることを目的とする。

#### 試料および方法

調査は青森県陸奥湾で1999年6月1, 15, 29日, 2000年5月26日, 6月8, 22日, 2001年5月30日, 6月12, 28日の昼間に北海道大学水産学部研究調査船うしお丸および漁船を用いて行った(Fig. 1)。これらの採集はマガレイ *Pseudopleuronectes herzensteini* の初期生活史研究(伊村一雄ほか, 未発表)の一環として2月から6月にかけて行われ, 5月下旬から6月に混獲されたヒラメ仔魚について本研究で扱った。ヒラメ仔魚は湾内2地点Stn. 20 およびStn. 22 においてフローメーターをとりつけた口径 80 cm, 網目幅 0.35 mmのプランクトンネットおよび口径 56 cm, 網目幅 0.35 mmのMTDネットの水平各層曳き(水深 1, 10, 20, 30 m層, MTDネットのみ 40 m層も実施)で採集した。曳網時間は 80 cm口径プランクトンネットの 1 m層採集のみ 5 分間で他は 10 分間であった。80 cm口径プランクトンネットには開閉装置はなく, 最も水深の深い 30 m層からの回収にかかる時間は 2 分以内であった。仔魚が主に採集された水深 10-30 m層(後述)における両ネットの濾水量は 80 cm口径ネットが 103.6-317.9 m<sup>3</sup>の範囲, MTDネットが 40.1-132.3 m<sup>3</sup>の範囲であった。得られた仔魚を含む動物プランクトン標本は 5%中性ホ

ルマリン溶液で固定した。ヒラメ仔魚は実験室において実体顕微鏡下で抽出、計数、計測を行った。仔魚は卵黄仔魚と卵黄を持たない仔魚に区分し、卵黄を持たない仔魚は南<sup>12)</sup>に従って発育段階を、A期(消化管は前端部に回転の兆候がみられる)、B期(背側の仔魚膜の前端部において鰭条の原基が発現する)、C期(背鰭前端部鰭条のうち3本が明瞭になる)、D期(背鰭前端部鰭条は5条になる)、E期(脊索末端は45度背方に屈曲する)、F期(背鰭前端部鰭条は6条になる)に区分した。なお、2000年の標本ではヒラメ仔魚は11個体しか採集されなかったため、以下の解析は行わなかった。仔魚は消化管を除いた体重(乾燥重量)を測定した。体重は65℃のオーブンで1時間乾燥後、電子天秤(メトラー・トレド社: UMX2)を用いて1μg単位で測定した。仔魚の個体数密度は1000 m<sup>3</sup>あたりの個体数で表した。

仔魚の消化管内容物は生物顕微鏡下で同定、計数、計測し、かいあし類ノープリウスは属レベルで同定した。仔魚の摂餌は仔魚の口器の大きさと餌生物の2番目に長い体サイズによって制限されるため、<sup>13)</sup> 消化管に比較的多く出現した有鐘繊毛虫類は最大殻幅を、かいあし類は前体部の最大体幅を、尾虫類は最大躯幹幅を測定した。消化管から出現した餌生物の出現頻度(F%)は仔魚の発育段階ごとに求め、その餌生物を摂餌した仔魚の個体数×100/消化管内容物を解析した仔魚の個体数、で求めた。また、消化管から出現した餌生物の個体数組成(N%)も発育段階ごとに、その餌生物の個体数×100/全餌生物の個体数、で求めた。摂餌率は、何らかの餌を摂餌していた仔魚の個体数×100/解析した仔魚の個体数、で求めた。消化管に出現したかいあし類ノープリウスの体積(V)は、前体部の体幅(PW)を用いて、 $V=PW^3 \cdot \pi/3$  で求めた。ここでノープリウスの全長は体幅の2倍に等しく、体高は体幅に等しいことを仮定した。<sup>14)</sup>ヒラメ仔魚の採集年ごとの脊索長と体重の関係は共分散分析を用いて解析し、摂餌した餌生物の平均個体数と体積は一元配置の分散分析を用いて比較した。仔魚が摂餌した餌サイズの年による比較には、標本数が十分ではない場合もみられたため、分散分析のかわりにU検定を用いた。仔魚の摂餌率および餌生物の出現頻度(F%)の採集年による比較にはG検定を用

いた。

1999年と2001年の両ネットの曳網層では6 L型バンドン採水器を用いて採水し、動物プランクトンを網目幅 40  $\mu\text{m}$  のハンドネットで濾過して採集し、5%中性ホルマリン溶液で固定した。採集された動物プランクトンのうち、ヒラメ仔魚に主に摂餌されていたかいあし類ノープリウス、有鐘繊毛虫類 *Undella* 属、尾虫類 *Oikopleura* 属はヒラメ仔魚が摂餌をしていた層の標本から無作為に抽出し、ヒラメ仔魚の消化管内に出現したこれらの餌生物と同様の部位を計測した。動物プランクトンの密度は1 Lあたりの個体数で表した。10-30 m 層で採集された *Oikopleura* 属の平均密度は1を加えた後、対数変換し、採集年と採集日について二元配置の分散分析を用いて比較した。環境中の餌生物の体サイズの年による比較には、正規分布が仮定できなかったので *U* 検定を用いた。また、環境中の水温は伊村一雄ほか（未発表）から引用し、採集年と採集日について、二元配置の分散分析を用いて解析した。

## 結果

**ヒラメ仔魚の鉛直分布** 1999年は仔魚が採集されなかった6月1日を除いて、いずれも20 m層で密度が高く、1 m層には出現しなかった(Fig. 2)。発育段階別では卵黄仔魚(合計20個体; 93.7個体/1000 m<sup>3</sup>)とA期仔魚(25個体; 118.3個体/1000 m<sup>3</sup>)が比較的多く出現し、B期は8個体(49.2個体/1000 m<sup>3</sup>)、C期は2個体(11.9個体/1000 m<sup>3</sup>)、D、E、F期はそれぞれ1個体ずつ(それぞれ5.0個体/1000 m<sup>3</sup>、6.1個体/1000 m<sup>3</sup>、6.1個体/1000 m<sup>3</sup>)採集された。2000年は6月22日にのみ仔魚が採集され、水深10-30 m層に出現した(合計11個体; 70.1個体/1000 m<sup>3</sup>)。発育段階別では卵黄仔魚が1個体(5.8個体/1000 m<sup>3</sup>)、A期とB期がそれぞれ2個体(それぞれ13.2個体/1000 m<sup>3</sup>、11.7個体/1000 m<sup>3</sup>)、C期が4個体(24.4個体/1000 m<sup>3</sup>)、D期、E期はそれぞれ1個体ずつ採集された(それぞれ7.9個体/1000 m<sup>3</sup>、7.0個体/1000 m<sup>3</sup>)。2001年はヒラメ仔魚の密度は6月12日のStn. 20では10 m層で、5月30日のStn. 20と6月28日のStn. 22では20 m層で、6月28日のStn. 20では30 m層で高かった。2001年も他の年と同様に水深1 m層にはほとんど出現しな

った。発育段階別では卵黄仔魚が7個体(合計42.6個体/1000 m<sup>3</sup>), A期とB期がそれぞれ38, 34個体(それぞれ286.3個体/1000 m<sup>3</sup>, 123.0個体/1000 m<sup>3</sup>)採集され, C期は7個体(28.7個体/1000 m<sup>3</sup>), E期は1個体(10.6個体/1000 m<sup>3</sup>), F期は2個体(35.6個体/1000 m<sup>3</sup>)採集された。また, 40 m層で採集を行った1999年6月1日, 2000年6月8日, 2001年6月12日のいずれについても, この層で仔魚は採集されなかった。

**ヒラメ仔魚の消化管内容物組成と餌サイズ** 仔魚の消化管内容物の出現頻度(F%)をTable 1に, 個体数組成(N%)をFig. 3に, それぞれ採集年別および発育段階別に示した。ヒラメ卵黄仔魚についてはいずれの年も餌生物を摂餌していなかった。1999年の仔魚の消化管内容物は, A期, B期では主にかいあし類ノープリウス(それぞれF%=16, 50; N%=32, 12)と尾虫類*Oikopleura*属(F%=28, 88; N%=39, 70)を多く摂餌し, C期以降ではかいあし類コペポダイトと尾虫類を摂餌した。2001年にはA期では有鐘繊毛虫類*Undella*属(F%=24; N%=46)とかいあし類ノープリウス(F%=55; N%=27), B期はかいあし類ノープリウス(F%=85; N%=53)と尾虫類(F%=74; N%=36)を多く摂餌し, C期以降のすべての個体が尾虫類を摂餌した。なお, 消化管内に出現した尾虫類はいずれも, 種の同定に必要となる尾部が出現せず, 複数種の出現が確認できなかったため, ここでは*Oikopleura* sp.として表記した。仔魚に摂餌されていたノープリウスの属組成は, A期仔魚では両年とも*Paracalanus*属が多く, 1999年には個体数で40%, 体積で64%, 2001年は個体数で47%, 体積で65%を占めていた(Fig. 4)。また, 仔魚に摂餌されていたノープリウスの属組成を両年の水深10-30 m層に分布していたノープリウスの組成と比較すると, 個体数組成でも体積組成でも*Paracalanus*属に偏った摂餌傾向を示した。他には*Oithona*属(1999年: 個体数で30%, 体積で23%, 2001年: 個体数で21%, 体積で24%), *Microsetella*属(1999年: 個体数で30%, 体積で13%, 2001年: 個体数で13%, 体積で4%)を摂餌した。なお, これらのノープリウスに比べて比較的大型な*Pseudocalanus*属の摂餌はA期ではみられなかった。一方, B-C期の仔魚は1999年には個体数, 体積とも*Paracalanus*属を摂餌する割合が高く(個体数で75%, 体積で91%), 2001年には個体数



組成では *Paracalanus* 属の割合が高く(個体数で45%, 体積で22%), 体積組成では *Pseudocalanus* 属を摂餌する割合が高かった(個体数で23%, 体積で48%)。なお, 2001年のB-C期にのみ *Pseudocalanus* 属の摂餌が認められた。

ヒラメ仔魚が摂餌していた主要餌生物の体幅は 1999 年と 2001 年の間で有意差はみられなかった(Table 2; *U*検定, いずれも  $P>0.20$ )。また, これらの餌の体サイズの中央値では *Undella* 属が最も小型で, 続いてかいあし類ノープリウス, *Oikopleura* 属, コペポダイトの順に大きくなった。ただし, コペポダイトと *Oikopleura* 属の体サイズの最小値と最大値の差は後者の方が大きかったことから, 仔魚は広い体サイズ範囲の *Oikopleura* 属を摂餌していた。

**体長—体重関係** ヒラメ仔魚の脊索長と消化管を除去した体重の関係を 1999 年と 2001 年とで比較した(Fig. 5)。共分散分析の結果 2 つの回帰直線の傾きは異ならず ( $P=0.67$ ), Y切片には有意差がみられた( $P<0.001$ )。したがって全体として, 同じ体長でも 1999 年より 2001 年の仔魚の方が重かった。

**環境中の餌生物の個体数密度とサイズ, 体積豊度** 環境中の餌生物の密度は 1-40 m 層の平均値で, 1999 年と 2001 年の両年とも 6 月下旬に最も高かった(Fig. 6)。餌生物の密度はいずれの採集日でも 10-20 m 層で高く, 1 m 層では採集日や地点によって大きく変動していた。全餌生物の中ではかいあし類ノープリウスが占める割合が高かった。かいあし類コペポダイトは両年とも採集日が遅いほど個体数密度が高くなる傾向を示し, 2001 年 6 月 28 日の Stn. 20, 10 m 層で最も高い密度を示した。これらのコペポダイトの 76% を *Microsetella* 属が占め, 他に *Oithona* 属(16%), カラヌス目(8%)がみられた。尾虫類 *Oikopleura* 属は 2001 年 6 月 28 日の Stn. 20, 10 m 層で最も高い密度(17.6 個体/L)を示したが, かいあし類ノープリウスに比べて全体的に低い傾向を示した。1999 年と 2001 年の 10-30 m 層での *Oikopleura* 属の平均密度は, 両年の間で差はなかったが(対数変換後の二元配置の分散分析:  $P=0.71$ ), 採集日が進むにつれて密度が高くなっていった( $P=0.02$ )。 *Oikopleura* 属の個体数組成は 1999 年には *O. dioica* が 82%, *O. longicauda*

が11%, *O. fusiformis*が7%を占め, 2001年には*O. dioica*が51%, *O. longicauda*が49%を占めた。有鐘織毛虫類*Undella*属は2001年6月28日の両地点, 特に30 m層で高い個体数密度を記録し, 他の採集日には低かった。

ヒラメ仔魚に主に摂餌されていた有鐘織毛虫類, かいあし類ノープリウス, 尾虫類の環境中の体幅の中央値を1999年と2001年とで比較すると, どの餌生物のサイズにも有意差はみられなかった(Table 3; *U*検定, いずれも  $P>0.09$ )。

環境中のノープリウスのうち, 仔魚に高い割合で摂餌されていた*Paracalanus*属ノープリウスの10-30 m層での平均体積豊度は, 1999年に比べて2001年の方が高く, 3回の採集日それぞれで1.2-2.0倍高かった(Fig. 7)。また, 個体数密度でも1.2-1.3倍高かった。

**ヒラメ仔魚の摂餌強度** A期仔魚の摂餌率は1999年に40%であったのに対し(Table 1), 2001年には92%と有意に高かったが(*G*検定:  $P<0.001$ ), B期では摂餌率には有意差はみられなかった(それぞれ88%, 100%;  $P=0.18$ )。また, かいあし類ノープリウスの消化管からの出現頻度は, A期では1999年(16%)に比べて2001年(55%)の方が有意に高かったが( $P=0.001$ ), B期では有意差はみられなかった(それぞれ50%, 85%;  $P=0.053$ )。A期とB期の仔魚1個体が摂餌した餌の平均個体数(摂餌強度)を1999年と2001年の間で比較すると(Fig. 8), 餌全体としてA期では2001年の方が有意に餌を多く摂餌していたが(一元配置の分散分析:  $P=0.023$ ), B期では有意差はみられなかった( $P=0.99$ )。この摂餌強度をA期仔魚について餌分類群ごとに比較すると, かいあし類ノープリウスでは2001年の方が有意に多く摂餌し(2.9倍;  $P=0.007$ ), 有鐘織毛虫類*Undella*属と尾虫類*Oikopleura*属では有意差はみられなかった(それぞれ $P=0.094$ ,  $P=0.19$ )。

## 考察

陸奥湾では浮遊期のヒラメ仔魚は主に10-30 m層で採集され, 特に20 m層に多く出現した(Fig. 2)。仔魚が摂餌する餌生物の個体数密度は10-20 m層で高く(Fig. 6), 仔魚

はほぼ餌生物密度が高い水深帯に生息することが明らかになった。

陸奥湾に出現するヒラメ仔魚の主要餌生物は若狭湾と同様に、発育に伴って次第に大型の餌生物に変化し(Fig. 3, Table 2),<sup>10-12)</sup> 摂餌開始直後には有鐘織毛虫類 *Undella* 属と、かいあし類ノープリウス(主に *Paracalanus* 属, *Oithona* 属および *Microsetella* 属), 尾虫類 *Oikopleura* 属を摂餌したが, その後仔魚は尾虫類 *Oikopleura* 属とかいあし類コペポダイトを主食としていた。有鐘織毛虫類は運動性が低く, 消化されやすいことから<sup>15)</sup> 摂餌開始期の摂餌能力の低い仔魚にとって重要な餌生物と考えられる。しかし有鐘織毛虫類の出現頻度(F%)は他の餌に比べて 24%以下と低く(Table 1), A期仔魚の *Undella* 属に対する摂餌強度は年により有意差はなかったが( $P=0.094$ ), 2001年に多く摂餌される傾向がみられた(Fig. 8)。したがってこの餌生物は 2001年6月下旬のように環境中の高密度分布に遭遇した場合は大量に摂餌される, 機会的(opportunistic)な餌生物<sup>16)</sup>であり, 常に摂餌される餌ではない。一方, 尾虫類 *Oikopleura* 属は他の餌生物に比べて体サイズ範囲が広く(Tables 2-3), 摂餌開始期から大型仔魚に至るまで摂餌される重要な餌生物と考えられる(Fig. 3)。しかし, *Oikopleura* 属はノープリウスに比べて環境中の密度が低く(Fig. 6), 遭遇確率が低いこの餌を摂餌するには探索コストを多く必要とする。さらにこの餌はノープリウスよりも大型であるため(Tables 2-3), 口器の小さい摂餌開始直後の仔魚にとっては十分利用できないものと考えられる。また, A期仔魚は兩年ともコペポダイトを摂餌していなかった。したがってヒラメの摂餌開始期には, 比較的環境中に高密度に生息し, 餌サイズから考えても摂餌しやすいかいあし類ノープリウスが初期餌料として最も重要であると思われる。

若狭湾でヒラメ仔魚が摂餌する有鐘織毛虫類は *Eutimninus* 属および *Favella* 属の 1 種であり, より北方に位置する陸奥湾では温帯域でも比較的冷水域に出現する *Undella* 属<sup>17)</sup>を摂餌していた。また, 若狭湾では発育の進んだ仔魚ではかいあし類ノープリウスの中でも比較的大型の *Calanus* 属ノープリウスが摂餌されていたが陸奥湾では摂餌されず, かわりに 2001年には比較的大型で冷水性の *Pseudocalanus* 属<sup>18)</sup>ノープリウスの摂

餌が認められた。このように摂餌分類群の属組成には違いがみられたものの、それより高い分類群では陸奥湾と若狭湾では共通しており、このような成長に伴う餌転換様式はヒラメ仔魚にある程度普遍的にみられる特徴と考えられる。

1999年に採集されたヒラメ仔魚に比べて2001年に採集された仔魚の方が相対的に太っていた(Fig. 5)。A期仔魚の摂餌率やかいあし類ノープリウスの消化管からの出現頻度は1999年に比べて2001年の方が有意に高く(Table 1)、かいあし類ノープリウスに対する摂餌強度も2001年の方が有意に高かった(Fig. 8)。これらの結果から、かいあし類ノープリウスに対する摂餌の成功は仔魚を太らせ、成長速度や生残率にも影響を与えている可能性が考えられる。伊村一雄ほか(未発表)によれば、今回の調査と同時に行なった水温観測結果は、水深20mにおいて1999年6月1日から29日の期間は12.7-14.8℃、2001年5月30日から6月28日の期間は12.5-13.9℃であり、二元配置の分散分析の結果、採集日による水温の差は有意であり( $P=0.004$ )、水温は採集日が遅くなるにつれて上昇していったが、両年の間には有意差がみられなかった( $P=0.52$ )。したがって、水温環境の相違によって摂餌率が変化したとは考えにくい。ところで、主要な餌であり、環境中に生息するノープリウスの中で選択的に摂餌される*Paracalanus*属ノープリウス(Fig. 4)の環境中の密度は、1999年に比べて2001年には1.2-1.3倍高く、体積による豊度でも1.2-2.0倍高かった(Fig. 7)。一方、環境中の*Oikopleura*属の密度は両年で有意差はみられず、体サイズにも差はみられなかった(Table 3)。よって2001年のような年には*Paracalanus*属ノープリウスと仔魚との遭遇率が高まり、結果として仔魚の摂餌量と体重の増加をもたらしたものと考えられる。ただし、本報告ではA-B期仔魚についてのみ十分な標本数が得られており、C期以降の仔魚の体重増加要因については、さらに検討を要するものと考えられる。

以上のように摂餌開始期のヒラメ仔魚の摂餌の成否は環境中のノープリウス豊度の変動に影響を受けやすく、仔魚の栄養状態にも影響が及ぶことが明らかとなった。今後は耳石日周輪などを用いた成長速度の推定などを試み、餌豊度や餌の質の差異と成長

速度の関係を明らかにすることが必要と思われる。

本報告にあたり、標本採集の機会を与えてくださった青森県水産試験場前場長赤羽光秋氏、場長杉澤祐之助氏、次長小田切譲二氏、部長須川人志氏に対して深く感謝する。また、洋上での採集にご協力を賜った北海道大学水産学部研究調査船(現練習船)うしお丸の乗組員の方々、資源生産生態学講座諸氏に対して深く感謝する。

## 文献

- 1) 藤田恒雄. ヒラメ種苗放流の事業化. 月刊海洋 1996; **28**: 606-609.
- 2) 福永辰廣. ヒラメ種苗生産の現状. 水産増殖 1990; **38**: 391-392.
- 3) 後藤常夫, 首藤宏幸, 富山 実, 田中 克. 志々伎湾におけるヒラメ稚仔魚の着底時期. 日水誌 1989; **55**: 9-16
- 4) 古田晋平. ヒラメ天然稚魚の摂食行動および被食に及ぼす飢餓の影響. 日水誌 1998; **64**: 658-664.
- 5) 乃一哲久. ヒラメの着底と被食. 月刊海洋 1995; **27**: 753-760.
- 6) Seikai T, Tanangonan JB, Tanaka M. Temperature influence on larval growth and metamorphosis of the Japanese flounder *Palalichtys olivaceus* in the laboratory. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1986; **52**: 977-982.
- 7) 田中 克, 青海忠久, 南 卓志. 変態過程の種内変異と生態意義—ヒラメの変態体長に見られる変異を例に—. 月刊海洋 1995; **27**: 745-752.
- 8) Kooka K, Yanagida D, Suzuki Y, Ohsaki S, Takatsu T. Energy content of the mysid *Neomysis czerniawskii* in Iwanai Bay, the coastal water of western Hokkaido. *Fish. Sci.* 2002; **68**: 951-953.
- 9) 山田秀秋, 佐藤啓一, 長洞幸夫, 熊谷厚志, 山下 洋. 東北太平洋沿岸域におけるヒラメの摂餌生態. 日水誌 1998; **64**: 249-258.
- 10) 桑原昭彦, 鈴木重喜. ヒラメ仔魚の鉛直分布と食性. 日水誌 1982; **48**: 1375-1381.

- 11) Ikewaki Y, Tanaka M. Feeding habits of Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) larvae in the western part of Wakasa Bay, the Japan Sea. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1993; **59**: 951-956.
- 12) 南 卓志. ヒラメの初期生活史. 日水誌 1982; **48**: 1581-1588.
- 13) Pearre S Jr. The copepod width-weight relation and its utility in food chain research. *Can. J. Zool.* 1980; **58**: 1884-1891.
- 14) Nishimura T, Hirano K. Estimation of zooplankton weight in the gut of larval walleye pollock (*Theragra chalcogramma*). *Bull. Plankton Soc. Japan* 1983; **30**: 159-170.
- 15) 田中 克. 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 1981; **15**: 293-299.
- 16) Takatsu T, Nakatani T, Mutoh T, Takahashi T. Feeding habits of Pacific cod larvae and juveniles in Mutsu Bay, Japan. *Fish. Sci.* 1995; **61**: 415-422.
- 17) 谷口 旭. 有鐘纖毛虫亜目. 「日本産海洋プランクトン検索図説」(千原光雄, 村野正昭編)東海大学出版会, 東京. 1997; 421-483.
- 18) 山口 篤, 志賀直信. 北海道南西部恵山沖における *Pseudocalanus minutus* と *P. newmani* (Copepoda; Calanoida)の鉛直分布および生活史. 日本プランクトン学会報 1997; **44**: 11-20.

**Table 1.** Feeding rate and percent frequency of occurrence (F%) of food items in guts of *Paralichthys olivaceus* larvae by developmental stage in Mutsu Bay during 15 June–29 June in 1999 (upper) and 30 May–28 June in 2001 (lower)

In 1999 / developmental stage	Yolk-sac	A	B	C	D	E	F
Number of larvae examined	20	25	8	2	1	1	1
Range of NL* (mm)	1.3–2.7	1.5–3.5	2.2–4.3	4.9–5.2	5.6	–	8.3
Mean NL* (mm)	1.9	2.6	3.4	5.0	5.6	–	8.3
Number of larvae with food	–	10	7	1	1	1	1
Feeding rate (%)	–	40	88	50	100	100	100
Mean number of prey individuals consumed	–	1.1	3.8	4	5	13	13
F%							
<i>Undella</i> sp.	–	12	0	0	0	0	0
Copepoda (nauplius)	–	16	50	0	0	0	0
Copepoda (copepodite)	–	0	38	50	100	100	0
<i>Oikopleura</i> sp.	–	28	88	50	100	100	100
In 2001 / developmental stage	Yolk-sac	A	B	C	D	E	F
Number of larvae examined	7	38	34	7	–	1	2
Range of NL* (mm)	1.8–2.9	2.1–4.0	2.3–5.3	4.3–5.4	–	7.3	7.8–7.9
Mean NL* (mm)	2.3	2.9	3.7	4.9	–	7.3	7.85
Number of larvae with food	–	35	34	7	–	1	2
Feeding rate (%)	–	92	100	100	–	100	100
Mean number of prey individuals consumed	–	3.2	3.7	4.7	–	19	15.5
F%							
<i>Undella</i> sp.	–	24	9	0	–	0	0
Copepoda (nauplius)	–	55	85	71	–	0	0
Copepoda (copepodite)	–	0	9	43	–	100	0
<i>Oikopleura</i> sp.	–	16	74	100	–	100	100

\*: Notochord length of larvae

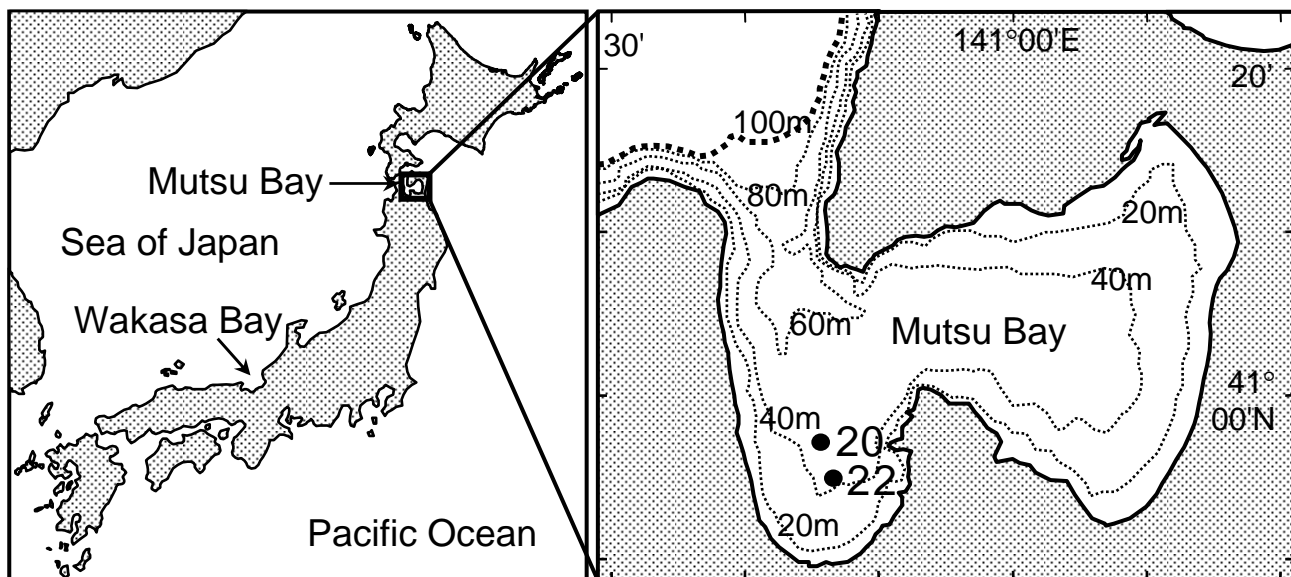
**Table 2.** Minimum, median, and maximum prey width ( $\mu\text{m}$ ) in gut of *P. olivaceus* larvae in stage A–C in Mutsu Bay during 15 June–29 June in 1999 and 30 May–28 June in 2001. Bowl width of *Undella* sp., prosome width of copepod nauplii and copepodites, and trunk width of *Oikopleura* sp. were measured

	In 1999				In 2001				<i>U</i> -test
	N	Min.	Me.	Max.	N	Min.	Me.	Max.	<i>P</i>
<i>Undella</i> sp.	6	35	45	50	79	28	45	65	1.00
Copepoda (nauplius)	14	50	68	95	121	25	63	155	0.40
Copepoda (copepodite)	7	53	108	140	7	95	113	125	0.70
<i>Oikopleura</i> sp.	39	30	80	370	73	25	93	315	0.20



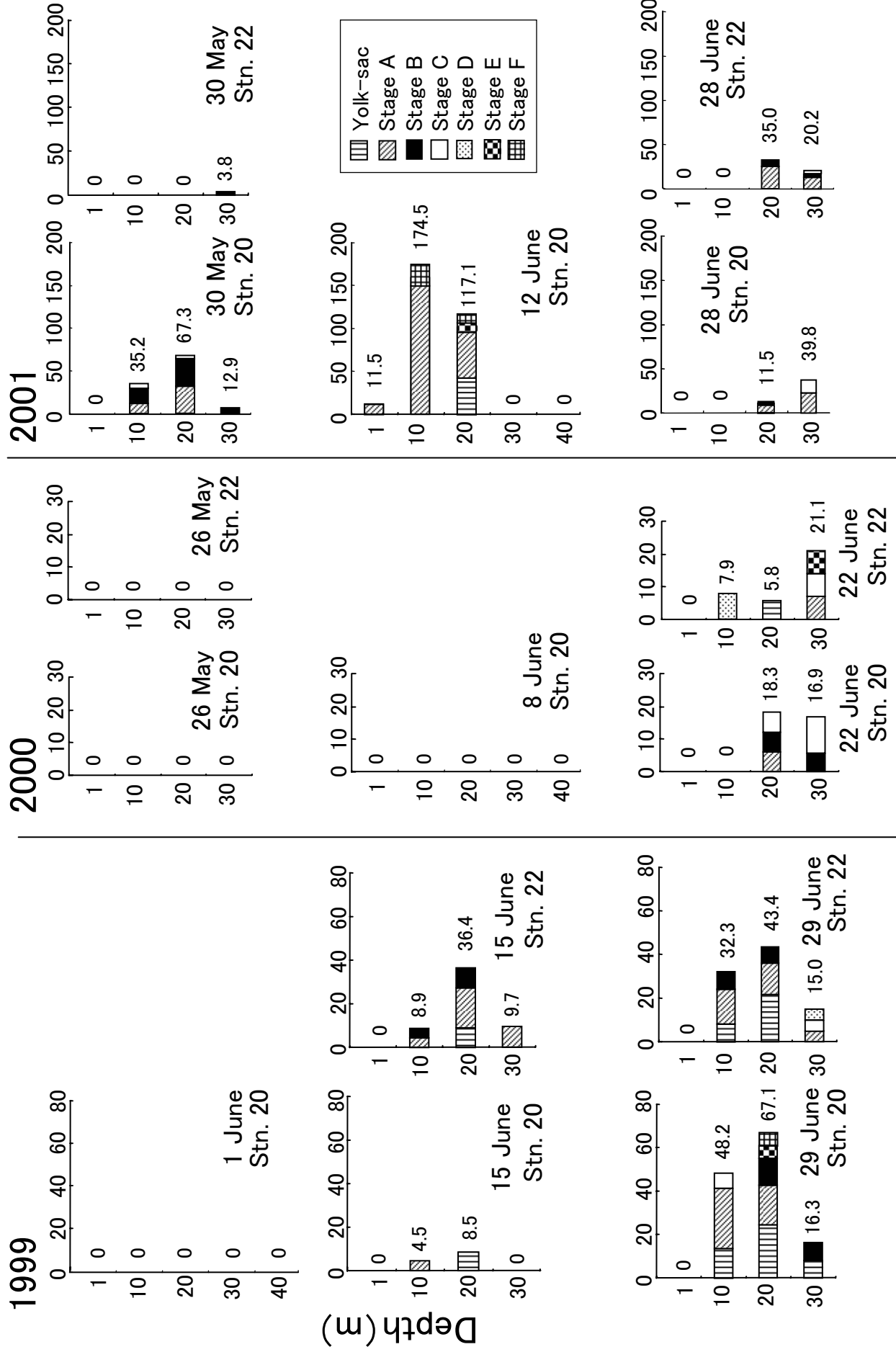
**Table 3.** Minimum, median, and maximum body width ( $\mu\text{m}$ ) of zooplankton collected with a Van-Dorn bottle through a 40  $\mu\text{m}$ -mesh sieve in 10–30 m layer in Mutsu Bay during 15 June–29 June in 1999 and 30 May–28 June in 2001

	In 1999				In 2001				<i>U</i> -test
	N	Min.	Me.	Max.	N	Min.	Me.	Max.	<i>P</i>
<i>Undella</i> sp.	37	44	48	52	51	44	48	53	0.11
Copepoda (nauplius)	1043	42	75	189	1161	33	75	200	0.15
<i>Oikopleura</i> spp.	44	56	113	310	35	51	170	411	0.09

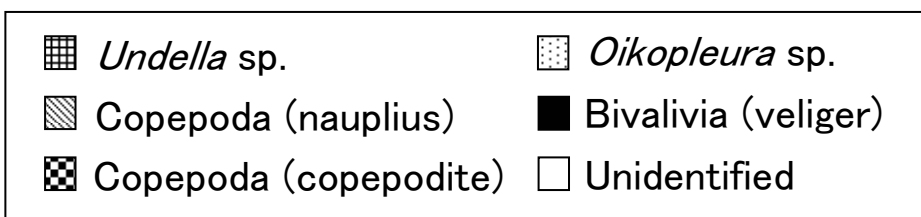
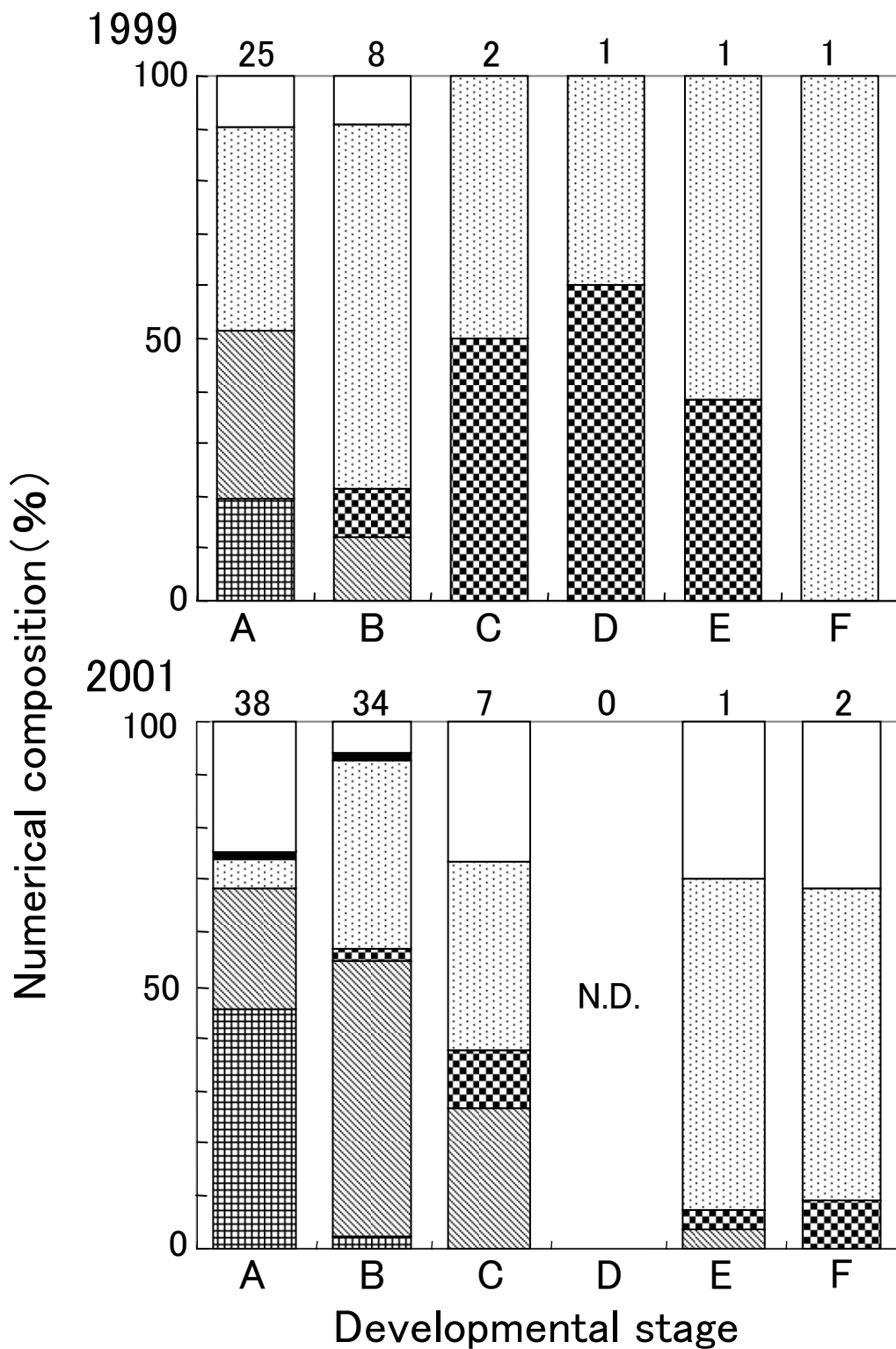


**Fig. 1.** Location of sampling stations and bottom topography in Mutsu Bay. Numerals show station numbers.

# Density (inds./1000m<sup>3</sup>)

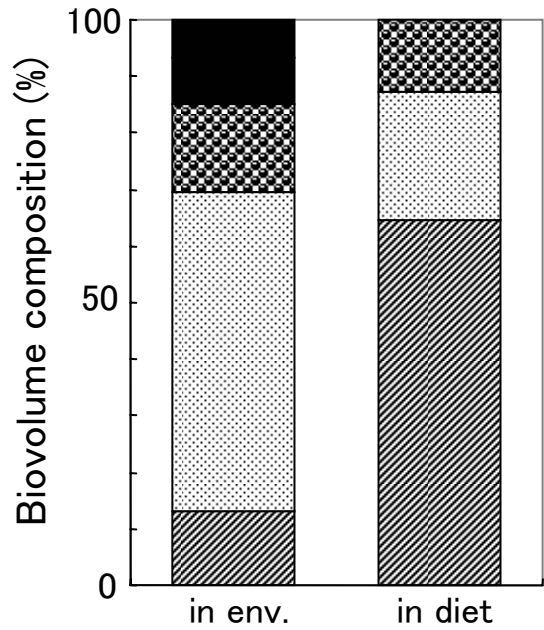
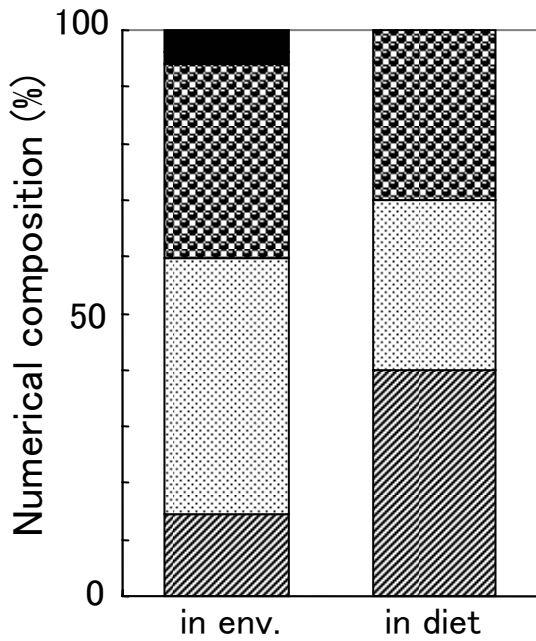


**Fig. 2.** Vertical distribution of *Paralichthys olivaceus* larvae by developmental stage in Mutsu Bay during 1 June-29 June in 1999 (left), 26 May-22 June in 2000 (middle) and 30 May-28 June in 2001 (right).

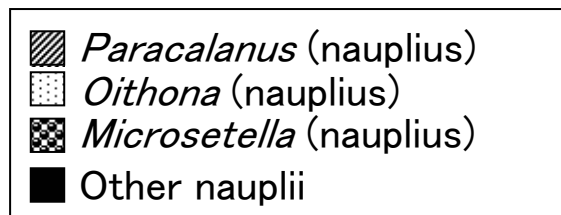
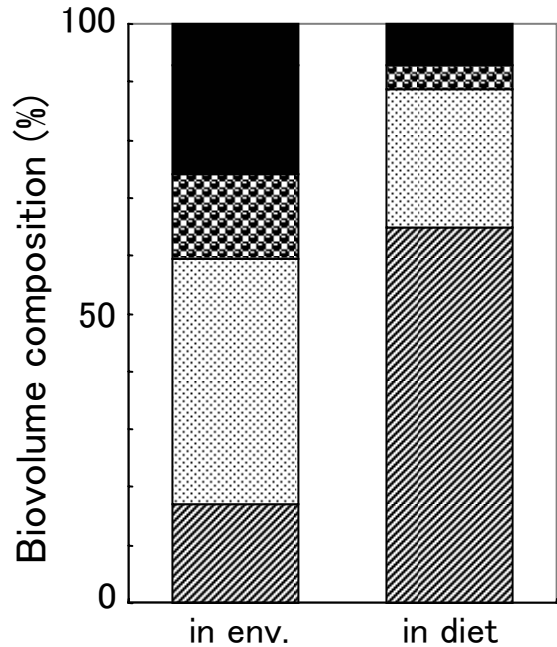
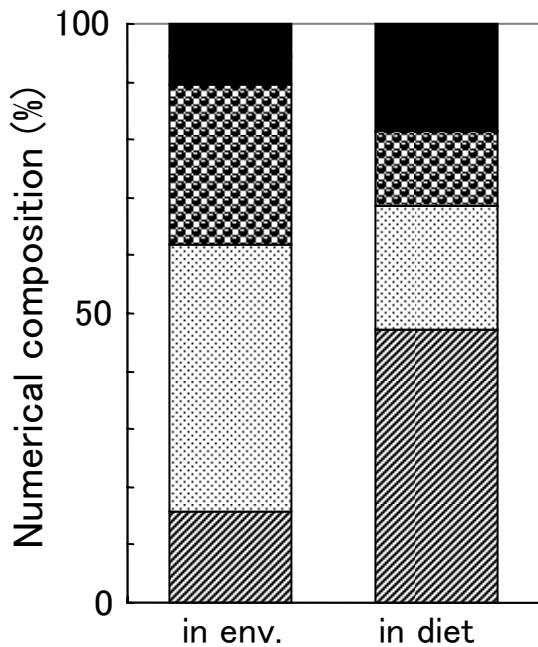


**Fig. 3.** Numerical compositions of food items in guts of *P. olivaceus* larvae by developmental stage in Mutsu Bay in 1999 (upper) and in 2001 (lower). Numeral above each bar shows the number of larvae examined.

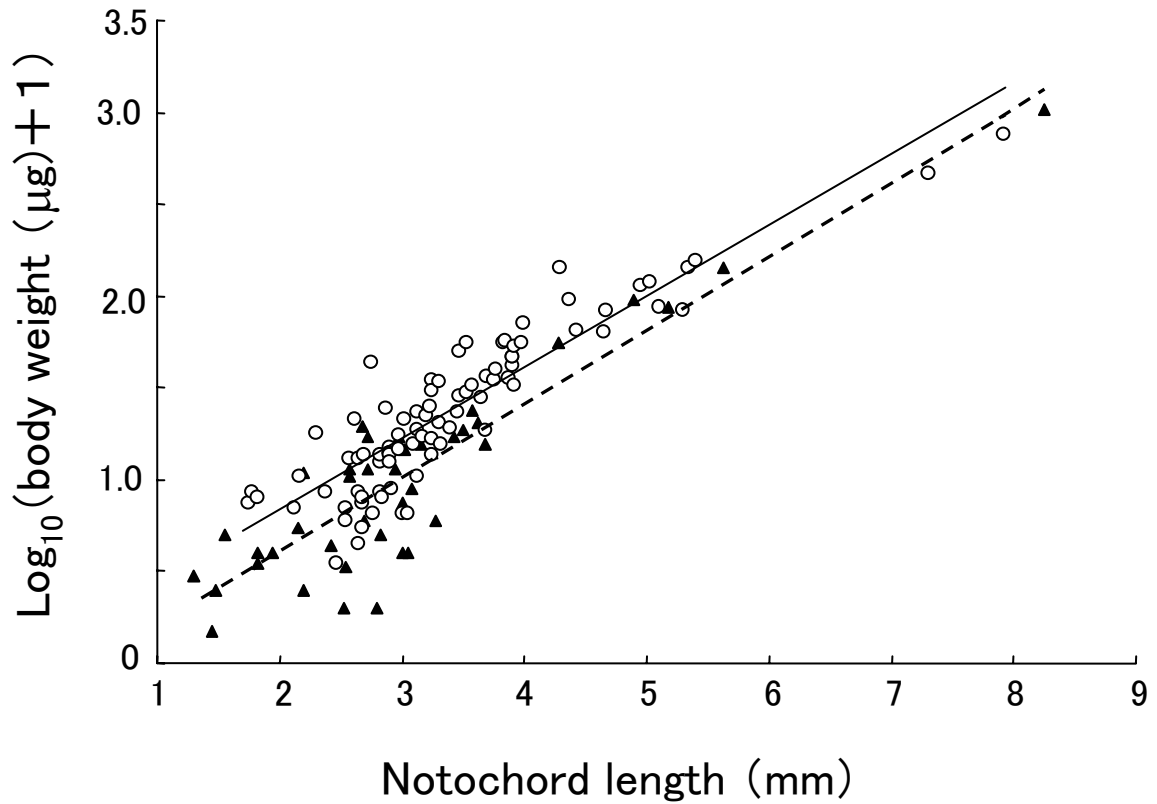
1999



2001

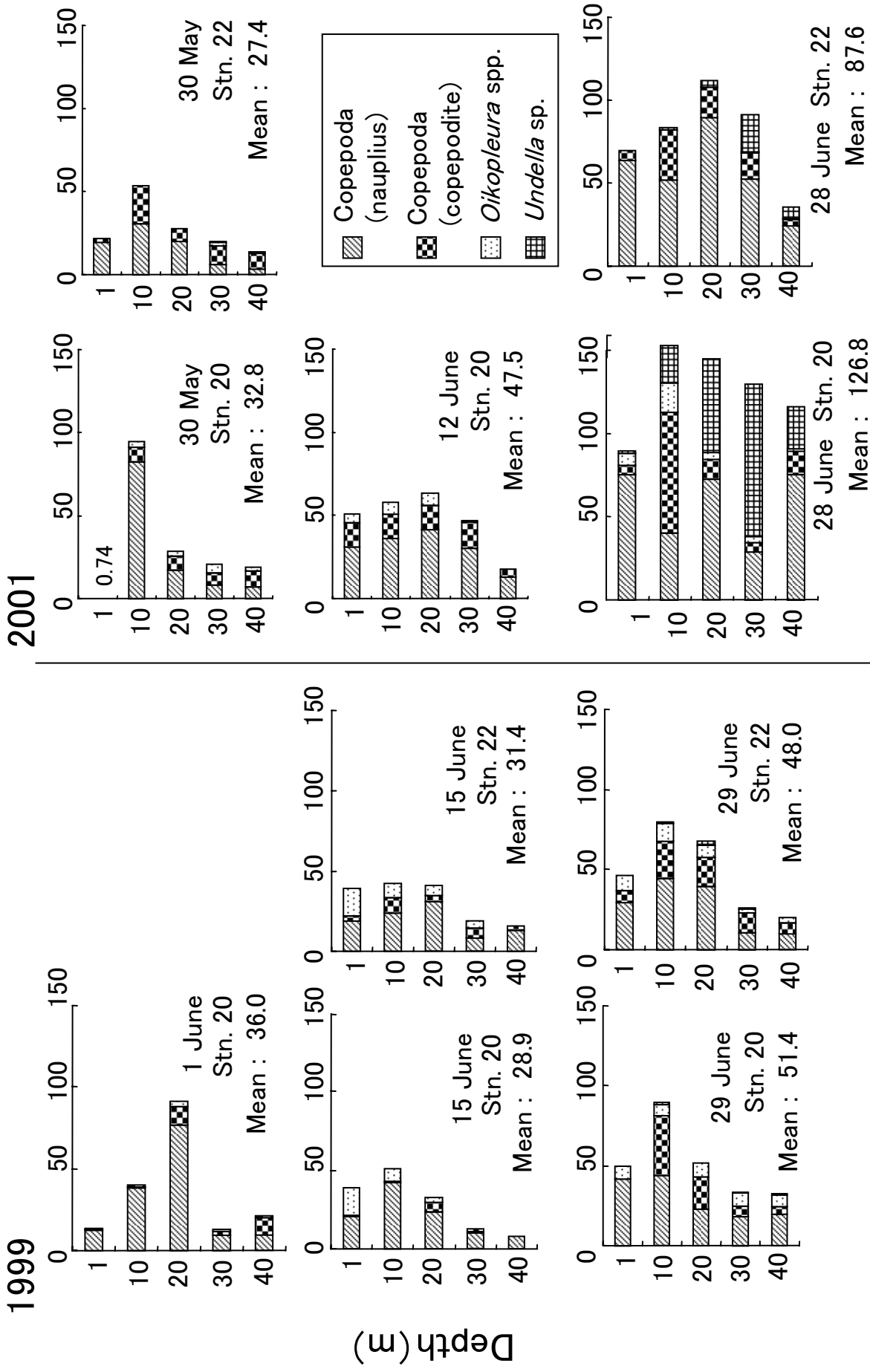


**Fig. 4.** Numerical compositions (left) and biovolume compositions (right) of copepod nauplii in guts of *P. olivaceus* larvae in stage A and in environment through 10-30 m depths of Stns. 20 and 22 in Mutsu Bay in 1999 (upper) and 2001 (lower). The biovolume of a copepod nauplius ( $V$ ) hypothesized as an ellipsoid shape estimated from prosome width ( $PW$ ), and the following function was applied:  $V = PW^3 \cdot \pi/3$ .

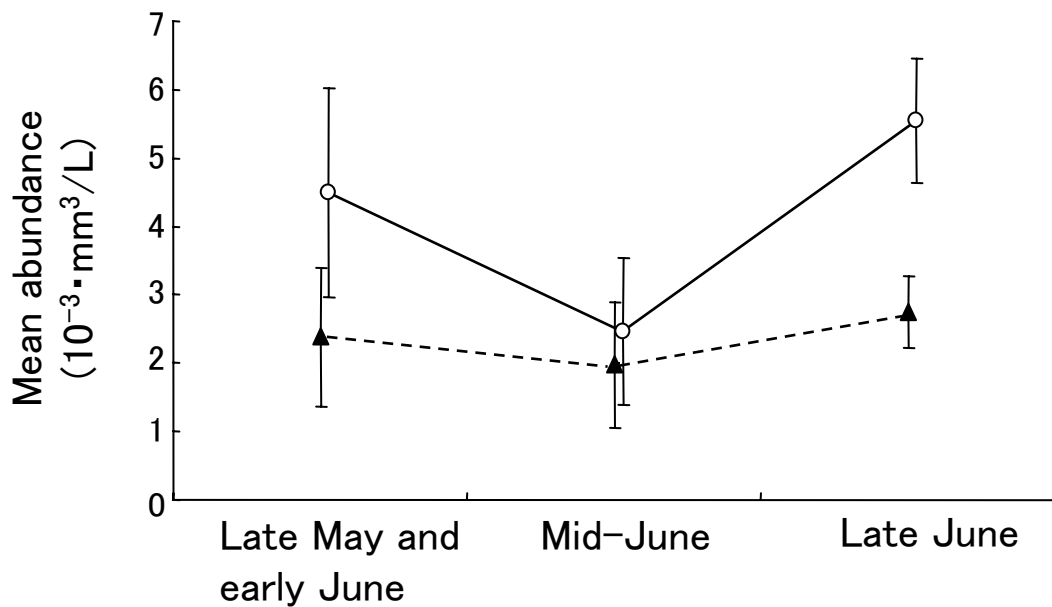


**Fig. 5.** Relationship between notochord length (mm) and body weight (dry weight,  $\mu\text{g}$ ) of *P. olivaceus* larvae in Mutsu Bay in 1999 (triangles and dashed line) and 2001 (circles and solid line). Two lines show the regression lines,  $DW=0.40NL-0.21$ ,  $r^2=0.82$ ,  $P<0.001$  in 1999 and  $DW=0.39NL+0.04$ ,  $r^2=0.81$ ,  $P<0.001$  in 2001.

Density (inds./L)

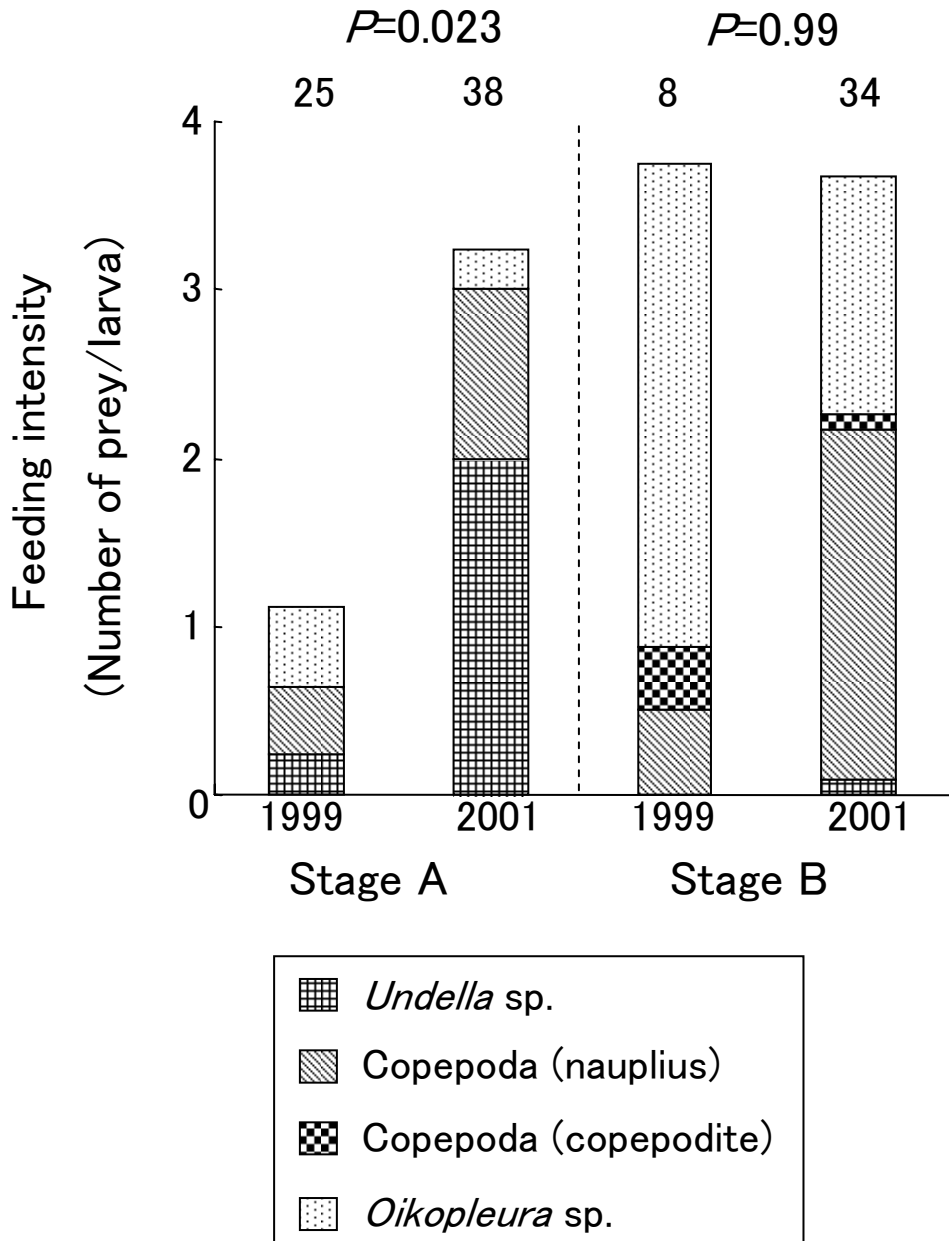


**Fig. 6.** Vertical distribution of food organisms of *P. olivaceus* larvae collected with a Van-Dorn bottle in Mutsu Bay in 1999 (left) and 2001 (right).



**Fig. 7.** Mean abundance ( $\pm$  standard error) of *Paracalanus* nauplii in biovolume collected with a Van-Dorn bottle through 10-30 m depths of Stns. 20 and 22 in Mutsu Bay in 1999 (triangles and dashed line) and 2001 (circles and solid line).





**Fig. 8.** Feeding intensity of *P. olivaceus* larvae in stages A and B in Mutsu Bay in 1999 and 2001. Numbers of larvae examined were shown above each bar.