



Title	噴火湾およびその周辺海域におけるスケトウダラ <i>Theragra chalcogramma</i> (Pallas) の初期生活史に関する研究
Author(s)	中谷, 敏邦
Citation	北海道大学. 博士(水産学) 甲第2001号
Issue Date	1984-03-24
Doc URL	<a href="http://hdl.handle.net/2115/32709">http://hdl.handle.net/2115/32709</a>
Type	theses (doctoral)
File Information	2001.pdf



[Instructions for use](#)

# 学位論文内容の要旨

学位の種類	水産学博士	氏名	中谷敏邦
学位論文題名			
噴火湾およびその周辺海域におけるスケトウダラ <i>Theragra chalcogramma</i> (Pallas) の初期生活史に関する研究			
北海道南部太平洋海域に生息するスケトウダラ <i>Theragra chalcogramma</i> (Pallas) は、主産卵場である噴火湾およびその周辺海域で、10月から3月までの期間、底刺網および底曳網を用い、主として産卵群を対象に年間4万トンから6万トン前後漁獲されている重要魚種であるが、その漁獲量変動は大きい。スケトウダラに関するこれまでの研究は、主として成魚を対象に生態学的・資源生物学的な側面からなされており、一方、初期生活史については人工授精卵を用いた飼育実験および卵・仔魚の分布ならびに摂餌生態に関するものがある。			
一般に、個体群豊度の年変動は初期減耗の程度に影響されるものと考えられるが、本種の発生初期の生残機構に関するこれまでの知見はいずれも断片的であり、海況および餌生物環境の季節変化と稚仔魚の分布・移動との関係など不明な点			

が多い。
本研究は、スケトウダラの再生産機構に関する種固有の問題に着目し、噴火湾およびその周辺海域における卵の輸送過程および稚仔魚の分布・移動と海況との関係、餌生物の分布密度および種組成の季節変化に伴う稚仔魚の食性変化など発生初期の生残機構に関する初期生活史を明らかにし、その資源量動態を予測するための基礎資料を得ることを目的とした。
1. 材料および方法
スケトウダラ卵・稚仔魚の分布をみるため、噴火湾内外で広範囲に亘って卵・稚仔魚を採集した。卵・仔魚の採集はNorpac ネットおよびMTD ネットを用い、また稚仔魚の採集は成長に応じて4月では稚魚ネット（口径1.3 m）、5月ではビームトロールネット（網口2.5 × 2.0 m）、6月以降はオッタトロールネット（網口5.9 × 4.4 m）を使用した。次に稚仔魚の餌生物である動物プランクトンはバンドン採水器、Norpac ネットおよびMTD ネットにより採集した。これら生物採集と同時に稚仔魚の分布と物理環境との関係をみるため、ナンゼン採水器と転倒温度計により採水・測温を行ない、水温と塩分を求め

た。さらに、卵の低温に対する発生速度などを調べるため、人工授精卵を用いて飼育実験を行なった。  
 2. 結果および考察  
 1) 噴火湾湾口部から湾内に至る34地点で採集された卵の各発生段階別水平実地分布を調べた結果、受精後間もない桑実胚期の卵は湾口部に集中していた。これは海底付近で産み出された卵が0~4°Cの水温で受精後21~30時間で桑実胚期にまで発生が進み、湾口部付近の表層域に達したものであろう。その後、卵はさらに発生が進むにつれ、親潮系表層水の湾内への流入に伴い湾内および湾奥部から渡島半島北東部沿岸域に輸送され、孵化していった。  
 2) 親潮系表層水中の優占種である橈脚類の *Pseudocalanus minutus* は親潮系表層水に輸送され、湾内の鉛直的に安定した海洋構造に よって活発な再生産活動も行ない、稚魚の主要餌生物である。湾内表層域に分布する仔魚は6月頃まで湾内に滞留するが、表層域での水温上昇および *P. minutus* の減少に伴いその分布域は深くなり、7月以降稚魚の全長

が25mmを越えるると着底生活に移行する。この時期の主要餌生物は *P. minutus* から寒海性大型橈脚類の *Calanus plumchrus*, *Eucalanus bungii* *bungii* などに変化する。これら2種の分布密度は中・底層域で高く、好適な餌生物環境が表層域から中・底層域へ移動した。その後、8月になると湾外東方の水深200~300mの海底へその分布が拡大し、この時期の稚魚の主要餌生物となっっている。また、11月と12月には湾内の海底でも稚魚が採集されていることから、湾内で越冬している可能性も示唆される。  
 4) 当海域にみられるスケトウダラの初期生活史の中で、卵・仔魚の分布および親潮系表層水の湾内への流入は、この水塊の湾内への移動に大きく影響される。時期には年変動がみられる。その例として、1980年では例年に比べて遅く、3月下旬に達した。このため、スケトウダラ産卵北群東水域に集中し、産卵が行なわれ、産卵が進み、湾口部付近で多くの個体が孵化していった。  
 5) 当海域でスケトウダラ卵が採集される期間は11月から翌年4月頃まで

あるが、11月の水温は $10^{\circ}\sim 12^{\circ}\text{C}$ と高く、  
 高温下の卵の孵化率は低い。これに  
 対して、例年、噴火湾に流入する親潮系  
 表層水の最低水温はおよそ $0^{\circ}\sim 2^{\circ}\text{C}$ であ  
 るが、近年、最も寒冷だった1978年でも  
 $-0.08^{\circ}\text{C}$ であり、これはスケトウダラ卵の  
 適水温の下限にあたり、孵化率は高く、  
 当海域における低水温のための卵期の死  
 亡は少ないものと思われる。  
 6) 仔魚期の生残は、水温条件の外  
 に、外部栄養に移る時の餌生物環境の良  
 否にも強く影響されるものと考えられる  
 。親潮系表層水の流入時期が遅れた1980  
 年で、主要餌生物である*P. minutus*もまた親潮  
 系表層水の影響がみられた湾口部から北  
 東水域に集中し、仔魚の分布とよく一致  
 した。このように、条件の悪い年でも親魚  
 の産卵生物環境は卵仔魚の分布と孵化仔魚  
 の行餌生物と安定さや豊度を安定させる結  
 果につなげる。スケトウダラの年間漁  
 獲量には変動がみられ、近年、1970～  
 1982年の期間では、毎年豊漁は認め  
 られる。この流入時期の豊漁は、毎年と  
 層水の産卵場は湾口部に形成されてい

る。産み出された卵の多くは湾内に輸送  
 され、湾内表層域の活発な低次生物生産  
 と一致する。その結果、卓越年級群から  
 産み出された仔魚に対する密度依存によ  
 る減耗が低く抑えられ、4年後、産卵群  
 として加入することにより豊漁年の周期  
 性が維持されているものと思われる。こ  
 のような漁獲量変動に関する仮説は当海  
 域で明らかにになったスケトウダラの生残  
 機構から類推したものであり、今後、産  
 み出された卵の拡散状態や低次生物生産  
 機構を詳細に検討することにより、正確  
 な資源量動態を予測することが可能にな  
 るものと考えられる。

噴火湾およびその周辺海域における  
スケトウダラ *Theragra chalcogramma* (Pallas) の  
初期生活史に関する研究

中 谷 敏 邦

## 目次

page

緒言		1
I	材料および方法	6
II	結果	13
1.	スケトウダラ卵・仔魚の分布	13
2.	スケトウダラ稚仔魚の分布	20
2-1	水平分布の季節変化	20
2-2	鉛直分布の季節変化	29
3.	スケトウダラ稚仔魚の胃内容物組成	39
4.	橈脚類ノープリウスの分布と種組成	46
5.	橈脚類ユペポダイトの種組成と分布密度の季節変化	56
6.	スケトウダラ卵の発生に対する水温の影響と浮上速度	70
6-1	卵の発生速度	70
6-2	卵の水温耐性	77
6-3	卵の体積密度と浮上速度	79
III	考察	83

	( page
1. スケトウダラ仔魚の分布と 餌生物環境	83
2. スケトウダラ稚仔魚の移動と 海況および餌生物環境との関 係	92
3. スケトウダラ産卵場の年変動	95
3-1 産卵場	95
3-2 産卵場の年変動	98
4. 年級群豊度	105
要約	113
謝辞	119
文献	120
図版 I ~ XI	

## 紹 言

スケトウダラ *Theragra chalcogramma* (Pallas) は日本海から北アメリカ西岸に至る北太平洋の広い範囲に分布し (石田, 1954; 尾形, 1956), 近年, わが国ではアメリカおよびり連 200 海里水域内を含め年間 150 万トン前後の漁獲があり, 総漁獲量のおよそ 10% を占める重要魚種である。

スケトウダラに関するこれまでの研究は, 成魚を対象に, 主としてその分布・産卵等の生態学的研究と系統群判別など資源生物学的研究であった。これらについてみると, スケトウダラの産卵場は, 日本海富山湾から新潟沖 (尾形, 1956), 北海道周辺海域 (伊藤ら, 1955; 田中, 1970; 菅米地ら, 1952; 石垣ら, 1960; Zver'kova, 1978), カムチャッカ半島周辺海域 (Zver'kova, 1969), ベーリング海 (前田, 1972; Serobaba, 1974) などと, 産卵期の海底水温が  $2^{\circ} \sim 5^{\circ}C$  の限定された水域に形成されている。また, 系統群に関しては, 北海道周辺



海域に6系群が認められ(辻, 1978), 噴火湾およびその周辺海域に采遊するスケトウダラは恵山B型群と呼ばれる系群であり(久新ら, 1961), 襟裳岬以西太平洋海域に生息するスケトウダラは単一再生産単位であると考えられている(林, 1970; 辻, 1972)。

一方, 初期生活史に関する研究もなされており, 卵の正常発生ならびに適正水温に関して遊佐(1954), Hamaiら(1971), 福地(1976)が報告し, 卵の水平分布および輸送過程については伊藤ら(1955), 前田ら(1976), Nakatani and Maeda (1981)が, また, 卵・稚仔の鉛直分布と摂餌生態に関してはKamba (1977), 中谷・前田(1983)が報告している。それによると, スケトウダラ卵は $2^{\circ}\sim 4^{\circ}\text{C}$ で高い孵化率を示し, およそ26日間で孵化する。仔魚は卵黄吸収中に摂餌を開始し, 橈脚類ノープリウスおよび *Pseudocalanus minutus* が主な餌生物となっている。これらの初期生活史に関する知見はいずれも断片的であり, 餌生物環境および海況と稚

仔魚の分布との関係ならびに幼魚期の生態など不明な点が多い。

スケトウダラの漁獲量は年により変動がみられるが(前田ら, 1980), このような変動は Hjort (1914) の提唱した, いわゆる "critical period" の存在, すなわち, 初期減耗の程度が年級群豊度を支配し, その年変動が資源量に影響するものと考えられる。それゆえ, 水産資源として重要な魚種について, その再生産機構解明に関する研究が, 資源量動態を推定する上で注目されてきた。しかしながら, 関口 (1975) が述べているように, 実際に "critical period" の存在を証明することは困難であり, 抽象的な概念として受け入れられていることが多い。この理由のひとつとして, 野外調査によって正確な卵・稚仔期の生残曲線を得ることが困難であり, 又, このためには大規模な調査を必要とすることにもよる。この解明の試みとして, 仔魚期の餌生物環境が着目され, Shelbourne (1957) は North Sea plaice (*Pleuronectes platessa*) 仔魚の生残と

餌生物の発生時期との関係について報告し、  
また、Lasker (1975) は北アメリカ産カタクチイワ  
シ *Engraulis mordax* 仔魚の生残に及ぼすクロロフィル  
極大層の役割について述べている。これらの  
知見は卵黄吸収期の仔魚の分布とその餌生物  
環境との関係を示すものであるが、仔魚の分  
布は間接的には親魚の産卵行動と関係があり  
、このため、分離浮遊卵を産出するスケトウ  
ダラの場合では特に顕著であろう。

また、Pianka (1978) が、種固有の繁殖生態はそ  
の特定の環境において種の繁殖成功度を最大  
化するように淘汰されたものであると述べて  
いるように、スケトウダラなど産卵期におけ  
る漁場の形成時期や水域の年変動は種固有の  
産卵行動を反映したものであり、初期減耗と  
密接な関係をもつものと考えられる。

本研究は、以上述べたような種固有の再生  
産機構に着目し、北海道南部太平洋海域に生  
息するスケトウダラの主産卵場である噴火湾  
およびその周辺海域における卵の輸送過程お

よび稚仔魚の分布、移動と物理環境との関係、餌生物の分布の季節変化に伴う稚仔魚の食性の変化など発生初期のスケトウダラの生残機構に関わる初期生活史を明らかにし、その資源量動態を予測するための基礎資料を得ることを目的とした。

## I 材料および方法

本研究に用いた材料は、1977年3月から1983年6月までの期間、北海道大学水産学部調査船うれお丸（97.78トンのらに107.85トン）により採集された（Fig. 1, Table 1）。

スケトウダラ卵および孵化後間もない仔魚が分布する1月から3月までの期間、NORPACネット（口径0.45 m, 側長1.8 m, 目合0.33 mm）を使用し、海底から海面までの鉛直曳と元田式各層曳ネット（MTDネット, 口径0.56 m, 側長2 m, 目合0.33 mm; Motoda, 1971）にて、水深10, 20, 30, 40, 60および80 m層の水平曳により卵・仔魚を採集した。さらに、稚仔魚の成長に伴う遊泳力の増加を考慮し、4月では稚魚ネット（口径1.3 m, 側長4.5 m, 目合0.62 mm）の鉛直曳ならびに水平曳を行ない、5月ではビームトロールネット（網口2.0×2.5 m, 網口目合20 mm, 袋網目合0.33 mm）、そして、6月以降は稚魚採集用オッタートロールネット（網口4.4×5.9 m, 網口目合90 mm, 袋網目合12 mm）

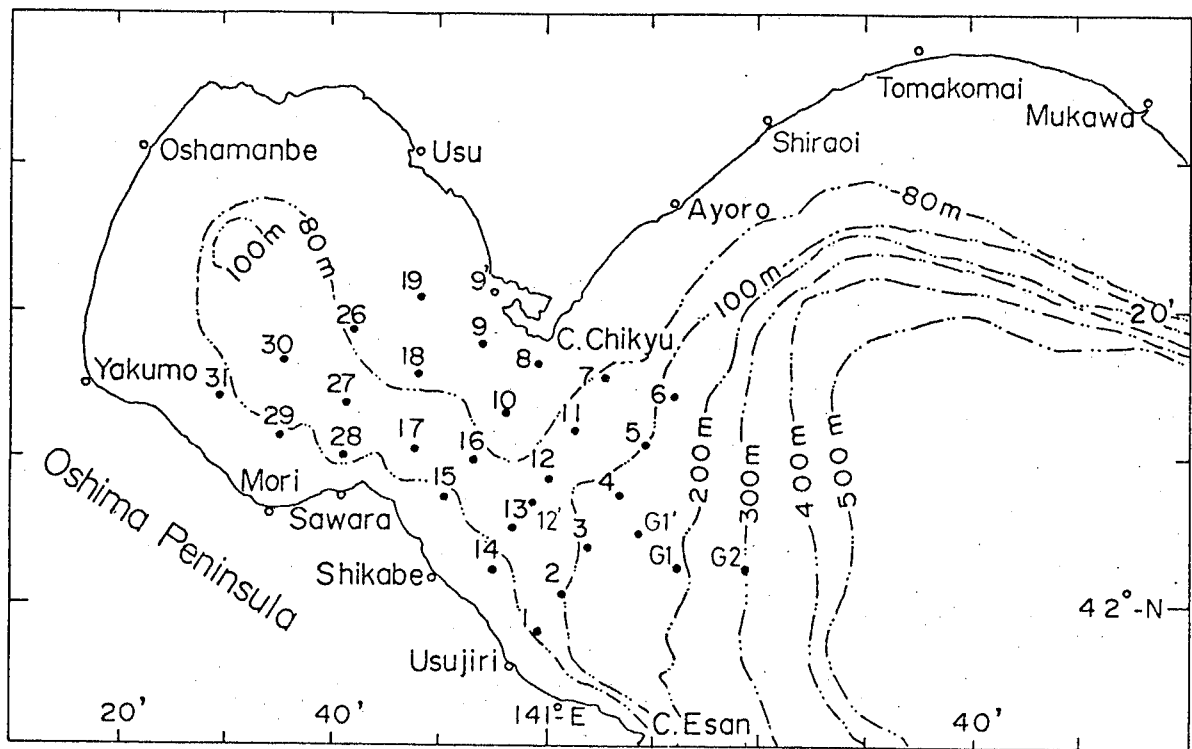


Fig. 1. Positions of sampling staitons and bottom counters in Funka Bay and the adjacent waters.

Table 1. Location of sampling stations

Station	Location		Depth (m)
	Latitude (N)	Longitude (E)	
1	41° 58.3'	140° 58.9'	86
2	42 00.8	141 01.0	96
3	42 03.8	141 03.4	98
4	42 07.2	141 06.2	110
5	42 10.7	141 08.9	111
6	42 14.1	141 11.7	125
7	42 15.1	141 05.1	80
8	42 16.2	140 58.6	63
9	42 16.1	140 54.0	58
9'	42 21.3	140 47.5	43
10	42.12.9	140 56.0	67
11	42 11.7	141 02.0	78
12	42 08.3	140 59.4	84
12'	42 06.6	140 58.0	83
13	42 04.9	140 56.6	85
14	42 02.5	140 54.6	76
15	42 07.0	140 50.5	78
16	42 09.4	140 52.7	80
17	42 10.4	140 42.7	92
18	42 15.5	140 47.7	73
19	42 20.5	140 48.3	56
26	42 18.4	140 42.1	75
27	42 13.3	140 41.5	91
28	42 09.9	140 41.1	87
29	42 11.2	140 35.4	84
30	42 16.2	140 36.0	91
31	42 14.0	140 29.9	81
G1	42 02.3	141 12.4	200
G1'	42 05.2	141 09.2	122
G2	42 02.6	141 19.0	300

を使用し、魚群探知機に記録された稚魚の分布層を3ノットの速力で水平曳し、稚魚を採集した。稚仔魚の餌生物である動物プランクトンは稚仔魚の採集と同時に、双子型 Norpac ネット（口径0.45 m、側長1.8 m、目合0.33 mm および0.10 mm）の鉛直曳と MTD ネットの各層曳により採集した。さらに、1983年3月19日には、これらネット採集に加え、橈脚類ロープリプスの種組成ならびに鉛直分布を明らかにするため、水深10 m から80 m 層まで10 m 間隔でバンドン採水器により試水20 l を採水し、橈脚類ロープリウスを採集した。各調査点では、このような生物採集と同時に、ナンゼン採水器と転倒温度計により海底から海面までの各層で採水、測温を行ない、物理環境の季節変化ならびに年変動を検討するための資料とした。

採集された卵・稚仔魚および動物プランクトンは船上でただちにホルマリンを加え、試料の保存液が5%になるように固定し、実験



室に持ち帰った。

卵は次に示す各発生段階別に選別し、計数した。

Stage 1 : 受精 ~ 桑実胚期 (fertilization - morula stage)

Stage 2 : 胞胚期 ~ 初期のう胚期 (blastula stage - first gastrula stage)

Stage 3 : 胚環が赤道面に至る ~ 原口閉鎖前  
(germ ring reaching nearly an equatorial position - blastopore nearly closed)

Stage 4 : 原口閉鎖 ~ 胚体卵円周  $3/4$  まで (blastopore completely closed - embryo reaching three-fourths of the yolk circumference)

Stage 5 : 胚体卵円周  $3/4$  以上 (embryo reaching over three-fourths of the yolk circumference)

稚仔魚は全長を測定し、胃内容物については実体顕微鏡下で餌生物種を査定し、それらの体幅を計測し、個体数を計数した。

動物プランクトンは目(order)別に湿重量を測定し、稚仔魚の主要餌生物である橈脚類については種の査定ならびに個体数を計数した。

こうした調査のほか、卵の発生に及ぼす水温などの影響を明らかにするため、人工授精により得られた卵を用いて飼育実験を行なった。実験に使用した卵は、日本海沿岸熊石町相沼沖で中層延縄により、また噴火湾室蘭沖で底曳網により採集された成熟した活魚から得られ、人工授精は乾導法によった。得られた受精卵を $-1^{\circ}$ 、 $0^{\circ}$ 、 $2^{\circ}$ 、 $4^{\circ}$ 、 $7^{\circ}$ 、 $10^{\circ}$ および $13^{\circ}\text{C}$ に設定した水槽で飼育し、孵化率および発生速度を求めた。また、卵の水温変化に対する耐性をみるため、桑実胚期、胞胚期、初期のう胚期および原口閉鎖期の卵を用い、次に示す段階の水温変化率

- (1)  $-1^{\circ}\text{C}$  および  $0^{\circ}\text{C}$  の海水に直接投ずる方法
- (2)  $-0.7^{\circ} \sim -1.3^{\circ}\text{C}/10 \text{ min.}$  の割合で水温を低下させる方法
- (3)  $-0.08^{\circ}\text{C}/10 \text{ min.}$  の割合で水温を低下させる方法

で $4^{\circ}\text{C}$  から $-1^{\circ}\text{C}$  および $0^{\circ}\text{C}$  に水温を低下させ、その後 $-1^{\circ}\text{C}$  および $0^{\circ}\text{C}$  の一定水温下で飼育

し、それぞれの孵化率を求めた。さらに、実験に使用した卵の密度ならびに浮上速度を計測し、現場海水中で卵が浮上する過程で受ける水温変化を推定するための資料とした。

なお、本研究で採集された稚仔魚については正確にその発生段階別に区分せず、Haryu (1980) による稚仔魚の発生段階と比較し、便宜上、3月までに採集された個体を「仔魚」、4月～5月に採集された個体を「稚仔魚」、6月以降の個体を「稚魚」と呼ぶことにした。

## II 結果

## 1. スケトウダラ卵・仔魚の分布

スケトウダラの産卵期に産出される卵の地理的分布を調べるため、1977年3月7～15日までの期間、NORPACネットの鉛直曳を行ない、卵・仔魚を採集した。得られた卵を5つの発生段階別に選別し、各発生段階別卵の水平分布を求めた(Fig. 2～6)。Stage Iの卵はそのすべてが桑実胚期にあり、湾口部に集中し、湾内ではほとんど採集されなかった。Stage II～IIIの卵はStage Iの卵と同様、湾口部で多く採集されたが、分布の中心はStage Iの卵に比べて僅かに湾内に移っていた。Stage IV～Vの卵は湾内で多く採集され、分布の中心はさらに西方に移っていた。さらに発生が進み孵化した仔魚の分布は、Stage Vの卵に比べて湾奥部から渡島半島北東部沿岸域に移っていた(Fig. 7)。以上の結果をまとめると、湾口部付近で産み出された卵は発生の進行に伴い湾内に輸送され、湾奥部から渡島半島北東部で孵化する。

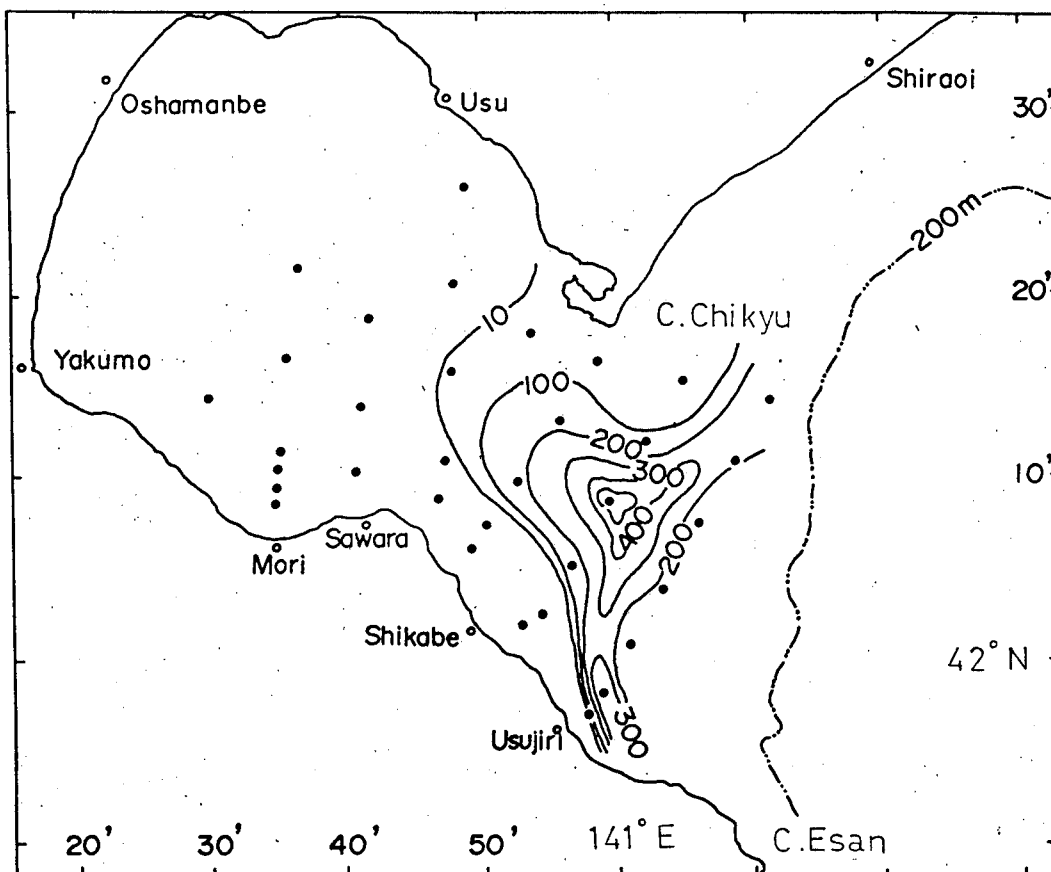


Fig. 2 . Individual numbers of walleye pollock eggs of stage I per square meter during March 7-15 in 1977.

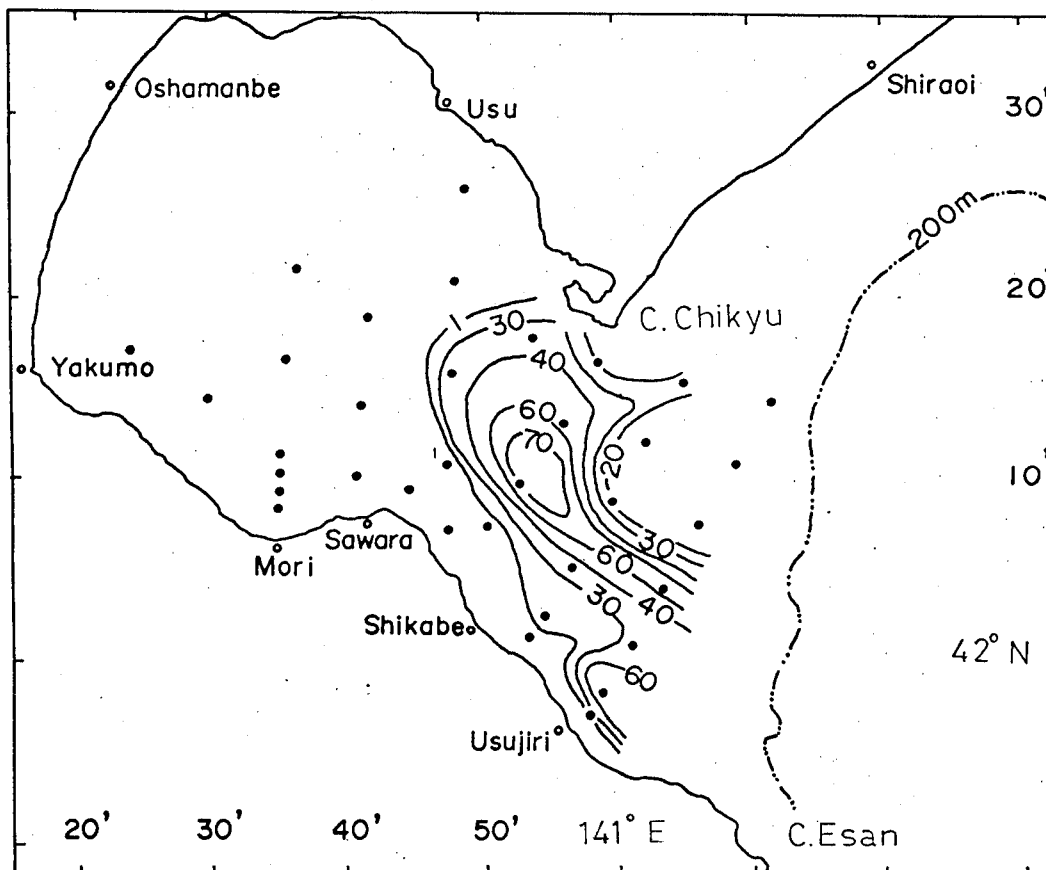


Fig. 3 . Individual numbers of walleye pollock eggs of stage II per square meter during March 7-15 in 1977.

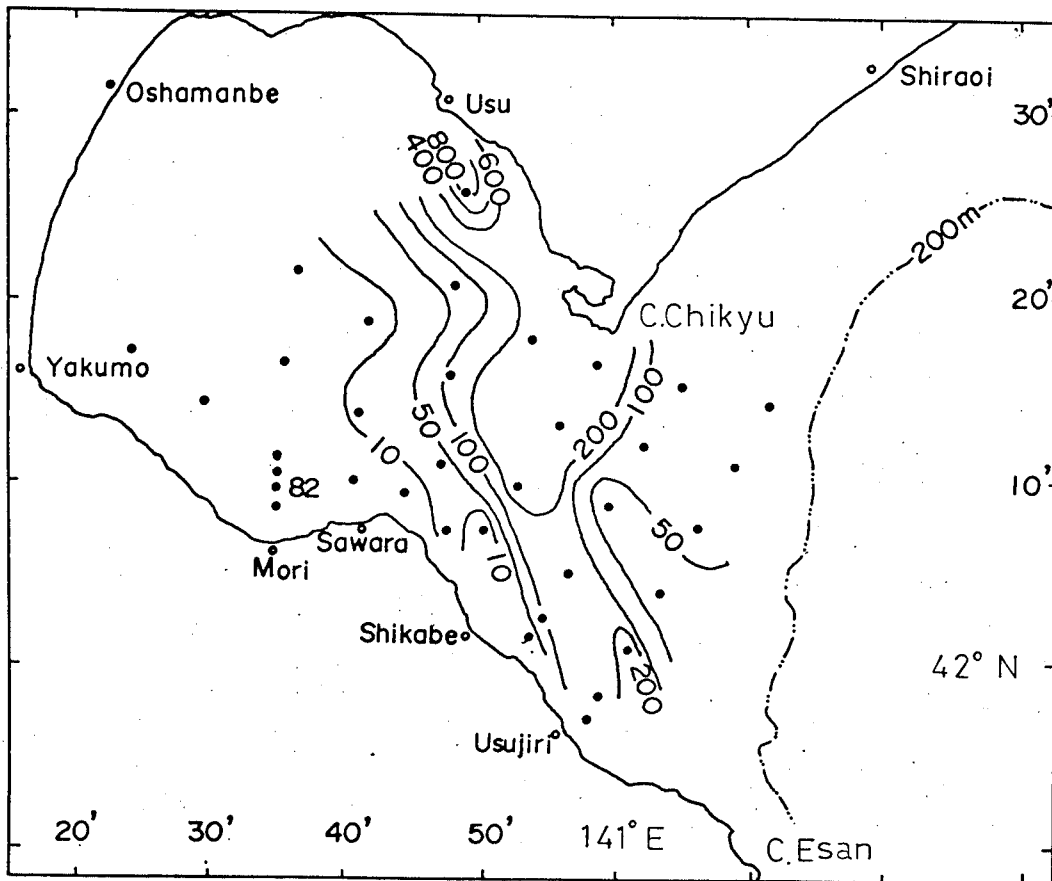


Fig. 4 . Individual numbers of walleye pollock eggs of stage III per square meter during March 7-15 in 1977.

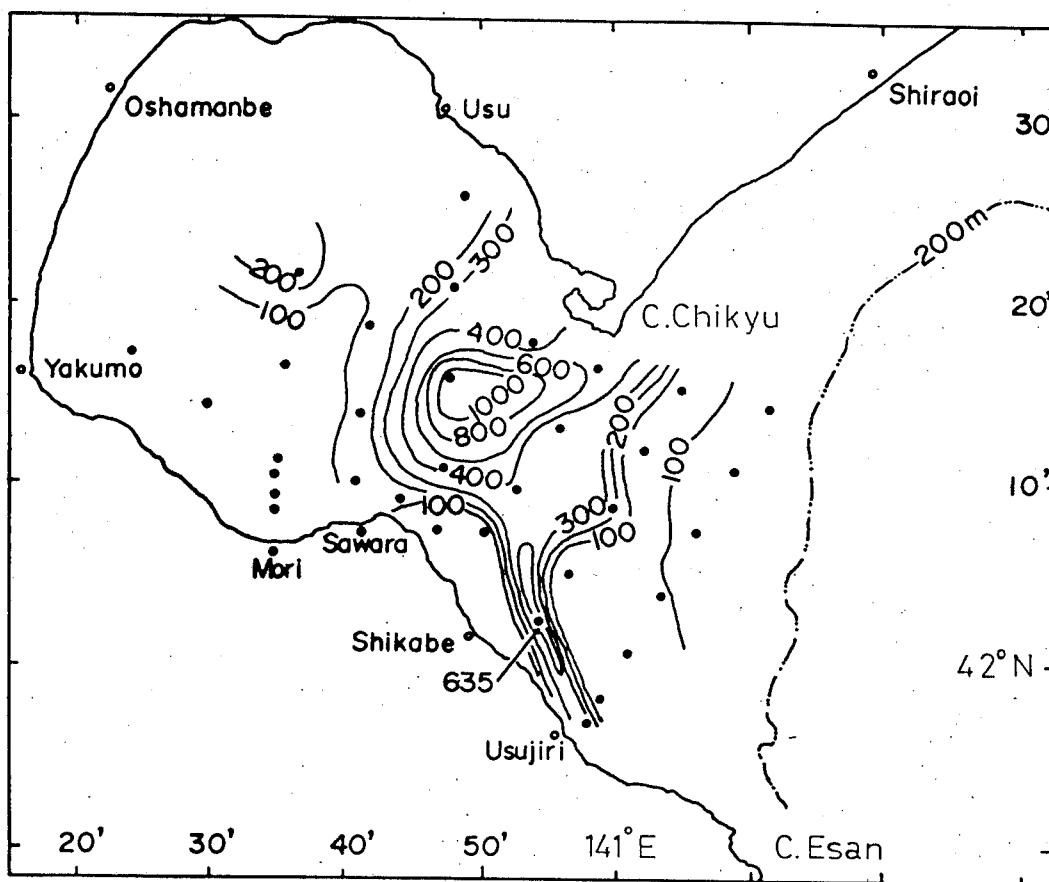


Fig. 5 . Individual numbers of walleye pollock eggs of stage IV per square meter during March 7-15 in 1977.

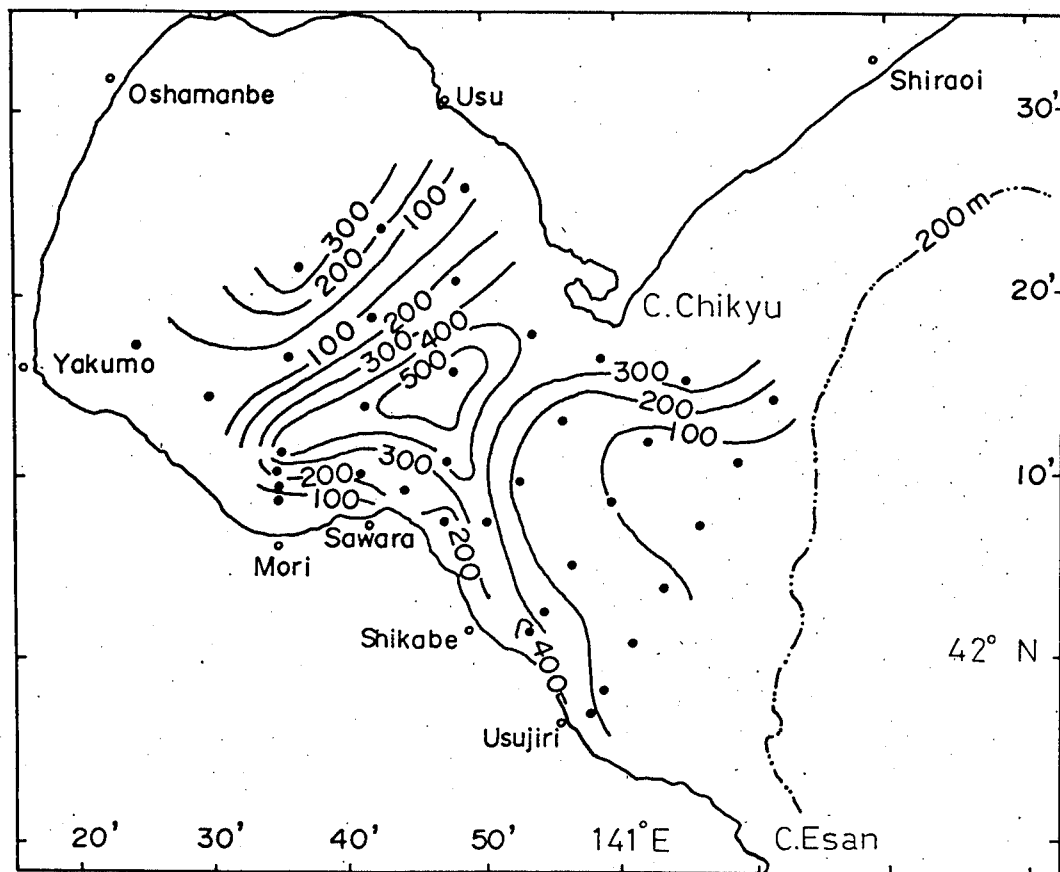


Fig. 6 . Individual numbers of walleye pollock eggs of stage V per square meter during March 7-15 in 1977.

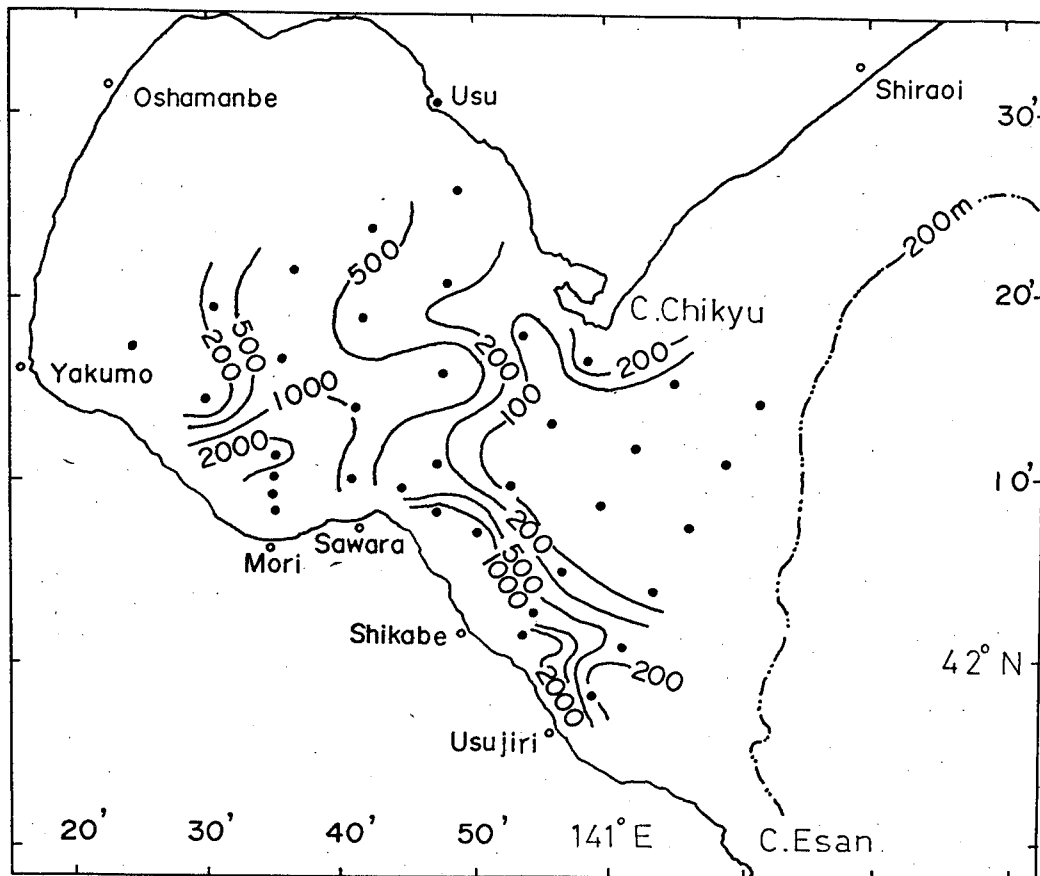


Fig. 7 . Individual numbers of walleye pollock larvae per square meter during March 7-15 in 1977.



次に、各発生段階の卵の鉛直分布をみるため、1982年3月15～16日の期間、湾外の St. 3 と湾口部の St. 17 および湾内 St. 30 で、各水深毎に MTD ネットを使用し、卵・仔魚を採集した (Fig. 8)。湾外 St. 3 では、Stage I の卵が水深 60 m 層まで採集されており、特に水深 10～20 m 層が多かった。これに対し、湾口部および湾内の地点では、Stage I～III の卵は採集されなかったが、Stage IV～V の卵は特に水深 10～20 m 層で多数採集された。また、仔魚は Stage V の卵と同様、湾口部から湾内表層域で多く採集され、湾口部では水深 10～20 m 層に主に分布していたが、湾内では 10～30 m 層とその分布水深は幾分深くなっていた。

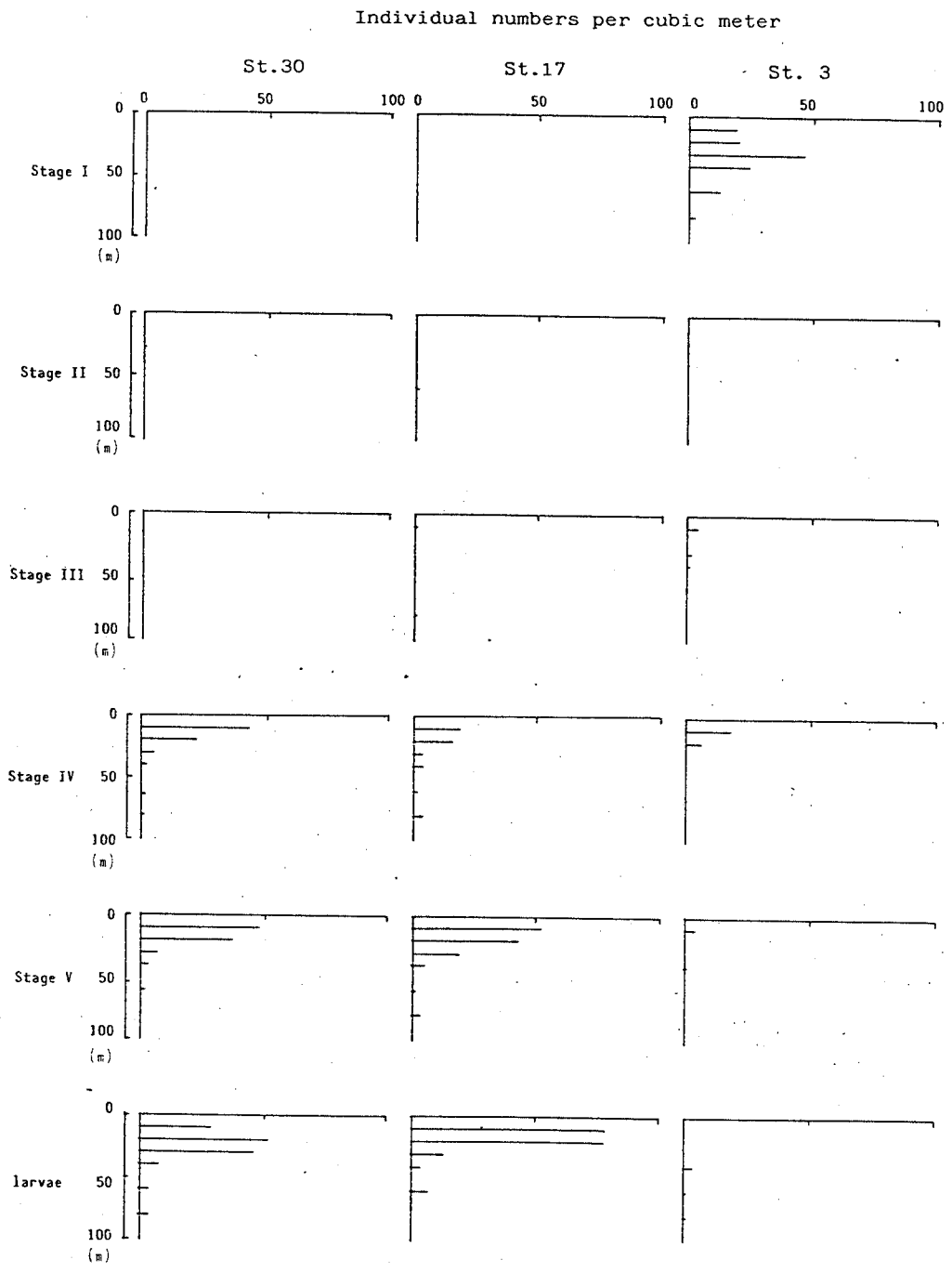


Fig. 8 . Vertical distributions of walleye pollock of 6 developmental stages during March 15-16 in 1982.

## 2. スケトウダラ稚仔魚の分布

### 2-1 水平分布の季節変化

スケトウダラ稚仔魚の分布が季節的にどのように変化するかを調べるため、稚魚ネット、ビームトロールネット、オッタートロールネットを使用して標本を採集した。

Fig. 9 に 1978 年 4 月に稚魚ネットの鉛直曳により採集された稚仔魚の水平分布を示した。稚仔魚は湾口部に比べて湾内および湾奥部に多く分布しており、このような傾向は 1977 年 4 月にみられた（中谷，1980）。

次に、1980 年 5 月にビームトロールネット（水深 10 ~ 27 m 層）により採集された稚仔魚の個体数を 1000 m<sup>3</sup> あたりに換算し、Fig. 10 に示した。分布の中心は砂原沖の St. 27, St. 28 にあり、また湾口部中央域の St. 12', 16 および 17 でも比較的多く採集されているのに対し、湾口部沿岸域の St. 1, St. 14 では少なかった。この傾向は 1977 年 5 月でも同様であった（Fig. 11；中谷，1980）。さらに、1979 年、1981 年 6 月では、

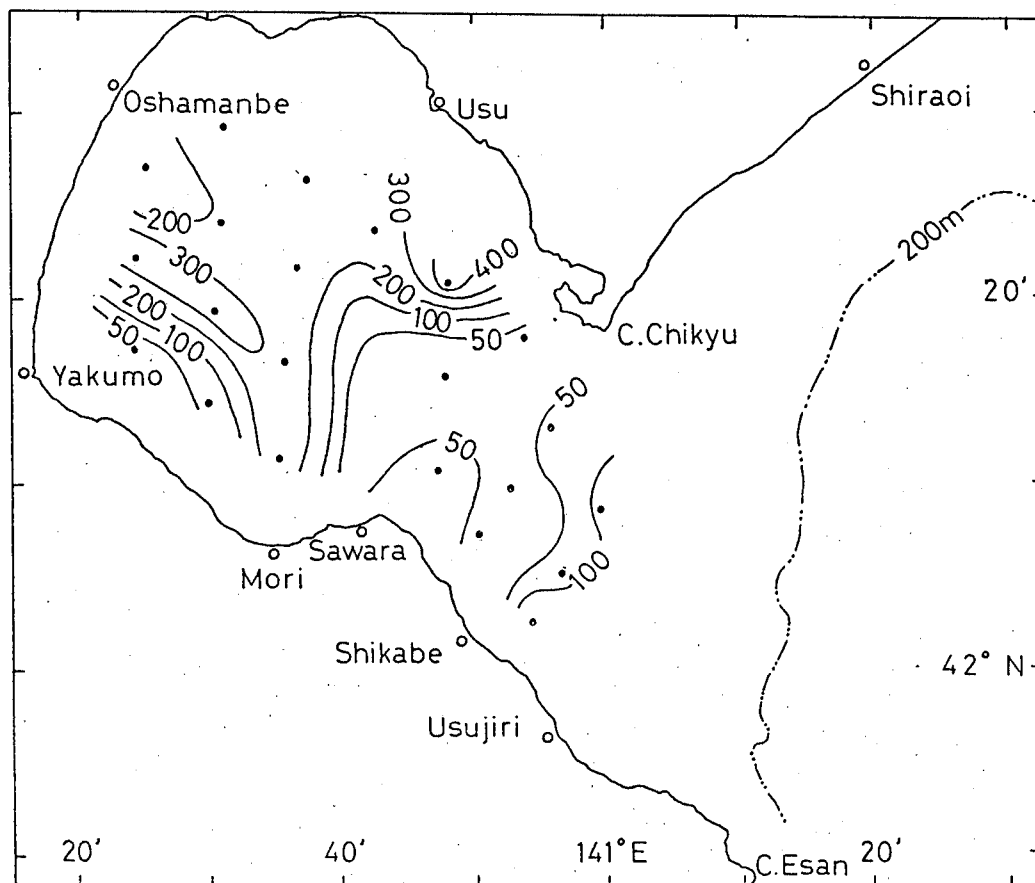


Fig. 9 . Individual numbers of walleye pollock larvae per square meter during April 5-10 in 1978.

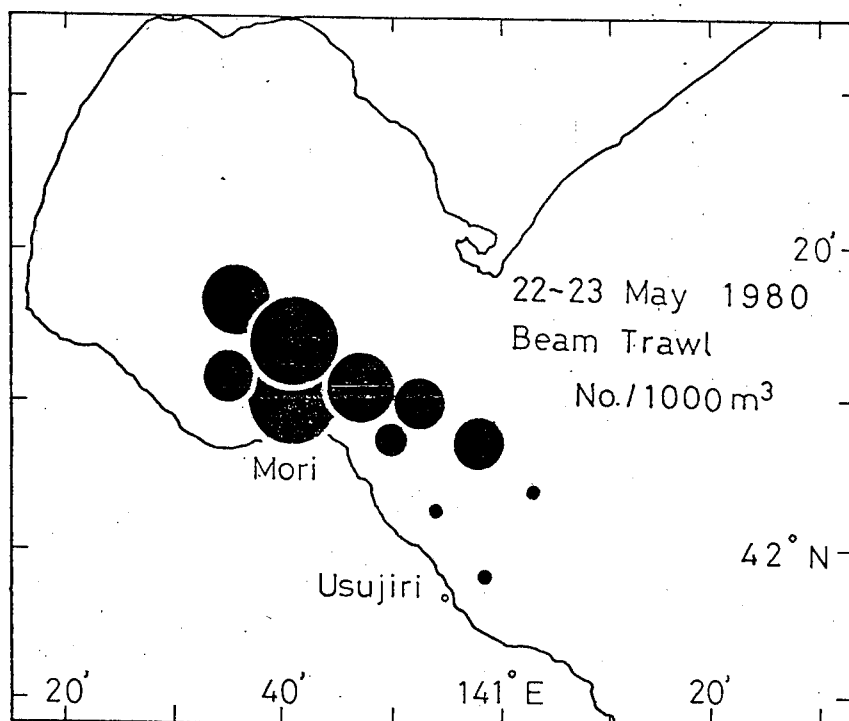


Fig. 10. Distribution of walleye pollock larvae during May 22-23 in 1980.

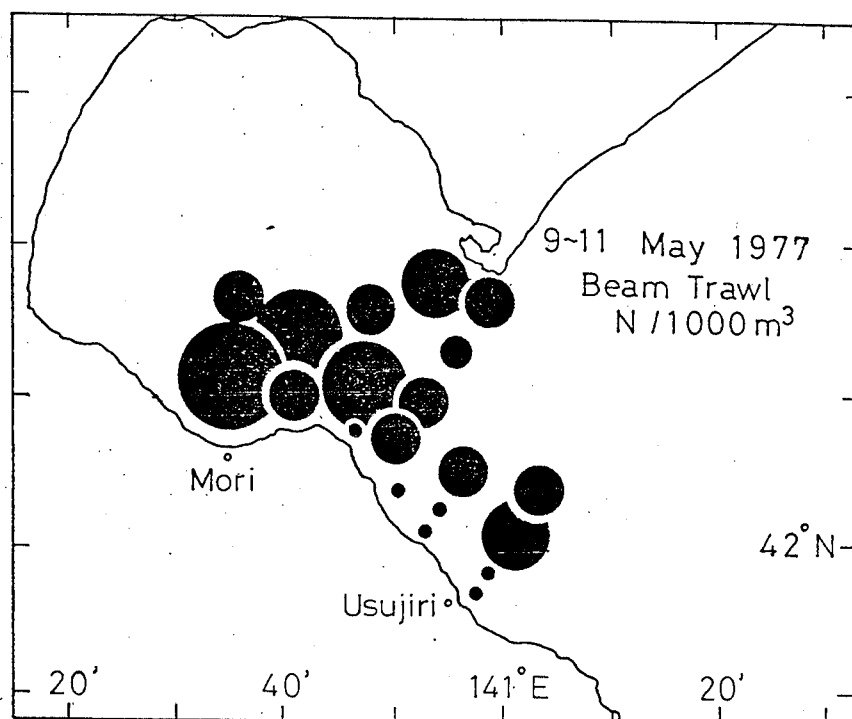
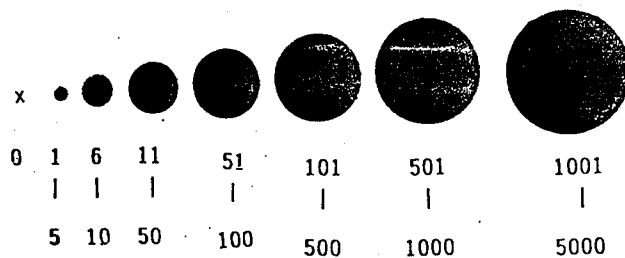


Fig. 11. Distribution of walleye pollock larvae during May 9-11 in 1977. (from Nakatani, 1980)



湾内砦原沖から湾口部中央域で釣かった (Fig. 12, Fig. 13)。また, 1982年では湾内森沖の St. 30 にも稚魚が採集された (Fig. 14)。

7月初旬 (1980年7月4~5日) には, 湾内 St. 29 から湾外東方 G2 に亘って稚魚が採集され, 特に G2 で釣かった (Fig. 15)。その後, 7月下旬 (1980年7月21~22日) では, 湾内 St. 31 と湾外東方 G1 に分布の中心がみられた (Fig. 16)。

8月 (1980年8月6~8日) では湾内砦原沖と湾外東方に稚魚の分布がみられ (Fig. 17), 同様の傾向は1981年8月 (Fig. 18) にもみられたが, 1982年8月 (Fig. 19) では東方沖合にのみみられた。

このように, スケトウダラ稚仔魚は6月頃まで湾内に多く留まっているが, 7月から8月にかけて湾外東方海域へ移動し, その分布が広がった。

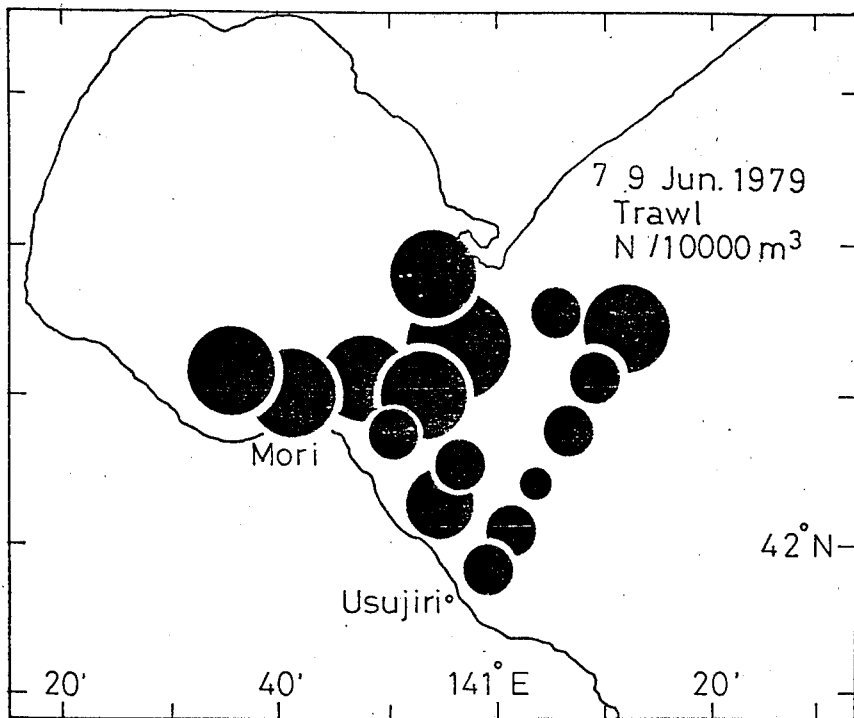


Fig. 12. Distribution of walleye pollock larvae during June 7-9 in 1979.

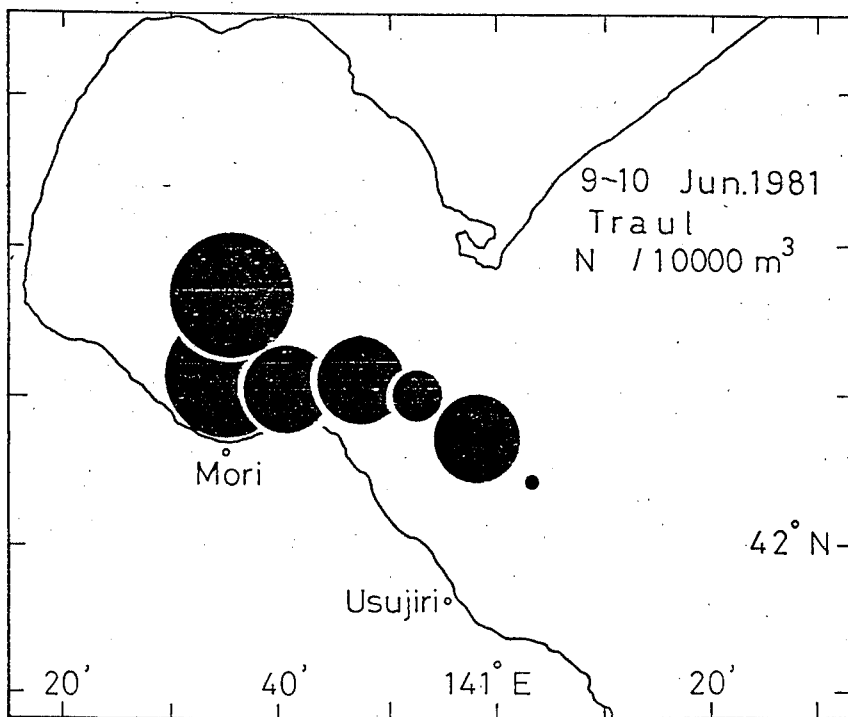
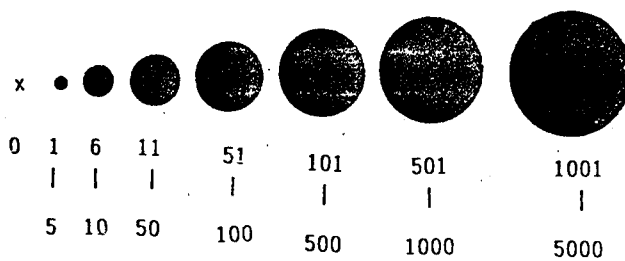


Fig. 13. Distribution of walleye pollock larvae during June 9-10 in 1981.



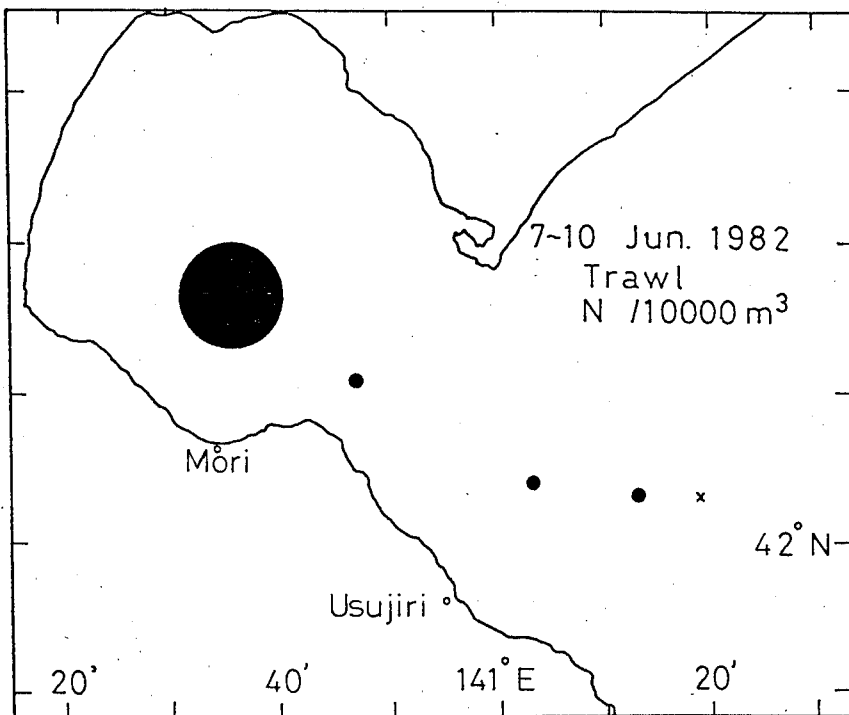


Fig. 14. Distribution of walleye pollock larvae during June 7-10 in 1982.

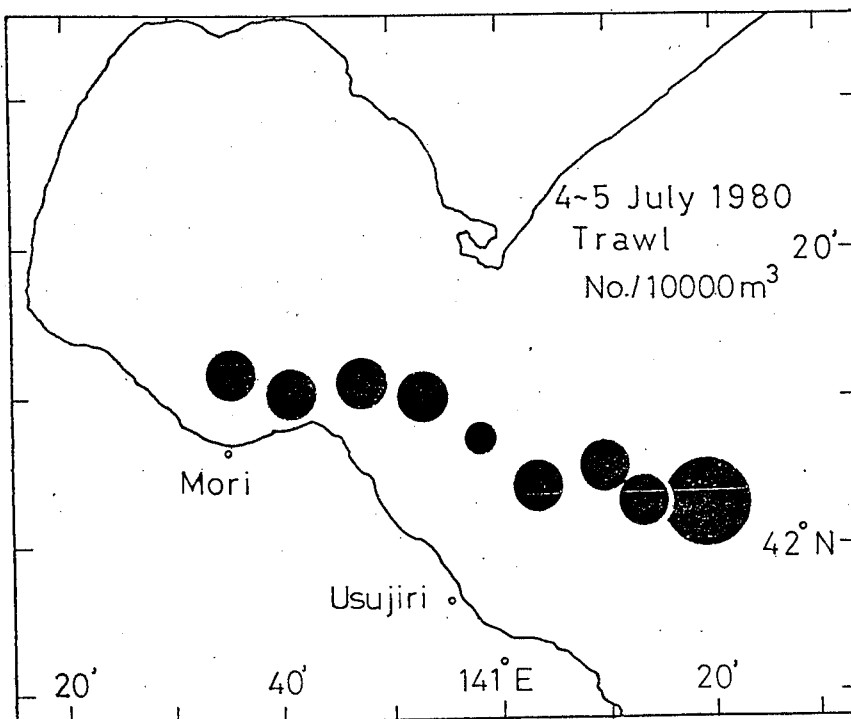
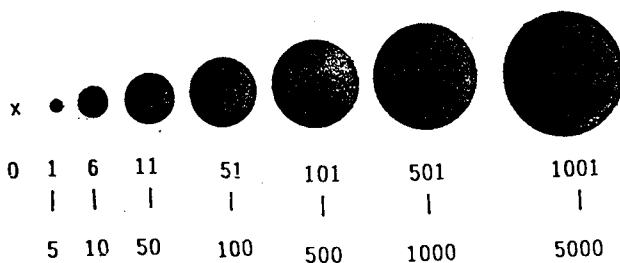


Fig. 15. Distribution of walleye pollock larvae during July 4-5 in 1980.





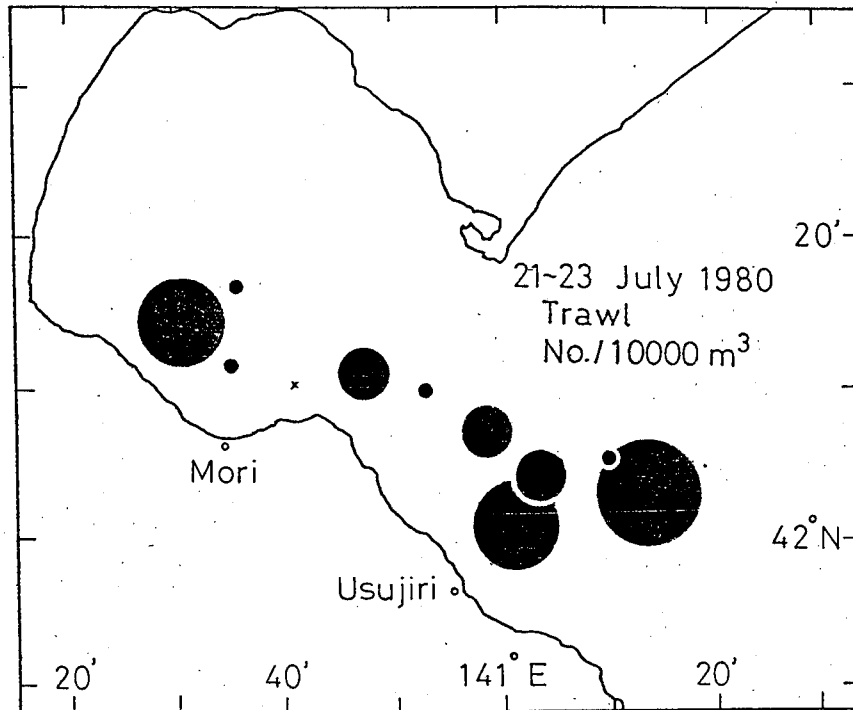
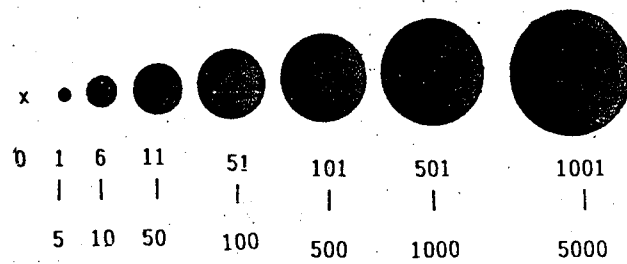


Fig. 16. Distribution of walleye pollock larvae during July 21-23 in 1980.



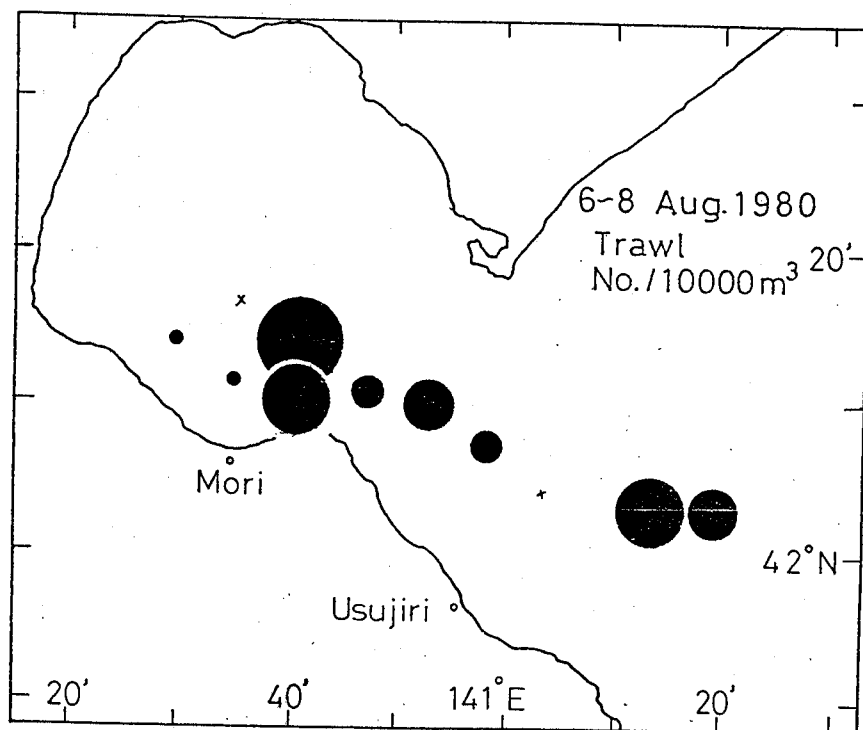


Fig. 17. Distribution of walleye pollock larvae during August 6-8 in 1980.

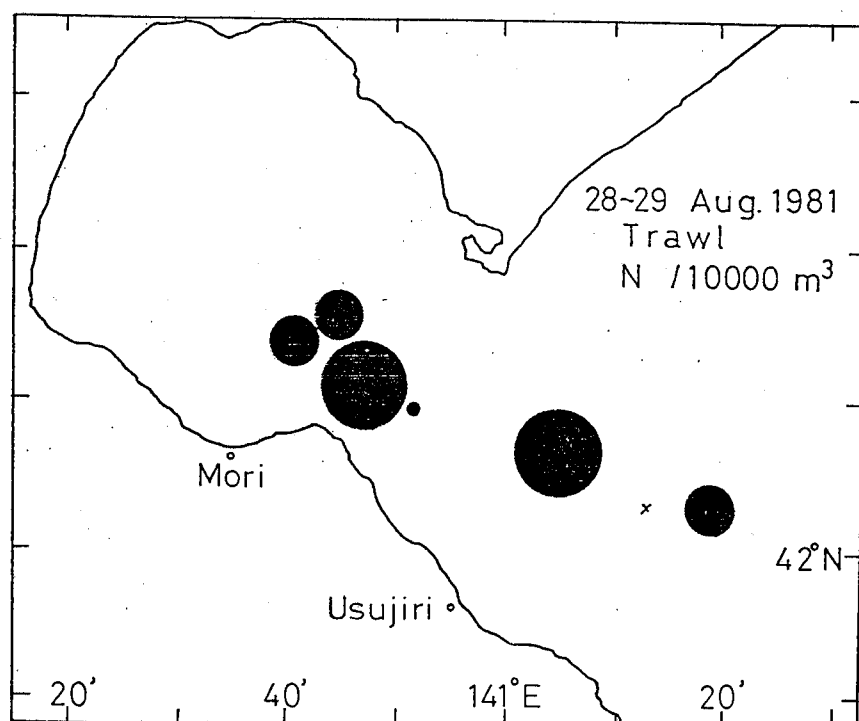
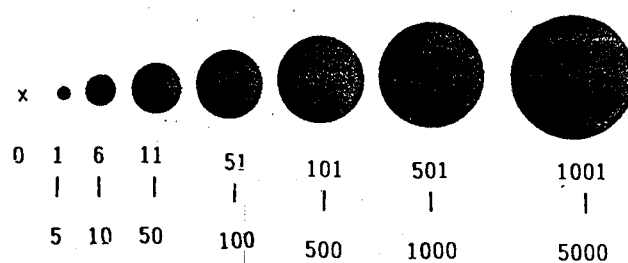


Fig. 18. Distribution of walleye pollock larvae during August 28-29 in 1981.



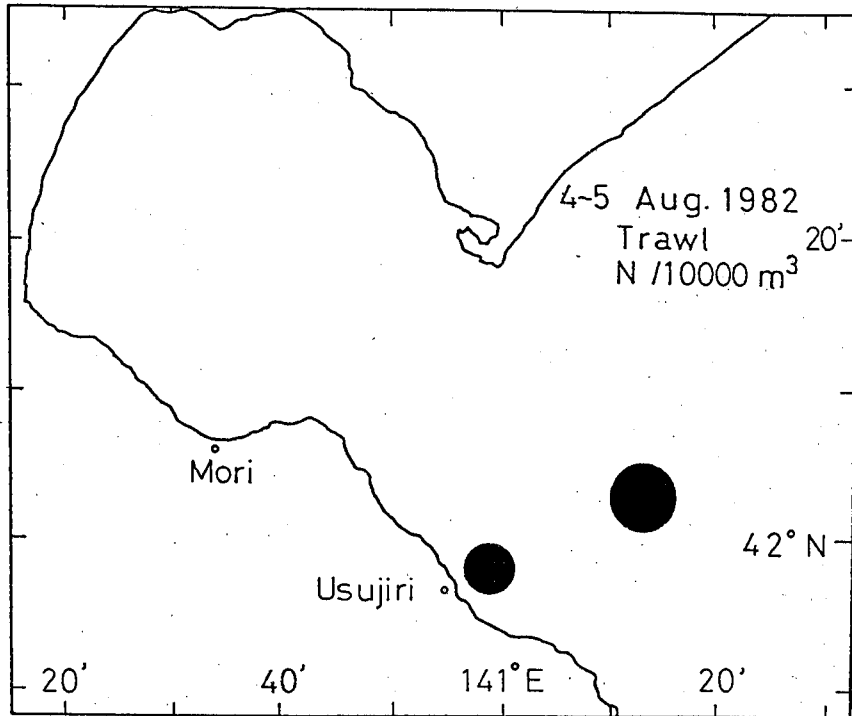


Fig.19. Distribution of walleye pollock larvae during August 4-5 in 1982.

## 2-2 鉛直分布の季節変化

さきに、1982年3月の試料で仔魚は主として湾内の水深10~30m層で採集されていることを示したが (Fig. 8)、同様1982年4月においても水深10m層で多く採集された (Fig. 20)。

1980年5月では水深20m付近で多くの稚魚が採集されており、また1981年5月にSt. 17およびSt. 27において15~20m層と30~50m層の2層で稚仔魚を採集した結果、15~20m層でより多く採集された (Table 2)。

6月では水深20m層付近で多くの稚魚が採集された (Table 2)。

7月になると、オットーロールネットの海底曳により多くの稚魚が採集されるようになった (Table 2)。

8月以降では湾外東方海域のG1 (水深300m) の海底から稚魚が採集された。以上述べたように6月までは水深10~30m層に分布するが、7月にはより深層域に分布が移り着底するようになる。これを稚魚の体長変化の面から

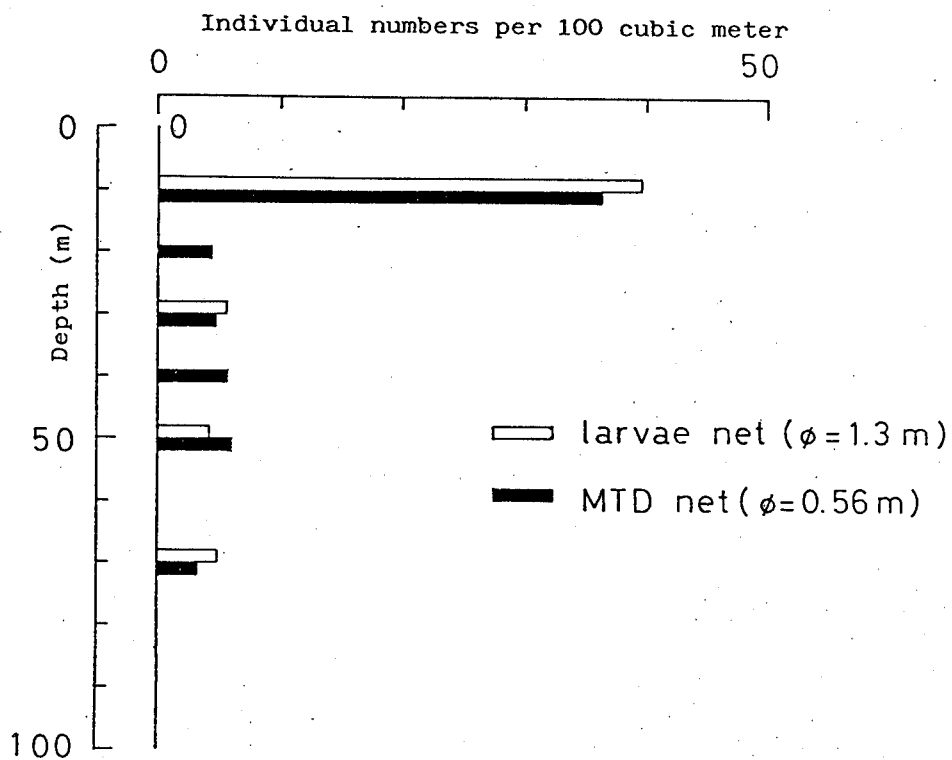


Fig. 20. Vertical distribution of walleye pollock larvae at St. 29 on 27 April 1982.

Table 2. Individual numbers of walleye pollock larvae per 1000 cubic meter and their total length collected by otter and beam trawl net, by stations, from May 1979 to August 1982.

Date	Station	Gear	Depth (m)	C.P.U.E. (N/1000m <sup>3</sup> )	Total length (mm)
7-9, June 1979	1	Otter trawl	19-23	1.19	41.73
	2		10-14	2.33	32.09
			35-40	3.19	46.80
	3		20-25	0.92	26.48
	4		15	3.00	24.93
	5		13-18	3.00	24.93
	6		20	21.22	42.70
	7		20-25	1.28	35.25
	9		10-25	24.04	35.90
	10		15-20	55.60	38.70
	13		20-24	1.50	37.70
	14		10-14	7.10	27.90
	15		28-32	4.44	45.00
	16		-	13.89	41.80
	17		20-25	17.25	40.10
	28		10-15	36.88	32.70
			25-32	15.34	41.80
			58-63	9.32	42.20
	29		36-40	22.71	38.50
	total			38.01+0.37	
22-23, May 1980	1	Beam trawl	-	0.72	29.75
	3		20-27	1.73	33.29
	12		15-20	13.10	36.09
	14		20-25	2.84	30.29
	15		10-15	6.35	34.87
	16		10-20	11.40	29.43
	17		-	55.72	37.16
	27		10-27	115.33	37.50
	28		-	280.92	41.65
	29		-	20.88	41.92
	30		20	76.89	36.75
	total			37.18+0.35	

Table 2. Continued.

Date	Station	Gear	Depth (m)	C.P.U.E. (N/1000m <sup>3</sup> )	Total length (mm)
4-5, July (1980)	3	Otter trawl	60-70	1.36	66.33
			bottom	3.02	70.85
	12'		50-55	0.80	62.52
	16		56	4.32	64.04
	17		45-50	3.85	65.32
	28		60	2.47	67.85
	29		35	4.55	66.76
	G1		55-60	1.19	68.58
			160-190	0	-
	G1'		40	2.02	64.47
			109-114	0.97	70.26
	G2		30-35	35.50	67.82
	total				66.81±0.29
21-23, July (1980)	2'	Otter trawl	50	2.66	80.11
			bottom	28.81	82.76
	3		40-50	1.41	77.42
	12'		70-75	2.00	77.23
	16		40-45	0.06	78.00
	17		72-76	1.25	73.00
	28		60	0	-
	29		75	0.19	78.86
	29-a		40	0	-
	30		92	0.19	78.43
	31		bottom	18.47	83.71
	G1		80	0.30	76.64
			bottom	53.87	87.79
	G1'		102	0.19	76.14
G2		45-50	0	-	
6-8, August (1980)	3	Otter trawl	85-90	0	-
			95	0	-
	12'		62	1.00	84.17
	16		40	3.94	82.56
	17		80	0.72	81.36
	28		68	8.32	86.86
	29		34-38	0.28	84.80
	30		40-60	0	-

Table 2. Continued.

Date	Station	Gear	Depth (m)	C.P.U.E. (N/1000m <sup>3</sup> )	Total length (mm)
6-8, August (1980)	G1	Otter trawl	bottom	6.43	89.81
	G1		120	0.35	89.71
			bottom	1.58	94.49
		total			86.78±0.47
25-26, Sep. (1980)	12'	Otter trawl	bottom	0	-
	16		73	0	-
	27		bottom	31.41	102.99
	G1		bottom	268.90	97.99
	G2		bottom	0.76	98.33
		total			100.22±0.83
8 May 1981	17	Beam trawl	15	176.46	12.70
			40-50	13.82	12.74
	17'		15	91.79	19.94
	27		15-20	32.40	16.06
			30	14.90	16.74
		total			16.19±0.61
9-10, June (1981)	3	Otter trawl	25-30	0.19	31.86
	12'		19-23	29.04	35.91
	16		20-25	1.34	29.17
			35-39	2.02	36.10
	17		15-30	11.15	41.13
	28		20-35	38.38	33.23
	29		15-21	400.29	32.46
	30		18-25	120.30	35.11
		total			33.76±0.40
22-24, July (1981)	1	Otter trawl	bottom	9.53	77.96
	3		bottom	1.29	74.57
	12'		bottom	11.11	82.31



Table 2. Continued.

Date	Station	Géar	Depth (m)	C.P.U.E. (N/1000m <sup>2</sup> )	Total length (mm)
22-24, July (1981)	14	Otter trawl	45	0.12	70.67
	15		20	0	-
	16		45	3.12	66.13
	17		bottom	20.51	82.28
	28'		35	0.25	41.00
	29		20	0	-
	30		40	0.29	48.14
	G1'		bottom	55.16	81.26
	Total				80.87 <sub>+1.17</sub>
28-29, August (1981)	3'	Otter trawl	bottom	44.34	87.88
	16'		55-60	0.49	83.68
	17		84-89	37.41	95.88
	27		50-60	2.54	85.12
	30'		50	1.58	86.42
	G1		85	0	-
	G2		bottom	4.24	89.70
	total				91.24 <sub>+1.28</sub>
30 Sep. - 2 Oct. (1981)	3	Otter trawl	bottom	44.54	90.41
	16		bottom	356.22	98.97
	27		bottom	8.76	94.24
	30		75-80	61.65	100.23
	G1		bottom	70.11	100.50
	G2		bottom	0	-
	total				100.68 <sub>+0.83</sub>
7-10, June (1982)	3	Otter trawl	20	0.08	26.00
	17		25-30	0.50	37.50

Table 2. Continued.

Date	Station	Gear	Depth (m)	C.P.U.E. (N/1000m <sup>3</sup> )	Total length (mm)
7-10, June (1982)	30*	Otter trawl	12-15	0.04	24.00
			25-30	80.91	45.00
			50-55	13.02	44.32
			bottom	0	-
	30**		10-15	52.25	53.90
			25-30	13.27	50.01
			50-55	1.16	50.33
			80	0.62	48.46
	G1		22-25	0.17	32.12
			bottom	0	-
	G2		bottom	0	-
Total					47.81±2.16
20-21, July (1982)	1'	Otter trawl	50-55	0.33	87.62
			bottom	3.79	108.83
	2		22-27	0.03	36.00
			bottom	11.54	92.18
	3		75-80	0.08	76.50
			bottom	62.42	84.95
	14'		70-75	0.21	57.90
	15'		70-75	0.50	64.70
	17		30-35	0.08	32.50
	17'		30-35	2.29	63.82
	29		30-35	0.17	35.25
	30		-	0.17	-
	G2'		bottom	9.36	110.09
	total				
4-5, August (1982)	1'	Otter trawl	50	0.33	87.62
			bottom	3.79	108.83
	G1		bottom	6.24	110.09
	total				

みると、1980年7月23日にG1の水深80mで採集された稚魚の全長が $76.6 \pm 1.0$  mm (95%信頼区間)であったのに対し、水深200m(海底)で採集された個体の全長は $87.8 \pm 1.0$  mmと大きかった。この現象は他の地点でも同様で、中層で採集された個体に比べて海底曳の個体の全長がより大きかった(Table 2)。このような1980年7月における稚魚の着底現象は、1981年、1982年にもみられた(Table 2)。

オッターロールネットの各層曳により採集された稚魚の体長は、1980年7月下旬ではSt. 2の個体で最も小さく、その平均全長は $82.7 \pm 0.8$  mmであった(Table 2)。また、1981年7月ではSt. 3で採集された個体が $74.6 \pm 2.8$  mmで最も小さく、また、1982年7月、St. 3では $85.1 \pm 1.5$  mmであった。このように、着底期の稚魚の体長には年による変化がみられるが、概して75mmを越えると稚魚は水深100~200mの海底に移動するものと考えられる。また、1977年から1982年までの各年次の採集結果を比較したところ

、このような成長に伴う分布・移動の時期について顕著な年変動は認められなかった。

なお、1982年6月8日、湾内のSt. 30において昼間(14<sup>03</sup> ~ 16<sup>30</sup>)と夜間(19<sup>20</sup> ~ 21<sup>42</sup>)の2回、オッターロールネットの各層曳により稚魚を採集した結果(Fig. 21)、昼間では水深25 ~ 30 m層で最も多かったのに対し、夜間では水深10 ~ 15 m層で多く、稚魚の夜間における浮上現象がみられた。Kamba (1977) は4月に当海域でMTDネットにより採集されたスケトウダラ稚仔魚(5 ~ 29 mm)の鉛直分布についてふれ、その時間変化から、夜間、浮上現象がみられると報告しているが、今回の調査結果から、大型の稚魚(24.0 ~ 53.9 mm)についても同様の現象が確認された。

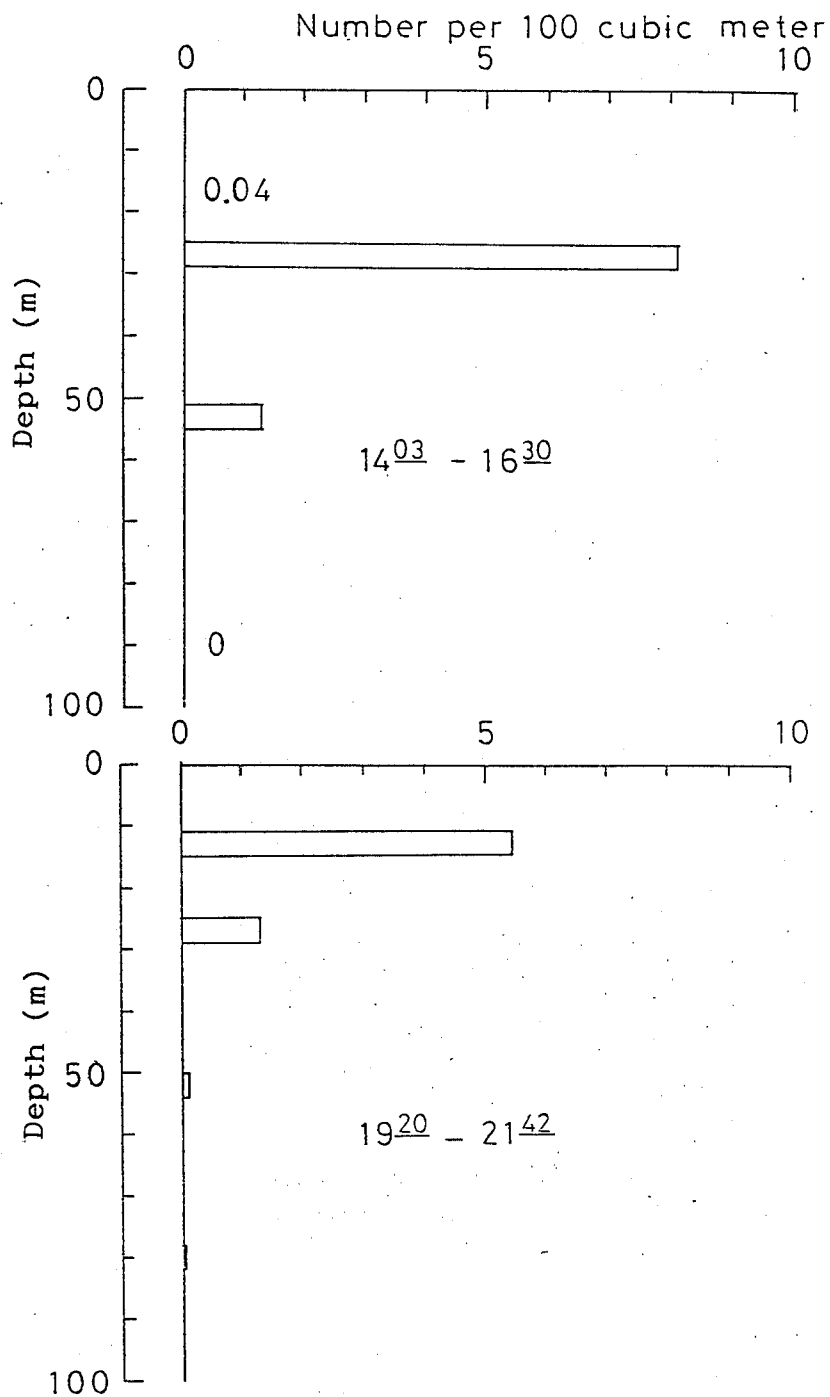


Fig. 21. Vertical distributions of walleye pollock larvae collected by otter trawl net at St. 30 in the daytime (14:03-16:30) and the night time (19:20-21:42) on 8 June 1982.

### 3. スケトウダラ稚仔魚の胃内容物組成

噴火湾およびその周辺海域に出現するスケトウダラの初期減耗に大きく影響する孵化後間もない仔魚期の餌生物環境をみるため、MTD ネットで採集された仔魚の胃内容物についてその湿重量組成を求めた (Fig. 22)。

全長 5 mm 未満の仔魚の多くは卵黄吸収中の個体であり、摂餌を開始している個体は少なかったが、摂餌個体の胃内容物は主として甲殻類の卵 (直径 98 ~ 519  $\mu$ ) および橈脚類、ナプリウス (背甲長 148 ~ 568  $\mu$ ) であった。

6 ~ 7 mm を境にして、仔魚の全長が大きくなると、何れの採集点の仔魚についてもコペポダイト期の橈脚類 (主として *Pseudocalanus minutus* と *Oithona similis*) の割合が高くなった。また、全長 7 mm を越える仔魚の胃中からは 1 mm (metasome length) を越えるコペポダイト期の橈脚類が出現するが、7 mm 未満の仔魚からは 200 ~ 400  $\mu$  の餌生物が多く出現し、全長 7 mm を境にして餌生物の種とその大きさが著しく変化し (Fig. 23),

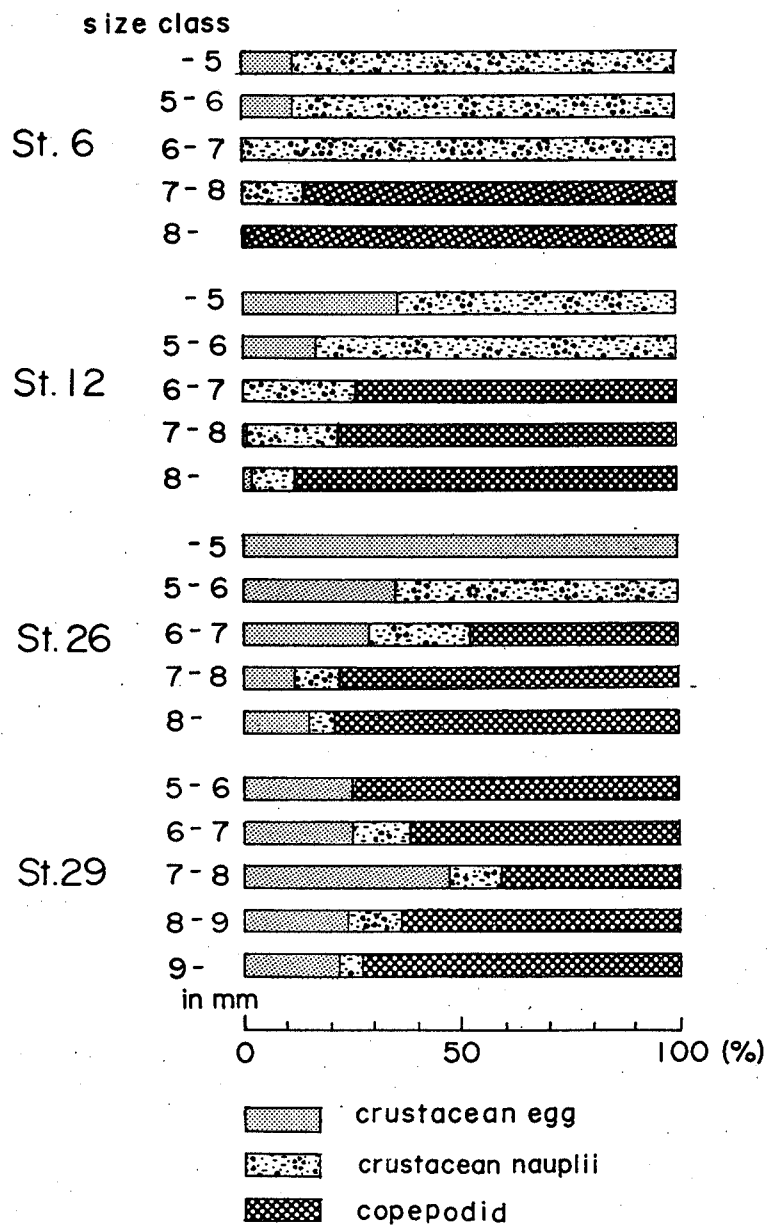


Fig. 22 . Gut contents of walleye pollock larvae collected at 4 stations during March 5-7 in 1980.

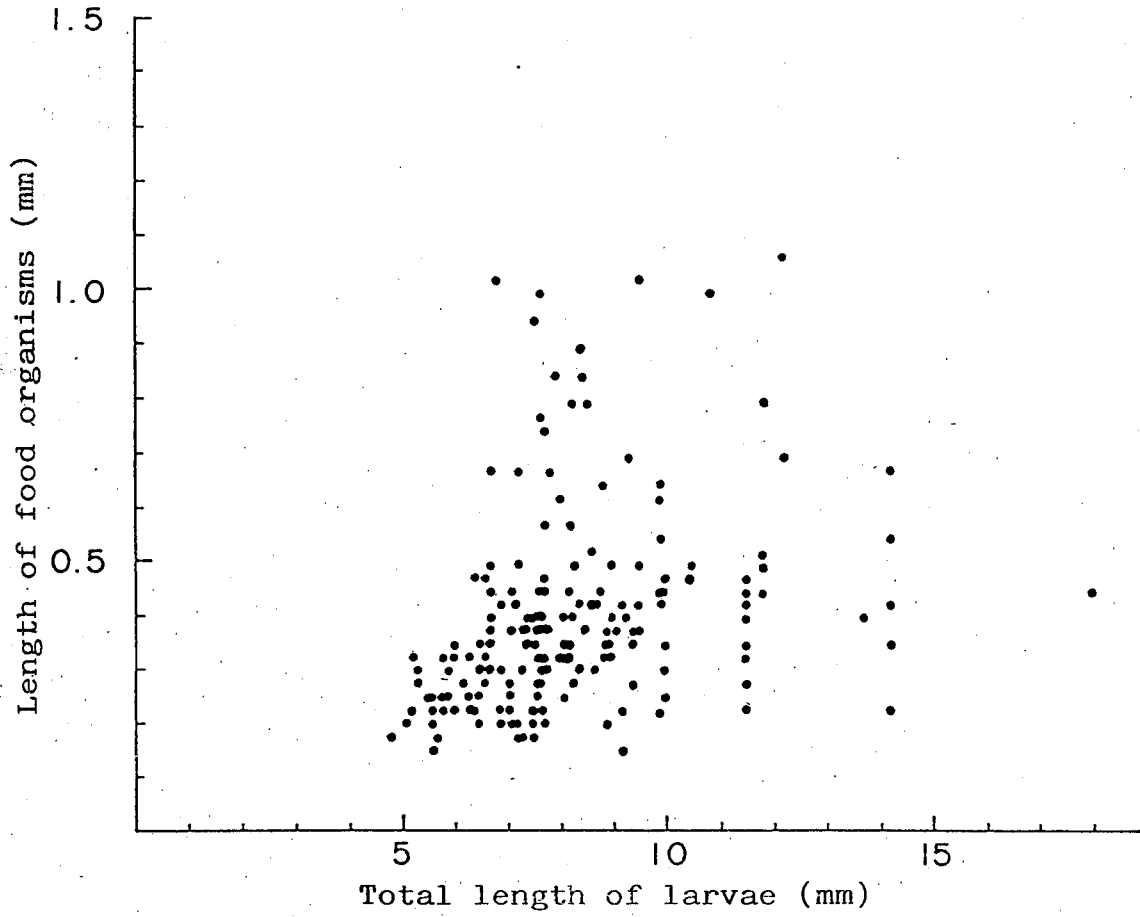


Fig. 23. Relation between the total length of walleye pollock larvae and the length of food organisms ingested.



Kamba (1977) の報告と一致した。湾内森沖の St. 29 で採集された全長 5 ~ 6 mm の仔魚の胃内容物の中ではコペポダイト期の橈脚類の占める割合が高いが、これは仔魚 7 個体中 6 個体までが甲殻類の卵 (仔魚 6 個体で 6  $\mu$ g) であり、全長 5.9 mm の仔魚 1 個体のミコペポダイト期の橈脚類 (53  $\mu$ g) と甲殻類の卵 (1  $\mu$ g) を摂餌していたためである。

スケトウダラ稚仔魚は成長に伴い水平ならびに鉛直分布が変化するが、これに伴って食性が変化するものと思われる。そこで 4 月から 8 月に採集された稚仔魚の全長と胃内容物の種ならびに体幅の季節変化を求めた (Fig. 24, Fig. 25)。全長 7 mm を越える仔魚の主要餌生物は橈脚類、1 - プリウスからコペポダイト期の橈脚類に変化し、それ以上 30 mm までの稚仔魚は主として *P. minutus* の成体およびコペポダイト期の個体を摂餌していた。さらに、全長が 30 mm を越えるとその胃中からは *Calanus plumchrus* が出現しはじめ、餌生物の体幅が著しく変化した。

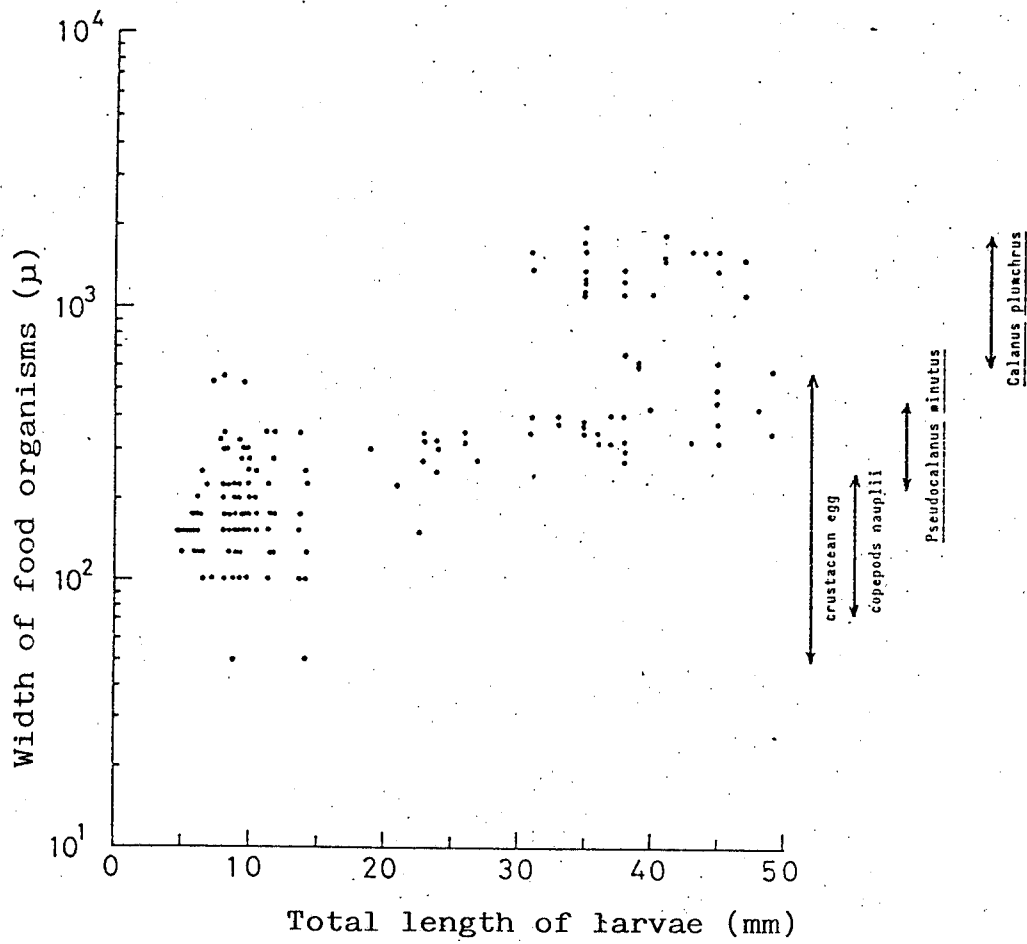


Fig. 24. Relation between the total length of walleye pollock larvae and the width of food organisms ingested.

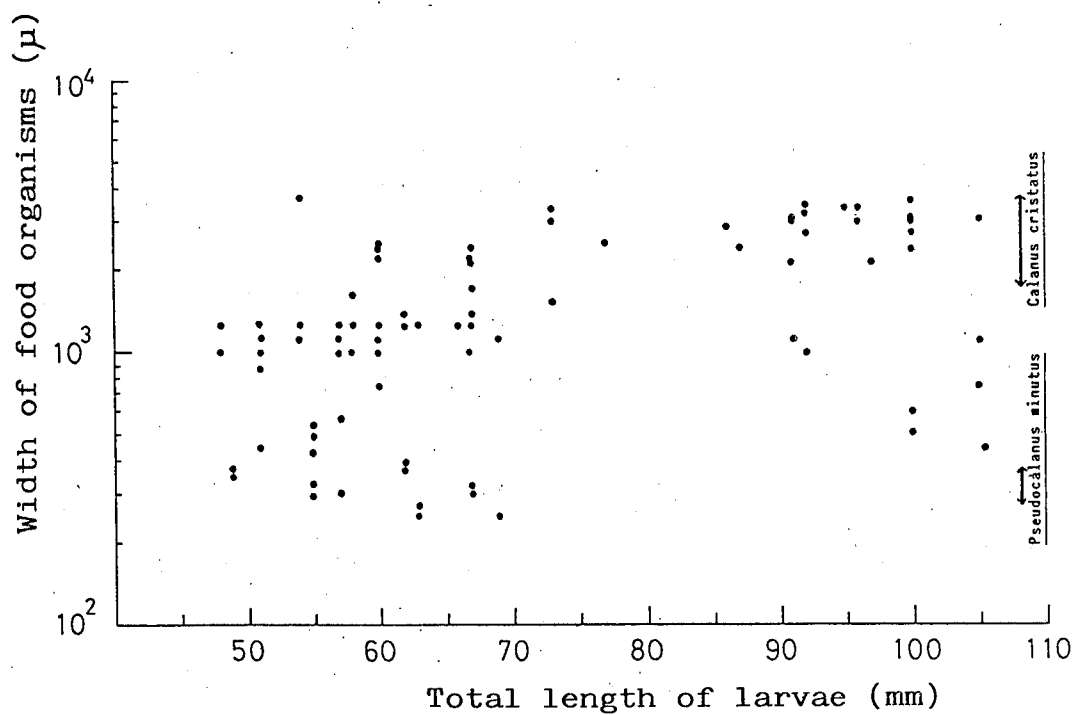


Fig. 25. Relation between the total length of walleye pollock larvae and the width of food organisms ingested.

さらに、全長 70 mm 前後の稚魚ではオキアミ類 *Euphausia pacifica* が主要餌生物となり、橈脚類 *Calanus cristatus*、端脚類 *Themisto japonica* などが多く出現した。

以上述べたように、スケトウダラ稚仔魚の主要餌生物は甲殻類の卵および橈脚類ノープリウスに始まり、成長に伴ってその食性が変化した。

#### 4. 橈脚類 / - プリウスの分布と種組成

先に述べたように、スケトウダラ仔魚の摂餌開始時の餌生物は甲殻類の卵および橈脚類 / - プリウスであり、海産魚類仔魚に対する橈脚類幼生の重要性は指摘されているが(田中, 1980), これらの生産生態は海域によって異なっているものと思われる。噴火湾に出現するこれら橈脚類幼生の種組成, 分布ならびに季節的消長に関する知見はない。そこで、Norpac ネット(目合 0.1 mm) およびバンドン採水器により採集された橈脚類 / - プリウスの種の査定を行ない、孵化後間もないスケトウダラ仔魚の餌生物環境がどのような海況の条件下で形成されるかを検討するための資料とした。

橈脚類 / - プリウスに関する分類学的研究は Oberg (1906), Lebour (1916), Gibbons (1933), Johnson (1937), Gibbons (1938) などがあり, Ogilvie (1953), Lovegrove (1956) がまとめている。さらに, Faber (1966) は Calanoida 12 種, Cyclopoida 3 種, Harpacticoida 1 種について種の査

定のための検索表を作成した。また、花園（1952）は第1触角第2節の形態ならびに付属毛の特徴による分類を行なった。以上の知見から、噴火湾に出現する主な橈脚類の発生段階と体長との関係をまとめた（Fig. 26）。橈脚類ローブリウスの種の査定はこれまでの知見による付属肢の形態と体長とを併用して行なったが、Fig. 26 に示すように、*P. minutus* と *Metridia lucens* の体長がほとんど同じであり、第1触角の形態も類似している。これら2種の第4期以降の個体では terminal spine と ventral spine との間隔が広く、第1触角の2本の setae が同じ notch から伸びていることから *M. lucens* と判定が出来る（Gibbons, 1938）。しかしながら、第1期から第3期までの個体では体長、形態的特徴は極めて類似し、僅かに体後部の spine の形態が異なる程度である。本研究で採集されたこのタイプのローブリウス第1期の個体は、PLATE I, II に示したように terminal spine の長さが 10  $\mu$  以下の個体（PLATE I）と 30  $\mu$  前後の個体（PLATE II）が出現した。

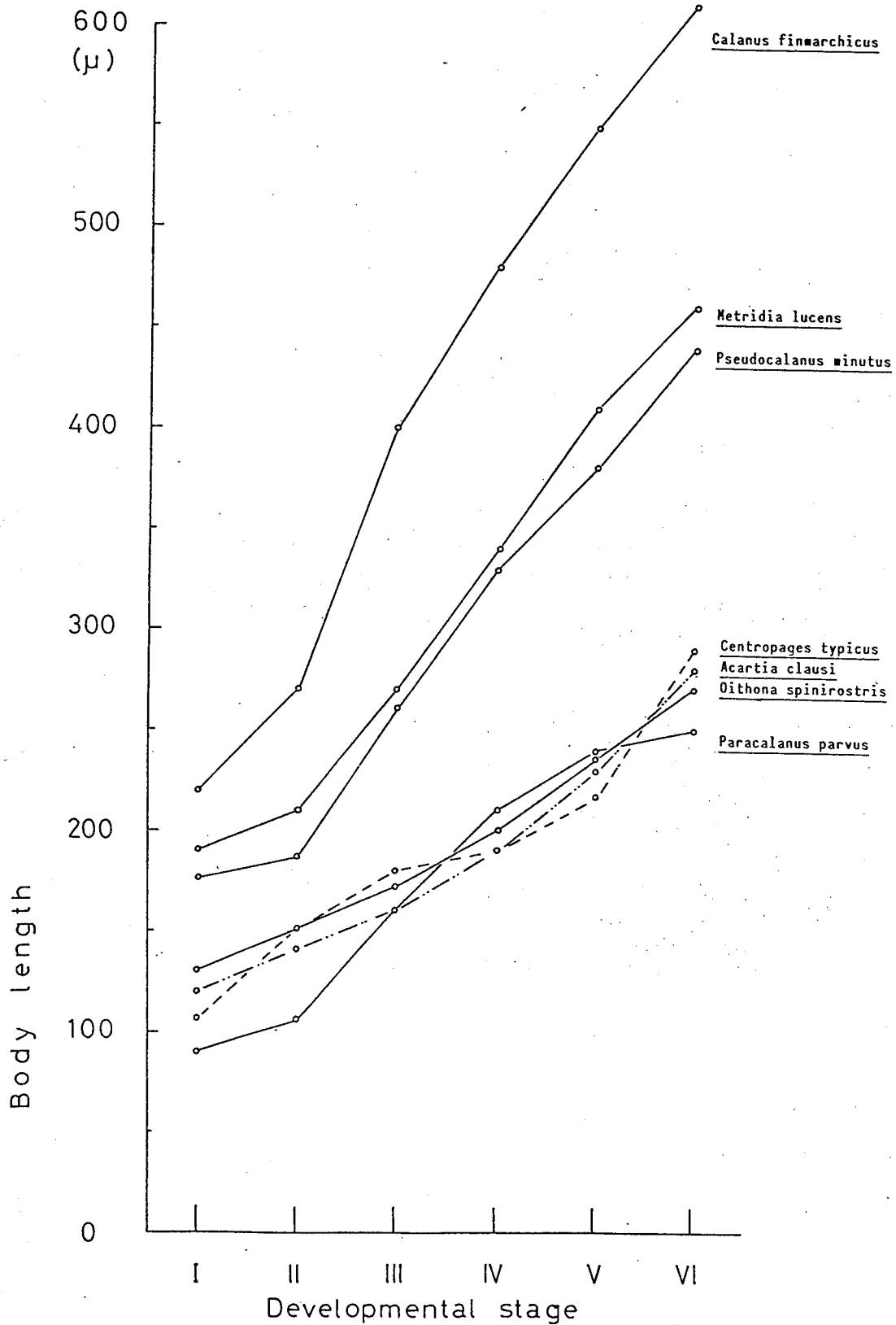


Fig. 26. Body length of copepod nauplii on 6 developmental stages.

第2期の個体では、そのすべてが PLATE III に示すように *P. minutus* の特徴である2本の太い terminal spine を持った個体であり、*M. lucens* の特徴である4本の terminal spine を持った個体は採集されなかった。PLATE IV は第3期の個体であるが、この発生段階で *P. minutus* と *M. lucens* を区別する形態的特徴は不明である。第1期、第2期ともにこのタイプの個体のほとんどが *P. minutus* と思われるが、第3期の区別が現在のところ不可能であるため、本研究では第1期から第3期までのこのタイプの個体を *P. minutus* と *M. lucens* としてまとめた。

Table 3 と Fig. 27 に 1982年2月1～2日および3月15～16日の期間、Norpac ネットの鉛直曳により採集された橈脚類コブクリウスの種組成ならびに令構成を示した。それによると、2月に噴火湾湾口部周辺海域で採集された橈脚類コブクリウスは  $1\text{ m}^2$  あたり 32～449個体であり、St. 1 の沿岸域で高い値を示した。採集された橈脚類コブクリウスは *P. minutus* の第4期



Table 3. Individual numbers of copepod nauplii per square meter in February 1-2 and March 15-16 in 1982.

Species	Month	February			March				
		St. 1	St. 2	St. 6	St. 3	St.12'	St.16	St.17	St.30
<u>Pseudocalanus minutus and Metridia lucens</u>									
	Stage I	0	0	0	0	155.5	195.1	0	191.4
	Stage II	0	0	1.0	120.2	517.3	1072.8	0.9	574.3
	Stage III	53.2	25.6	9.6	1201.9	2121.1	1950.5	0.9	1866.6
<u>Pseudocalanus minutus</u>									
	Stage IV	124.0	15.3	3.1	465.6	465.6	438.9	0.9	574.4
	Stage V	48.7	14.1	1.6	200.3	620.8	341.3	3.5	526.5
	Stage VI	4.4	0	0	0	0	0	1.8	0
<u>Metridia lucens</u>									
	Stage IV	35.4	11.6	4.8	560.9	258.7	97.5	0	239.3
	Stage V	44.3	5.1	1.6	200.3	51.7	0	0	47.9
	<u>Calanus</u> spp.	0	0	0	0	103.5	48.8	28.2	143.6
	<u>Oithona</u> spp.	119.6	37.1	10.2	1282.1	672.5	341.3	11.4	430.7
	Other nauplii	13.3	2.6	0	0	200.9	390.1	0.9	47.9
	Total	449.2	116.3	31.9	4006.4	5173.3	4876.2	48.4	4642.4

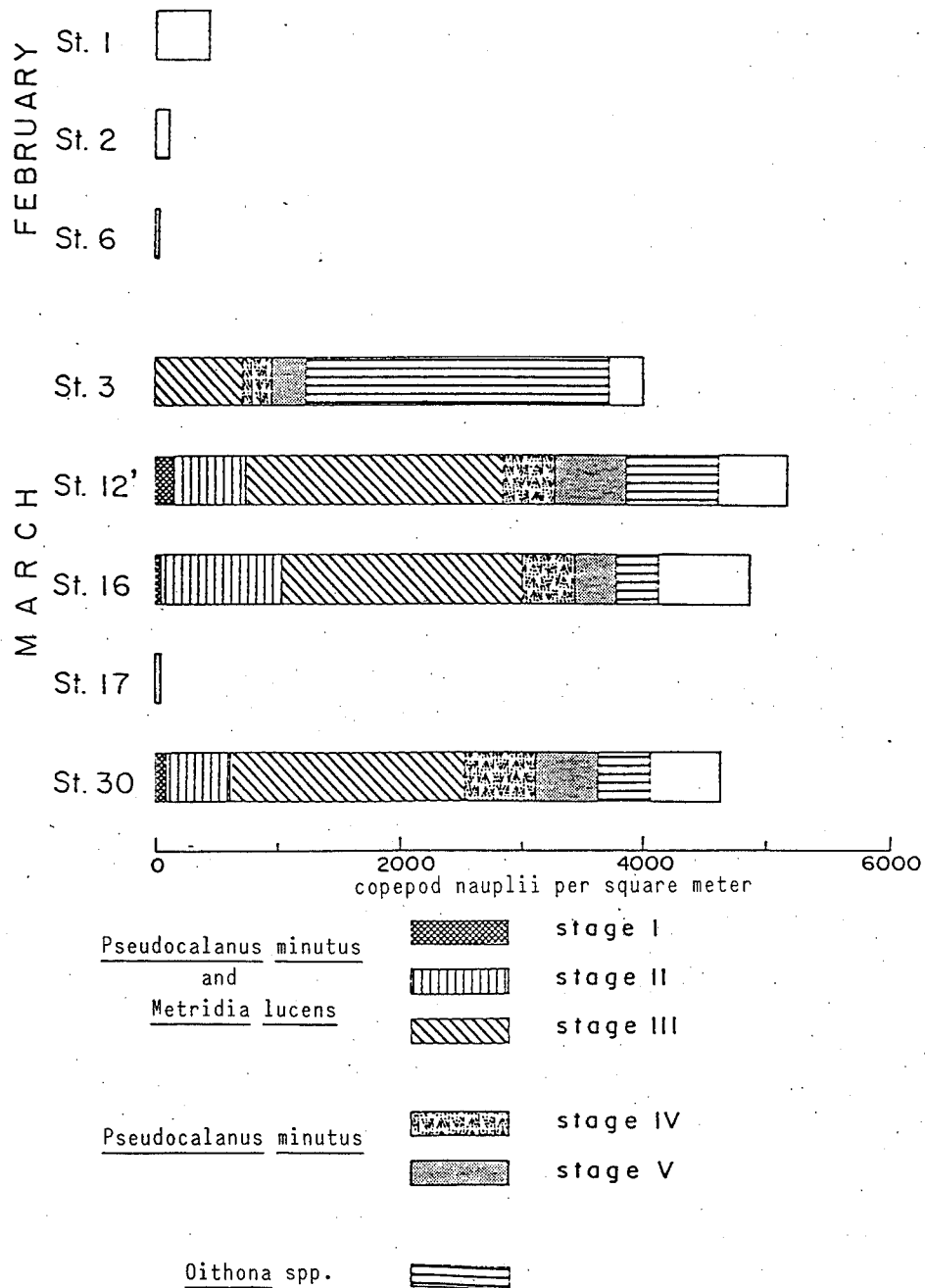


Fig. 27 . Individual numbers of copepod nauplii per square meter during February 1-2 and March 15-16 in 1982.

と第5期が多く、次いで *Oithona* 属、*M. lucens* が多かったのに対し、*Eucalanus bungii bungii* は僅かであり、*Oithona* 属は採集されなかった。3月では2月に比べて採集個体数が著しく増加し、特に *P. minutus* と *M. lucens* の第3期の個体で著しかった。また、湾外 St. 3 では *Oithona* 属が多く採集された。

Table 4 と Fig. 28 に 1983年3月19日に St. 3 でバンドン採水器により採集された橈脚類ノープリウスの種組成ならびに令構成を示した。それによると、水深10mから50m層で高い分布密度を示したが、それ以深で採集個体数が低下した。種組成は、水深10mから30m層で *P. minutus* の第4期と第5期の個体が多く、40mでは *Oithona* 属が高い割合を示し(57.1%)、50m以深では *M. lucens* の割合が高くなっていった。そのほか *Eucalanus bungii bungii*、*Calanus* 属の割合は低かった。令構成についてみれば水深50m以浅では第3期の個体が多かったが、60m以深では第1期、第2期の割合が増加した。このように、春季、当海域に出現する橈脚類ノープリウスは

Table 4 . Individual numbers of copepod nauplii per cubic meter collected at St. 3 on 19 March 1983.

Species \ Month	10 m	20 m	30 m	40 m	50 m	60 m	70 m	80 m
<u>Pseudocalanus minutus and Metridia lucens</u>								
Stage I	3457.7	3713.4	3084.0	2842.9	3664.3	1645.2	1097.4	822.8
Stage II	4226.0	3427.7	2846.8	3127.1	3664.3	1451.6	404.3	1116.7
Stage III	11525.5	6569.8	5456.4	2558.6	2850.0	1064.5	288.8	176.3
<u>Pseudocalanus minutus</u>								
Stage IV	4994.9	3142.1	2609.6	568.6	407.1	96.8	57.8	0
Stage V	2689.3	1142.6	948.9	568.6	0	193.6	0	58.8
Stage VI	0	0	0	0	0	96.8	0	0
<u>Metridia lucens</u>								
Stage IV	1152.6	285.6	237.2	568.6	407.1	871.0	173.3	58.8
Stage V	384.2	285.6	237.2	284.3	814.3	193.6	57.8	58.8
Stage VI	0	0	0	0	0	0	0	0
<u>Calanus</u> spp.	384.2	856.9	711.7	199.0	407.1	193.6	173.3	58.8
<u>Oithona</u> spp.	8836.2	9426.2	7828.7	17057.1	7735.7	3193.6	1097.4	999.1
Other nauplii	0	0	0	284.3*	0	0	0	0
Total	37650	28850	22300	29850	19950	9000	3350	3350

\*Eucalanus bungii bungii

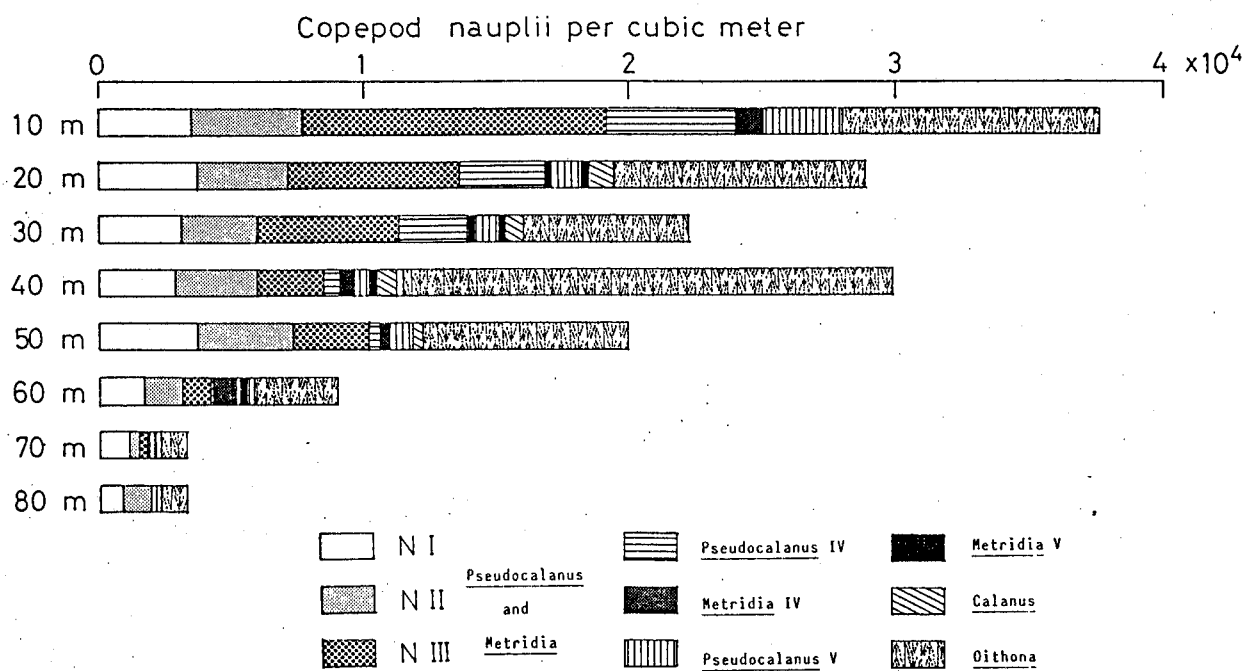


Fig. 28 . Individual number of copepods nauplii per cubic meter collected at St. 3 on 19 March 1983.

寒海性の *P. minutus* , *M. lucens* および *Oithona* 属で構成されており、その分布密度は2月から3月にかけて著しく増加した。

## 5. 橈脚類コペポダイトの種組成と

## 分布密度の季節変化

スケトウダラ仔魚の全長が6 mmから7 mmに成長すると、その主要餌生物は橈脚類ノープリウスからコペポダイト期の *P. minutus* に代わり、全長30 mmになるまでこの状態が続く。その後、全長30 mm以上に成長すると *P. minutus* から大型種の *Calanus plumchrus*, *Eucalanus bungii bungii* へ変化する。そこで、稚仔魚の主要餌生物である橈脚類コペポダイトの種組成と分布密度の季節変化をみた。

Table 5, Table 6 に1982年2月1～2日と3月5～16日の期間、Norpacネットの鉛直曳により採集された橈脚類コペポダイトの種組成を示した。主な構成種は *P. minutus*, *M. lucens* とその幼体および *Oithona* 属であり、2月ではこれら3種で72.4～76.6%を占めていた。3月になるとこれら3種はさらに増加し、St. 12', St. 16, St. 17 および St. 30 でこの傾向が顕著であった。

次に、橈脚類コペポダイトの鉛直分布をみ

Table 5. Species composition of copepods during February 1-2 in 1982.

Species	Individual numbers per square meter		
	St. 1	St. 2'	St. 6
<i>Calanus cristatus</i>			
<i>C. plumchrus</i>	125.8	578.5	251.5
<i>C. pacificus</i>	226.4	119.5	37.5
<i>C. tenuicornis</i>	163.5	150.9	301.8
<i>Calanus</i> spp.	1056.3	1200.9	1773.1
<i>Eucalanus bungii bungii</i>			
<i>Paracalanus parvus</i>	1779.4	314.4	150.9
<i>Pseudocalanus minutus</i>	6803.2	1446.1	4891.8
<i>Scolecithricella</i> spp.	213.8	62.9	628.8
<i>Centropages abdominalis</i>	276.7	37.7	100.6
<i>Metridia</i> spp.	3776.0	1339.3	2565.3
<i>Candacia</i> spp.	12.6	0	0
<i>Acartia clausi</i>	176.1	144.6	415.0
<i>A. tumida</i>			
<i>Acartia longicornis</i>			
<i>Tortanus discaudatus</i>			
<i>Oithona</i> spp.	2024.6	4269.3	3973.8
<i>Oncaea</i> spp.	25.2	31.4	12.6
<i>Corycaes</i> spp.	75.5	50.3	62.9
others			
total	16435.8	9745.8	15165.7



Table 6. Species composition of copepods during March 15-16 in 1982.

Species	Individual numbers per square meter				
	St. 3	St.12'	St.16	St.17	St.30
<i>Calanus cristatus</i>	0	0	150.9	50.3	194.9
<i>C. plumchrus</i>	2125.2	855.1	830.0	1509.0	1649.3
<i>C. pacificus</i>	0	182.3	603.6	1861.1	2515.0
<i>C. tenuicornis</i>	50.3	18.9	125.8	100.6	150.9
<i>Calanus</i> spp.	1471.3	3062.0	1207.2	3018.0	3420.5
<i>Eucalanus bungii bungii</i>	339.5	50.3	0	0	0
<i>Paracalanus parvus</i>	25.2	37.7	25.2	100.6	0
<i>Pseudocalanus minutus</i>	10990.7	47961.8	29400.8	51155.9	58286.1
<i>Scolecithricella</i> spp.	100.6	31.5	75.5	100.6	301.8
<i>Centropages abdominalis</i>	0	3131.2	1483.9	2640.8	1307.8
<i>Metridia</i> spp.	691.6	1187.8	4250.4	8802.6	8844.3
<i>Candacia</i> spp.					
<i>Acartia clausi</i>	100.6	1785.7	1156.9	2716.2	1307.8
<i>A. tumida</i>					
<i>Acartia longicornis</i>					
<i>Tortanus discaudatus</i>	0	25.2	50.3	100.6	50.3
<i>Oithona</i> spp.	6124.1	7073.6	2791.7	4929.5	10016.2
<i>Oncaea</i> spp.	0	0	0	25.2	0
<i>Corycaes</i> spp.	0	25.2	50.3	25.2	100.6
others					
total	22019.0	65428.3	42202.0	77136.0	87787.5

るため、1982年3月15～16日の期間、St. 3、St. 17 および St. 30 でMTD ネットの各層曳を行ない橈脚類を採集した (Table 7, Fig. 29)。 *P. minutus* は全層にわたって高い比率で出現したが、特に表層でこの傾向が強くなり、湾内 St. 30 の 10 m 層では 95.9 % を占めていた。これに対して、*M. lucens* および *Oithona* 属は深層域で多く分布し、特に *M. lucens* は 60～80 m 層でその傾向が強かった。このような春季の橈脚類コペポダイトの鉛直分布の特性は1983年3月19日に St. 3 で採集された橈脚類コペポダイト期について認められた (Table 8)。

春季、湾内の表層域で優占種となっていた *P. minutus* は4月から6月にかけて著しく減少し、また分布の中心も表層から中・底層域に移った (Table 9～Table 11, Fig. 30)。 *Calanus plumchrus* は3月から4月にかけて 30 m 層に分布していたが、6月では水深 60～80 m 層に集中した。また、7月では 40 m 層と 80 m 層に分布がみられた (Fig. 31)。

*Eucalanus bungii bungii* についてみると、3月から4月ではほとんど採集されなかったが、6月以

Table 7. Species composition of copepods collected at 3 stations during March 15-16 in 1982.

	(N/100 m <sup>3</sup> )																	
	Station 3						Station 17						Station 30					
	10 m	20 m	30 m	40 m	60 m	80 m	10 m	20 m	30 m	40 m	60 m	80 m	10 m	20 m	30 m	40 m	60 m	80 m
<i>Calanus cristatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28.1	14.0	280.6	19.4
<i>C. plumchrus</i>	28.1	17.5	2294.0	5079.0	673.5	305.2	112.2	112.2	238.5	1711.7	505.1	842.0	0	392.9	4602.0	2918.3	449.0	28.1
<i>C. pacificus</i>	0	14.0	14.0	0	21.0	0	84.2	196.4	392.9	542.7	687.5	2216.8	224.5	224.5	1431.1	1066.3	1038.3	1038.3
<i>C. tenuicornis</i>	0	0	42.1	0	105.2	42.1	196.4	203.4	238.5	98.2	126.3	449.0	0	56.1	84.2	42.1	392.9	589.3
<i>Calanus</i> larvae	1375.0	371.8	2714.9	687.5	603.3	175.4	701.5	427.9	659.4	1808.9	1038.3	701.5	392.9	645.4	3535.7	1711.7	898.0	617.3
<i>Eucalanus bungii bungii</i>	0	0	399.9	645.4	42.1	7.0	0	0	0	70.2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Paracalanus parvus</i>	28.1	10.5	21.0	0	21.0	7.0	0	7.0	28.1	0	42.1	196.4	0	0	140.3	0	0	84.2
<i>Pseudocalanus minutus</i>	16219.3	4630.1	5563.1	1234.7	1115.4	2437.8	46132.3	14388.3	16598.1	14956.5	24076.3	23487.1	114601.1	37489.5	27808.4	11827.7	21101.9	18828.9
<i>Eucaeta</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28.1
<i>Scolecithricella</i> spp.	0	3.5	21.0	84.2	161.4	119.3	0	0	0	56.1	1.3	364.8	0	0	28.1	0	140.3	533.2
<i>Centropages abdominalis</i>	0	7.0	7.0	0	7.0	3.5	2918.3	2651.8	701.5	168.4	519.1	449.0	2132.6	3199.0	1178.6	112.2	140.3	140.3
<i>Metridia</i> spp.	0	17.5	7.0	14.0	1606.5	1708.2	3.5	0	14.0	0	3142.8	18464.1	280.6	56.1	140.3	168.4	8755.0	21438.6
<i>Candacia</i> spp.																		
<i>Acartia clausi</i>	280.6	24.6	35.1	0	0	0	333.2	1241.7	266.6	98.2	308.7	420.9	1403.0	1571.4	1375.0	322.7	0	0
<i>Tortanus discaudatus</i>	0	3.5	0	0	0	0	56.1	105.2	28.1	14.0	42.1	140.3	56.1	168.4	56.1	0	28.1	28.1
<i>Oithona</i> spp.	1599.5	217.5	1276.8	491.9	1985.3	1504.8	392.9	912.0	1613.5	2357.1	1304.8	982.1	392.9	336.7	2441.3	1192.6	3928.5	13637.6
<i>Oncaea</i> spp.	0	0	0	0	7.0	7.0	0	0	0	0	28.1	28.1	0	0	0	0	0	28.1
<i>Corycaeus</i> spp.	0	0	14.0	14.0	0	3.5	28.1	21.0	14.0	14.0	42.1	56.1	0	0	28.1	0	56.1	28.1
<b>total</b>	19530.5	5327.6	12410.0	8249.9	6348.8	6320.7	53315.9	20267.1	20793.2	21901.6	32003.6	48040.4	119483.7	44139.9	42877.2	19376.1	37180.8	57861.8

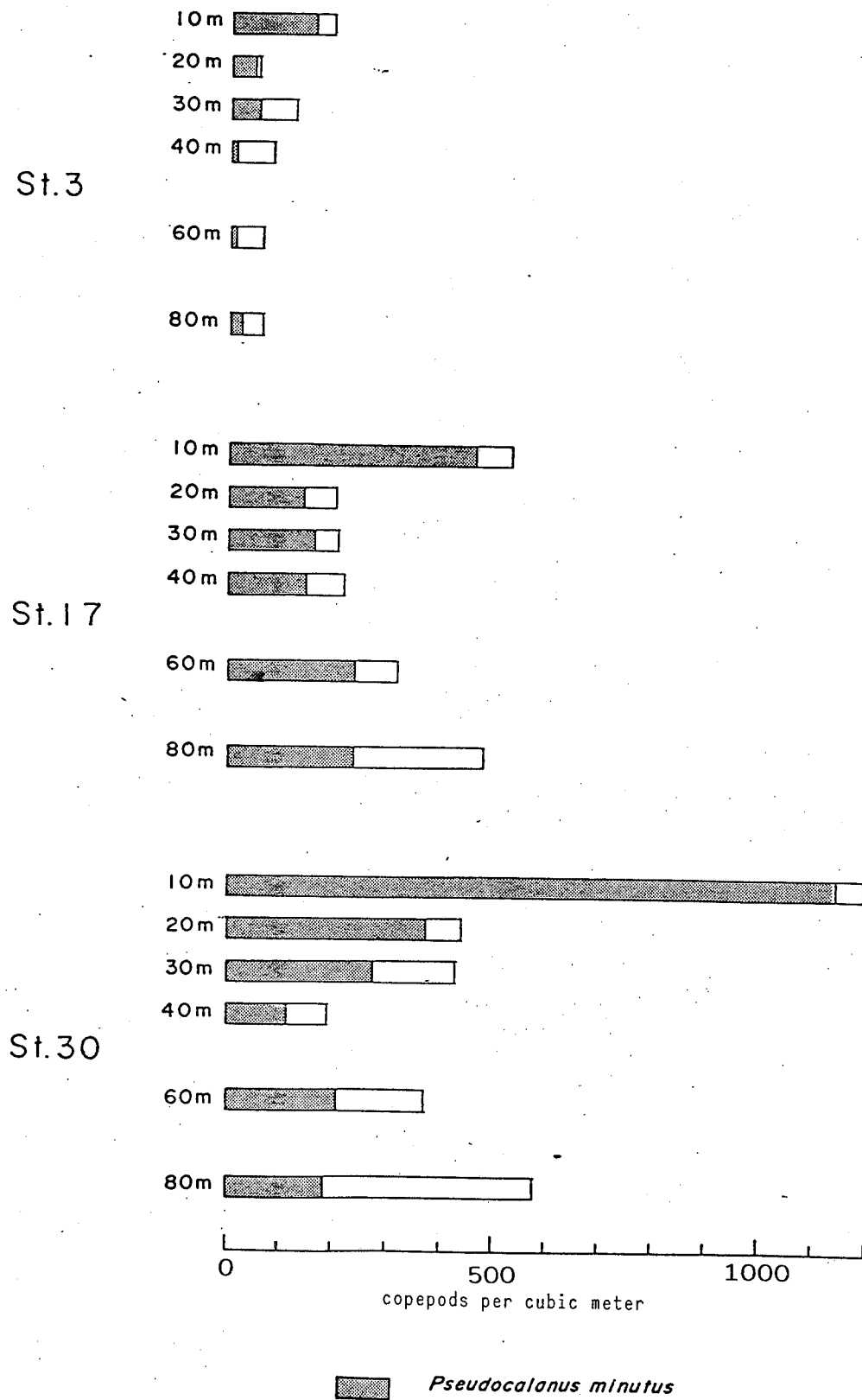


Fig. 29. Individual numbers of copepods per cubic meter during March 15-16 in 1982.

Table 8. Species composition of copepods collected at St 3 on 19 March 1983.

Species	Individual numbers per 100 cubic meter					
	10 ■	20 ■	30 ■	40 ■	60 ■	80 ■
<i>Calanus cristatus</i>	0	0	0	0	0	56.1
<i>C. plumchrus</i>	392.9	785.7	280.6	505.1	8362.2	785.7
<i>C. pacificus</i>	0	112.2	0	0	561.2	280.6
<i>C. tenuicornis</i>	0	224.5	112.2	56.1	0	729.6
<i>Calanus</i> spp.	2020.4	2020.4	1795.9	2301.0	2525.5	617.3
<i>Eucalanus bungii bungii</i>	56.1	336.7	224.5	673.5	4882.2	1122.4
<i>Paracalanus parvus</i>	0	0	0	56.1	0	280.6
<i>Pseudocalanus minutus</i>	78683.0	190927.0	111121.5	108203.2	17397.8	79581.0
<i>Scolecithricella</i> spp.	0	0	0	56.1	0	56.1
<i>Centropages abdominalis</i>	56.1	112.2	56.1	0	0	0
<i>Metridia</i> spp.	0	0	0	56.1*	1739.8	13581.5
<i>Candacia</i> spp.						
<i>Acartia clausi</i>	112.2	112.2	280.6	0	0	168.4
<i>A. tumida</i>						
<i>Acartia longicornis</i>	1066.3	1234.7	1346.9	449.0	112.2	505.1
<i>Tortanus discaudatus</i>	0	112.2	168.4	112.2	0	0
<i>Oithona</i> spp.	673.5	2244.9	280.6	617.3	505.1	2750.0
<i>Oncaea</i> spp.	0	0	0	0	0	56.1
<i>Corycaes</i> spp.						
others	336.7	224.5	112.2	280.6	56.1	56.1
total	83397.3	198447.4	115779.7	113366.4	36142.5	100626.7

\* larvae

Table 9. Species composition of copepods collected at St. 29 on 27 April 1982.

Species	Individual numbers per 100 cubic meter					
	10 m	20 m	30 m	40 m	50 m	70 m
<i>Calanus cristatus</i>	0	0	0	112.2	56.1	0
<i>C. plumchrus</i>	463.0	898.0	5163.2	5724.4	1852.0	2750.0
<i>C. pacificus</i>	1375.0	1178.6	785.7	4209.2	3311.2	3086.7
<i>C. tenuicornis</i>	0	224.5	0	0	0	0
<i>Calanus</i> spp.	1487.2	1739.8	2244.9	2581.6	4994.9	2637.7
<i>Eucalanus bungii bungii</i>	0	0	0	112.2	224.5	0
<i>Paracalanus parvus</i>	42.1	0	0	0	0	0
<i>Pseudocalanus minutus</i>	43213.9	66616.8	80703.4	24693.7	35244.6	110335.8
<i>Scolecithricella</i> spp.	0	0	0	0	0	280.6
<i>Centropages abdominalis</i>	1445.1	1571.4	392.9	1908.2	168.4	1122.4
<i>Metridia</i> spp.	70.2	449.0	2806.1	5219.3	3928.5	2076.5
<i>Candacia</i> spp.						
<i>Acartia clausi</i>	519.1	729.6	392.9	1739.8	1010.2	2525.5
<i>A. tumida</i>	617.3	336.7	224.5	1459.2	4040.8	1234.7
<i>Acartia longicornis</i>	126.3	336.7	224.5	56.1	56.1	112.2
<i>Tortanus discaudatus</i>	406.9	336.7	168.4	392.9	112.2	1010.2
<i>Oithona</i> spp.	42.1	0	505.1	280.6	224.5	1964.3
<i>Oncaea</i> spp.						
<i>Corycaes</i> spp.						
total	49808.2	74955.8	93611.6	48489.4	55224.0	129136.6

Table 10. Species composition of copepods collected  
at St. 30 on 7 June 1982.

Species	Individual numbers per 100 cubic meter					
	10 m	20 m	30 m	40 m	60 m	80 m
<i>Calanus cristatus</i>	0	0	0	0	0	336.7
<i>C. plumchrus</i>	0	0.9	49.1	115.8	2006.4	9091.0
<i>C. pacificus</i>	0	1.8	0	0	14.0	3030.6
<i>C. tenuicornis</i>						
<i>Calanus</i> spp.	0	0.9	3.5	0	0	392.9
<i>Eucalanus bungii bungii</i>	5.3	101.7	648.9	136.8	799.7	392.9
<i>Paracalanus parvus</i>						
<i>Pseudocalanus minutus</i>	81.6	46.5	1476.7	214.0	23908.0	24918.2
<i>Scolecithricella</i> spp.	1.8	0	56.1	0	112.2	0
<i>Centropages abdominalis</i>	31.6	16.7	73.7	7.0	14.0	0
<i>Metridia</i> spp.	3.5	3.5	94.7	3.5	1375.0	25647.8
<i>Candacia</i> spp.	0	0	0	0	0	0
<i>Acartia clausi</i>	0.9	4.4	7.0	0	28.1	0
<i>A. tumida</i>	0	0	0	0	0	56.1
<i>Acartia longicornis</i>	54.4	8.8	256.1	7.0	84.2	56.1
<i>Tortanus discaudatus</i>	0.9	0.9	7.0	0	28.1	56.1
<i>Oithona</i> spp.	0	13.2	445.5	17.5	280.6	0
<i>Oncaea</i> spp.	0	0	0	0	0	0
<i>Corycaes</i> spp.	0	0	0	0	14.0	0
Total	180.0	199.3	3118.3	501.6	28664.3	63979.2

Table 11. Species composition of copepods collected at St. 30 on 20 July 1982.

Species	Individual numbers per 100 cubic meter					
	10 m	20 m	30 m	40 m	60 m	80 m
<i>Calanus cristatus</i>	0	0	28.1	196.4	0	280.6
<i>C. plumchrus</i>	0	7.0	1080.4	2946.4	589.3	2581.6
<i>C. pacificus</i>	14.0	161.4	154.3	1487.2	2609.7	5724.4
<i>C. tenuicornis</i>	854.1	435.0	168.4	280.6	112.2	56.1
<i>Calanus</i> spp.	70.2	14.0	28.1	84.2	28.1	56.1
<i>Eucalanus bungii bungii</i>	42.1	21.1	392.9	5163.2	4770.4	6959.1
<i>Paracalanus parvus</i>	126.3	14.0	0	252.6	0	0
<i>Pseudocalanus minutus</i>	15335.3	6187.5	771.7	14002.4	6313.7	3928.5
<i>Scolecithricella</i> spp.	14.0	7.0	0	84.2	0	0
<i>Centropages abdominalis</i>	42.1	49.1	14.0	28.1	0	0
<i>Metridia</i> spp.	238.5	35.1	28.1	477.0	3676.0	2525.5
<i>Candacia</i> spp.	0	0	0	0	28.1	0
<i>Acartia clausi</i>	98.2	378.8	14.0	252.6	84.2	0
<i>A. tumida</i>						
<i>Acartia longicornis</i>	28.1	84.2	42.1	757.7	0	0
<i>Tortanus discaudatus</i>	0	7.0	0	56.1	0	0
<i>Oithona</i> spp.	84.2	175.4	14.0	392.9	308.7	260.6
<i>Oncaea</i> spp.	14.0	0	0	0	0	0
<i>Corycaes</i> spp.	84.2	28.1	0	0	0	0
others						
total	17145.3	7604.7	2736.1	26461.5	18520.4	22392.5



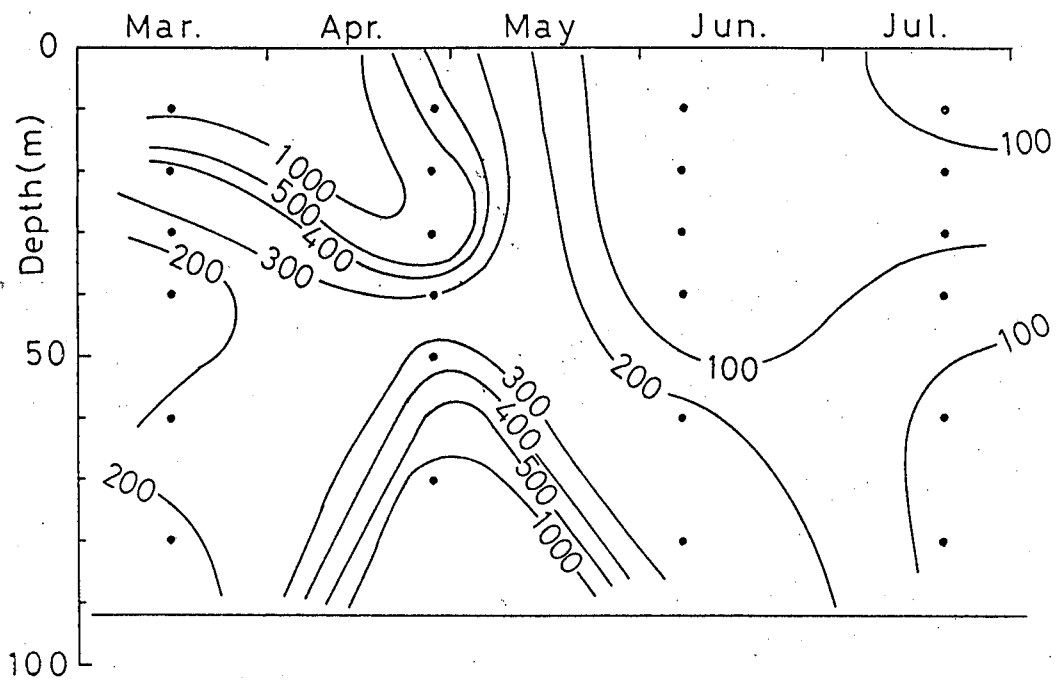


Fig. 30 . Seasonal depth profile of individual numbers of *Pseudocalanus minutus* per cubic meter collected at St. 30 (at St. 29 on 27 April) from March to July in 1982.

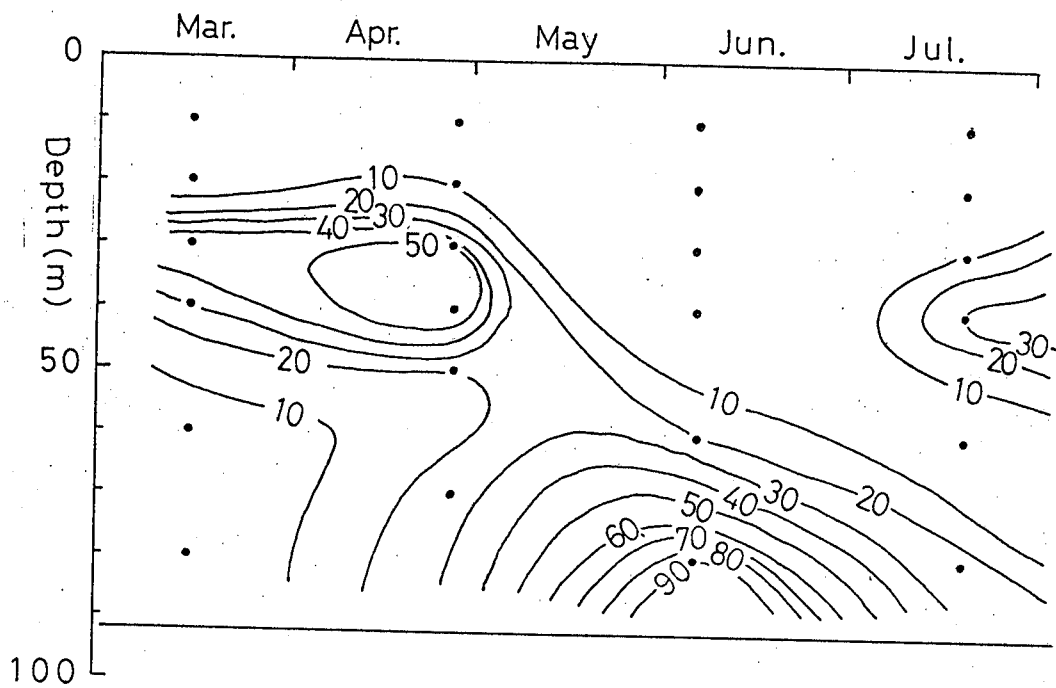


Fig. 31 . Seasonal depth profile of individual numbers of Calanus plumchrus per cubic meter collected at St. 30 (at St. 29 on 27 April) from March to July in 1982.

降, 30 m 以深で採集されるようになった (Fig. 32)。

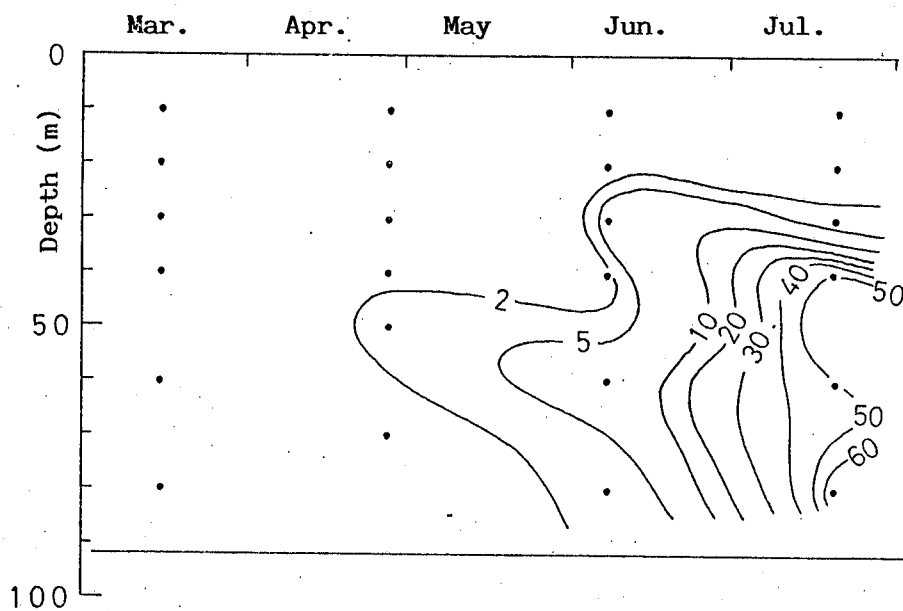


Fig. 32 . Seasonal depth profile of individual numbers of *Eucalanus bungii bungii* per cubic meter collected at St. 30 (at St. 29 on 27 April) from March to July in 1982.

## 6. スケトウダラ卵の発生に対する 水温の影響と浮上速度

噴火湾周辺海域のスケトウダラ卵は水深100～120 mの海底付近で産み出され(前田ら, 1976), 表層域へ浮上する。こうした産卵生態の中で産み出された海域々その浮上過程で卵の発生に与える水温の影響, 特に低水温での発生速度と水温耐性および浮上速度を得るため, 人工授精により得られた卵を用いて飼育実験を行なった。

### 6-1. 卵の発生速度

$-1^{\circ}\text{C}$  から  $13^{\circ}\text{C}$  までの7段階の水温で受精卵を2細胞期から飼育し, 各々の孵化日数および孵化率を求めた(Table 12)。 $0^{\circ}\text{C}$  から  $10^{\circ}\text{C}$  までの水温では86～100%の高い孵化率が得られたが,  $13^{\circ}\text{C}$  では66.7%に低下し, 正常な仔魚の割合は50%であった。一方,  $-1^{\circ}\text{C}$  では0～36.7%と極めて低い孵化率を示し, また, 室蘭と相沼の標本間で孵化日数に差がみられた(Table 12)。孵化率が低く(0～66.7%), 奇形仔魚の多く出

Table 12. Days for 50 % hatching after fertilization of walleye pollock eggs.

Temperature	Days	Percentage of hatching rate (Normal hatching rate)	
-1°C*	57.0	0 - 11.7	(0 - 11.7)
-1°C**	46.0	6.7 - 36.7	(0 - 31.0)
0°C*	42.0	98.4	—
0°C**	31.8	97.0	—
2°C**	26.0	86.0	—
4°C**	19.1	97.0	—
7°C**	12.4	90.0	—
10°C**	10.0	100	( 100 )
13°C**	8.0	66.7	( 50.0 )

\* : Funka Bay sample

\*\* : Ainuma sample

現した  $-1^{\circ}\text{C}$  および  $13^{\circ}\text{C}$  を除き,  $0^{\circ}\text{C}$  から  $10^{\circ}\text{C}$  までの相沼の個体の飼育水温と孵化日数との関係を日暮・田内の実験式 (1925) を適用して求めると次のとおりである (Fig. 33)。

$$T = 31.70 \text{ Exp.}(-0.12 \theta)$$

T: 50% 孵化に必要な日数

$\theta$ : 飼育水温,  $^{\circ}\text{C}$

$$r^2 = 0.98$$

この関係式から求めた  $3^{\circ}$ ,  $5^{\circ}$  および  $6^{\circ}\text{C}$  の孵化日数はそれぞれ 23.5, 18.1 および 15.9 日となり, 福地 (1976), Hamai ら (1971) が報告した日数に比べて 2~3 日程度遅い値が得られた。

また, 各発生段階に進むまでに必要な時間 (Fig. 34) から求めた Arrhenius の温度恒数  $\mu$  は原口閉鎖期で 17752, 50% 孵化で 20865 の値が得られ, Hamai ら (1971) が報告した値 (16000 および 19700) に比べて僅かに高かった。

当海域で採集される Stage I の卵の多くは桑実胚期に達していることから, 産卵期の水温

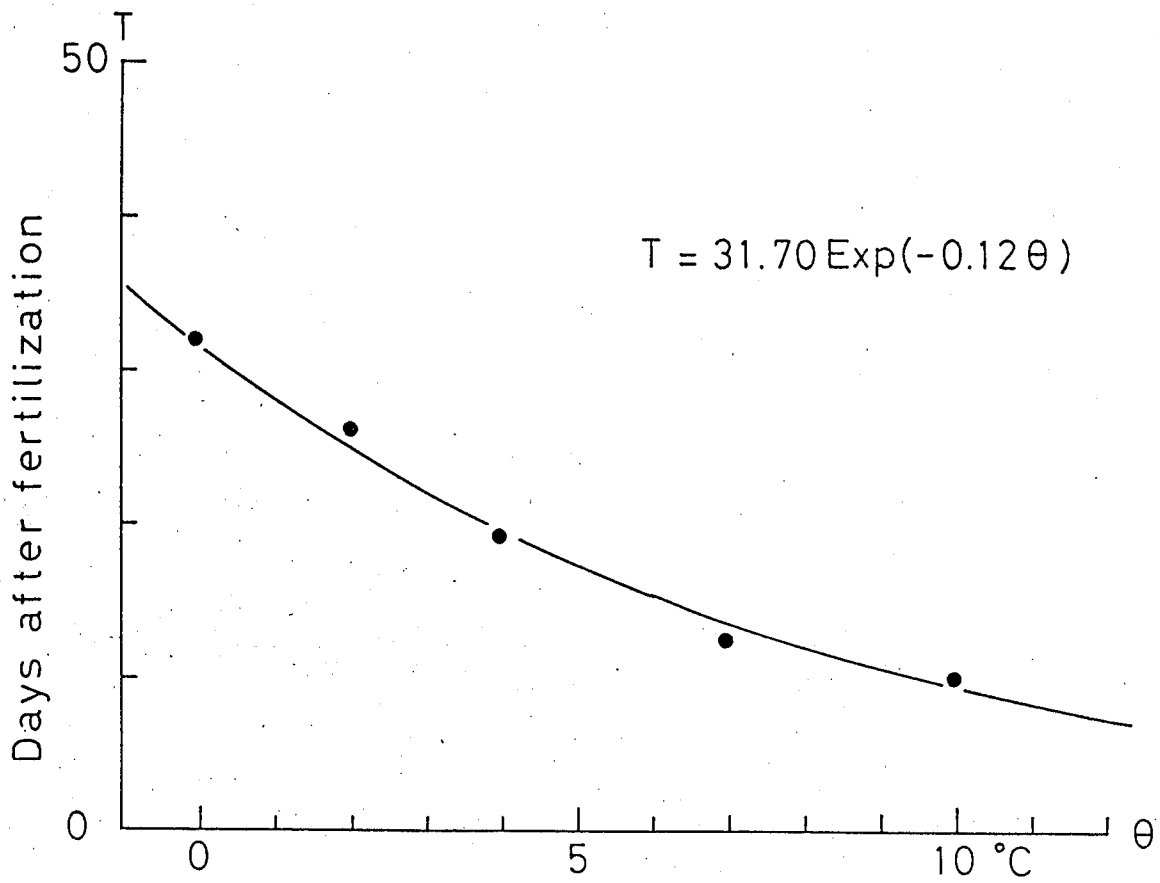


Fig. 33 . Relation between water temperature and time in days required for 50 % hatching.



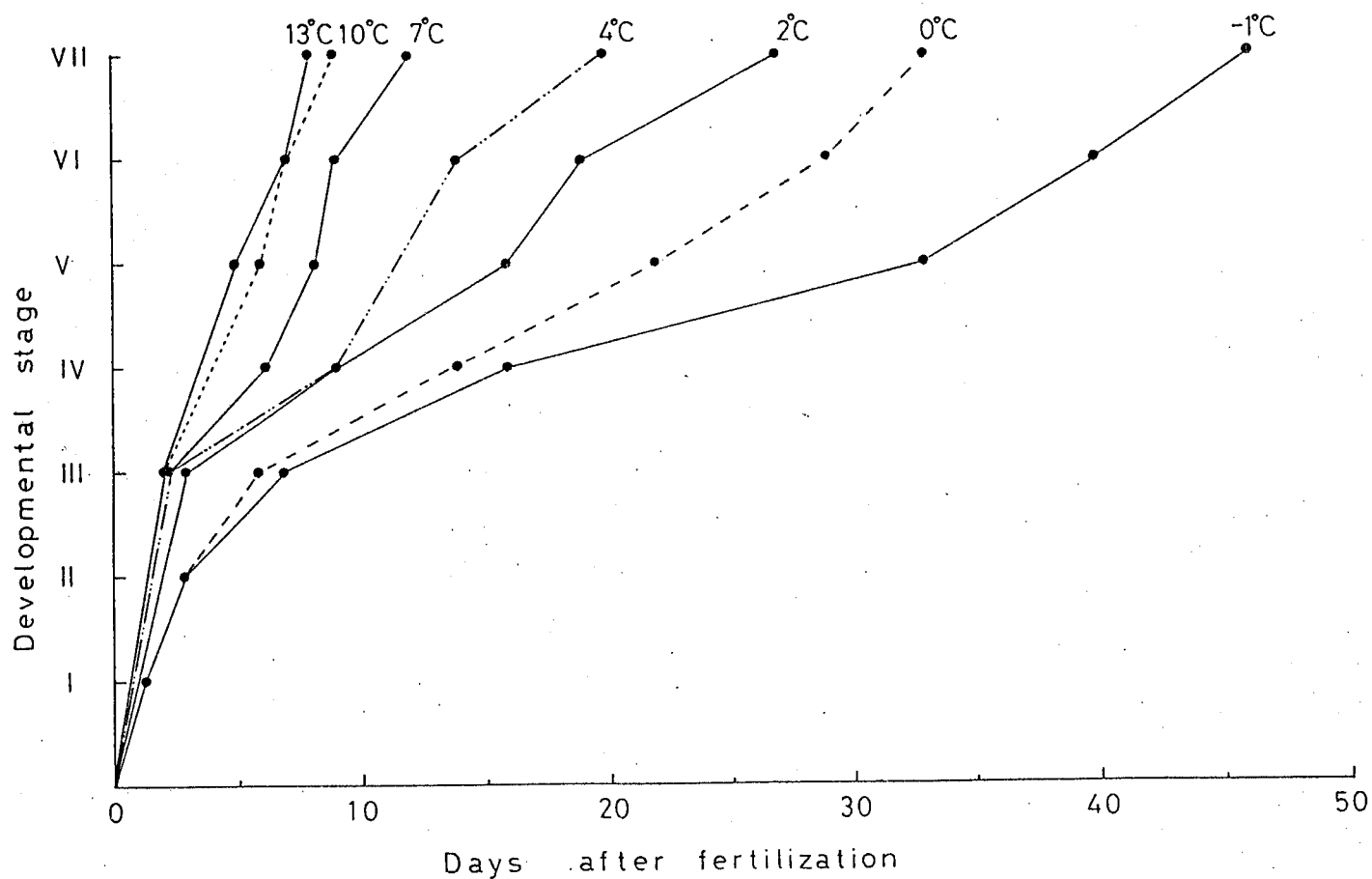


Fig. 34. Relation between the embryonic developmental stage and the days after fertilization at 7 temperature conditions.

- Stage 1: morula stage
- Stage 2: blastula stage
- Stage 3: first gastrula stage
- Stage 4: closure of blastopore
- Stage 5: embryo as three-fourths of the yolk circumference
- Stage 6: embryo as full circle of the yolk circumference
- Stage 7: 50 % hatching

である  $0^{\circ}\text{C}$  から  $4^{\circ}\text{C}$  および  $-1^{\circ}\text{C}$  で桑実胚期に達するまでの時間を求めた (Table 13)。その結果、 $0^{\circ}\text{C}$  から  $4^{\circ}\text{C}$  で受精後 20.7 ~ 30.0 時間で桑実胚期となり、 $-1^{\circ}\text{C}$  では 32 時間かかることが明らかとなった。

Table 13 . Hours after fertilization required for walleye pollock egg reaching to morula stage.

Water temperature (°C)	Hours
-1	32.0
0	30.0
4	20.7

## 6-2 卵の水溫耐性

スケトウダラ卵が浮上する過程で受ける水溫変化や表層域での低水溫に対する耐性を明らかにするため、 $4^{\circ}\text{C}$ 、33.9%で飼育した2細胞期、桑実胚期、初期のう胚期および原口閉鎖期の各発生段階の卵に対して3段階の水溫変化率で $4^{\circ}\text{C}$ から $0^{\circ}\text{C}$ および $4^{\circ}\text{C}$ から $-1^{\circ}\text{C}$ まで水溫を低下させ、各々の孵化率を調べた (Table 14)。

その結果、2細胞期の卵では $4^{\circ}\text{C}$ から $-1^{\circ}\text{C}$ に低下させた場合の孵化率は低い値 (6.7~36.7%)を示したが、桑実胚期以降発生が進むにつれて孵化率が高まり、溫度変化の条件による差は認められなかった。 $4^{\circ}\text{C}$ から $0^{\circ}\text{C}$ に水溫を低下させた場合、2細胞期の卵では73.4~96.7%の高い孵化率が得られ、桑実胚期以降の卵も同様であった。

Table 4. Hatching rates in percentage of walleye pollock eggs subjected to a thermal change at 4 developmental stages. Figures in parentheses show the percentages of normal hatching.

Developmental stage	Thermal change from 4°C to -1°C			Thermal change from 4°C to 0°C		
	direct*	rapid**	slow***	direct*	rapid**	slow***
2 cell stage	6.7( 0 )	36.7(31.0)	14.8( 0 )	73.4	80.0	96.7
morula stage	86.7(45.2)	73.9(56.5)	86.7(68.6)	86.7	82.8	90.0
first gastrula stage	96.3(96.3)	96.7(52.7)	100 (96.6)	-	-	-
closure of blastopore	-	100 (77.8)	100 (80.0)	93.3	93.3	93.3

- \* Specimen was transferred from 4°C beaker to -1°C (0°C) beaker directly.
- \*\* Thermal change was -0.7~-1.3°C /10 min.
- \*\*\* Thermal change was -0.1°C/10 min.

## 6-3 卵の体積密度と浮上速度

受精後間もない2細胞期から孵化直前までのスケトウダラ卵に対して、飼育ビーカー内に蒸留水を加え、その沈みはじめる時の水温と塩分から卵の体積密度を求めた。その結果、噴火湾の個体の平均体積密度は  $1.0226 \text{ g/cm}^3$ 、相沼の個体は  $1.0201 \text{ g/cm}^3$  であった (Fig. 35)。

卵の浮上速度は、 $2^\circ\text{C}$ 、33.9% 海水を満たした高さ85 cm 標本ビン内にネットで卵を沈め、乱流がなくなつてから放出し、浮上速度が一定となる水面下25 cm から水面までに浮上するに要した時間から求めた。その結果、噴火湾の個体の平均浮上速度は  $4.90 \text{ m/h}$  であったのに対し、相沼の個体では  $8.56 \text{ m/h}$  と噴火湾の個体に比べて早かった (Fig. 36)。

今回の実験で得られた  $4.90 \sim 8.56 \text{ m/h}$  の浮上速度で産卵場 (100~120 m) から表層へ浮上するものとするれば、11.7~24.5 時間後には表層域に達するものと予想される。

以上述べたように、噴火湾と相沼の標本の

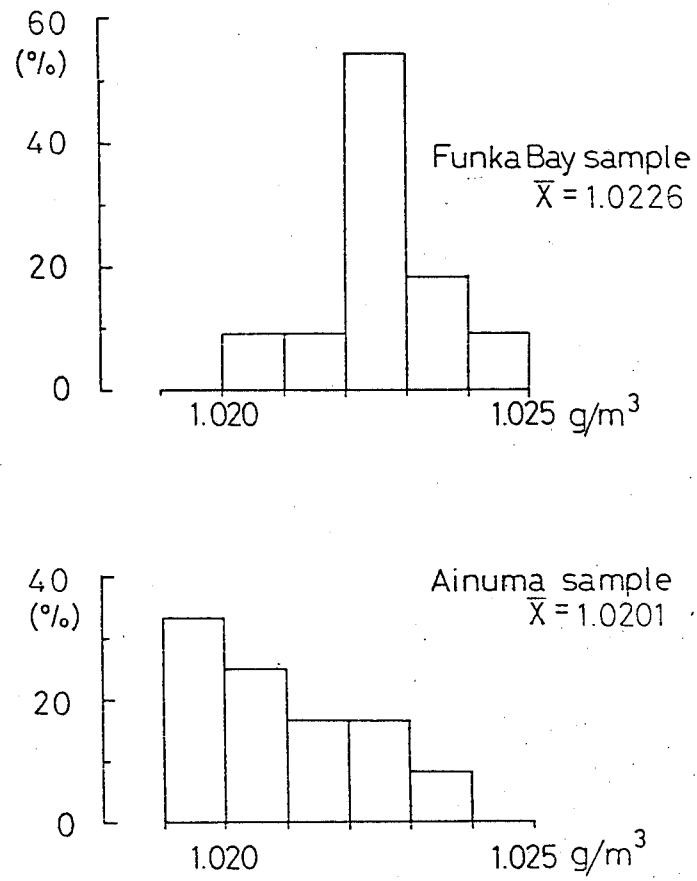


Fig. 35. Frequency distributions of density of walleye pollock eggs.

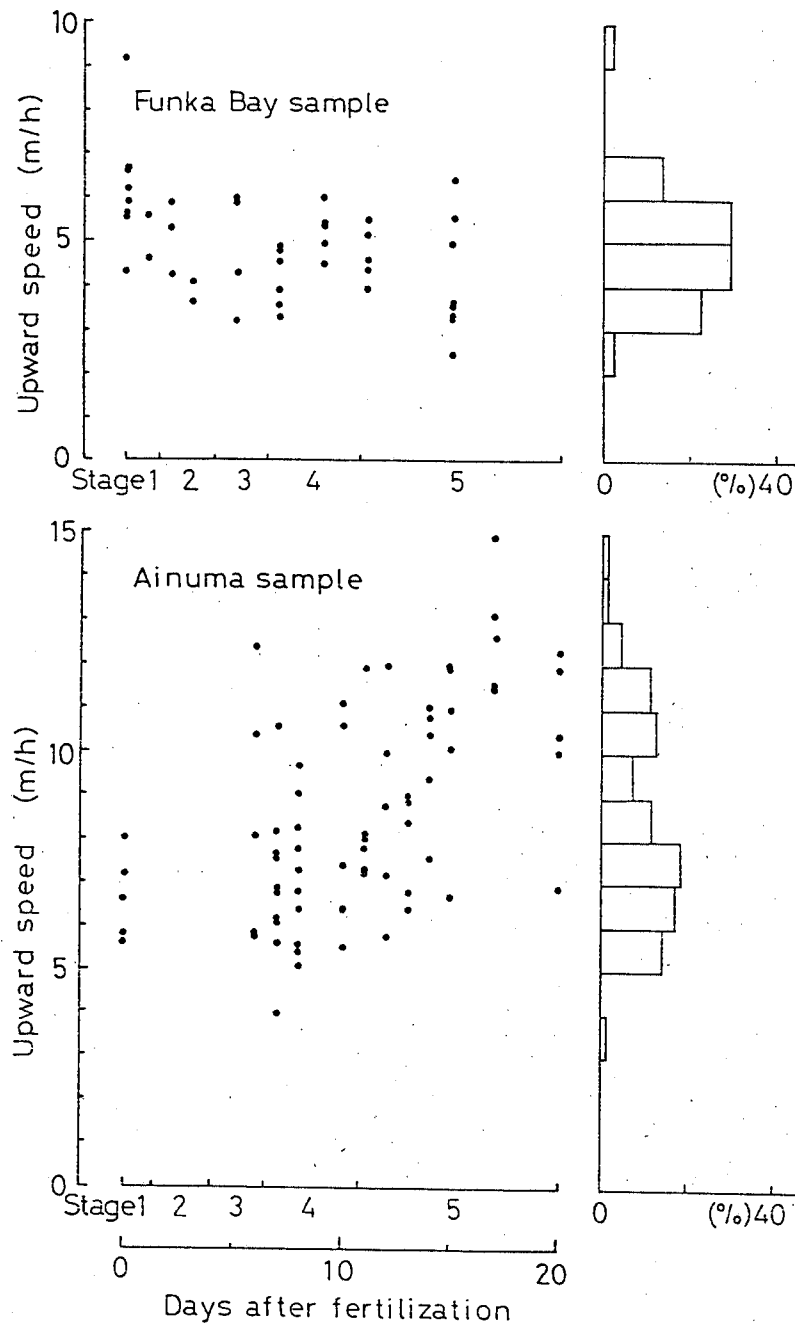


Fig. 36. Upward speed of walleye pollock eggs.

- Stage 1: fertilization - morula stage
- Stage 2: blastula stage - gastrula stage
- Stage 3: germ ring approaching an equatorial position - blastopore nearly closed
- Stage 4: blastopore completely closed - embryo reaching three-fourths of the yolk circumference
- Stage 5: embryo reaching more than three-fourths of the yolk circumference



飼育実験の結果に差がみられたが、それらが  
個体差によるものなのか、または系統群間の  
差であるのかは不明であり、今後、さらに実  
験を行ない、このような問題点を明らかにし  
てゆく必要がある。

### Ⅲ 考察

1. スケトウダラ仔魚の分布と餌生物環境  
 先に述べたように、産み出された卵は発生に伴い、湾外から湾内に輸送される。同じ時期の表面の水溫・塩分の水平分布をみると、湾口部北東域から湾内へ33.0% (大谷ら, 1971a) で示される親潮系表層水の流入が認められ (Fig. 37) , 卵の輸送がこの水塊の湾内への流入によることを示している。また、このことは卵が孵化して仔魚となる水域もまた親潮系表層水の挙動に左右されるものと考えられる。

一方、噴火湾およびその周辺海域では、スケトウダラ仔魚の主要餌生物は橈脚類、リープリウスであるが、春季の橈脚類の主要構成種であり、また抱卵種であるのは *P. minutus* , *Oithona* 属および *M. lucens* の成体であり (Table 5 ~ Table 8) , 当海域に春季出現した橈脚類、リープリウスはこれら主要構成種3種の再生産によりもたらされたものである (Table 3 ~ Table 4) 。また、コペポダイト期の橈脚類の鉛直分布から *P. minutus* は

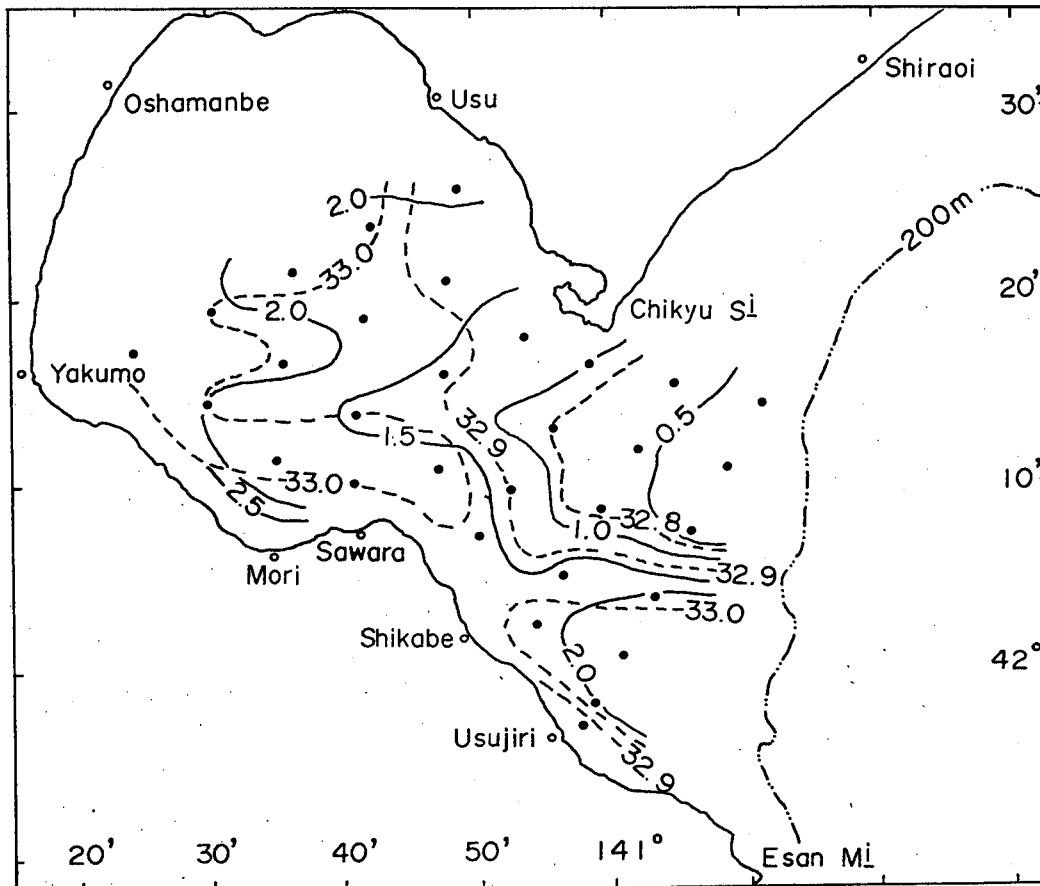


Fig. 37. Distributions of water temperature and salinity on the surface during March 7-15 in 1977.

表層域で産卵し、*Oithona* 属および *M. lucens* は主として中層以深で産卵していることが明らかである (Table 7 ~ Table 8)。このような春季に出現する橈脚類の分布および再生産は海洋構造と密接に関係すると考えられるので、その関係を明らかにするため、橈脚類の採集された地点で水温・塩分の時間的変化を検討した。

1982年2月1日、湾口部 (St. 2) で観測された水温・塩分の断面図をみると (Fig. 38)、塩分では、表面から水深50m層までは33.2%の水塊が分布し、親潮系表層水の特徴値33.0‰ (大谷, 1971-a) に近い値を示している。これは表層域で、前年度秋季に湾内に流入し、冬季間滞留していた津軽暖流水 (冬季噴火湾水; 大谷・木戸, 1980) に、春季、湾内に流入してくる親潮系表層水の影響が水深50m以浅に及んだものと考えられ、水温についても同様の傾向が認められる。3月になると (1982年3月15~16日)、噴火湾湾口部から湾内に至る表層域は、33.0%以下の親潮系表層水に覆れ

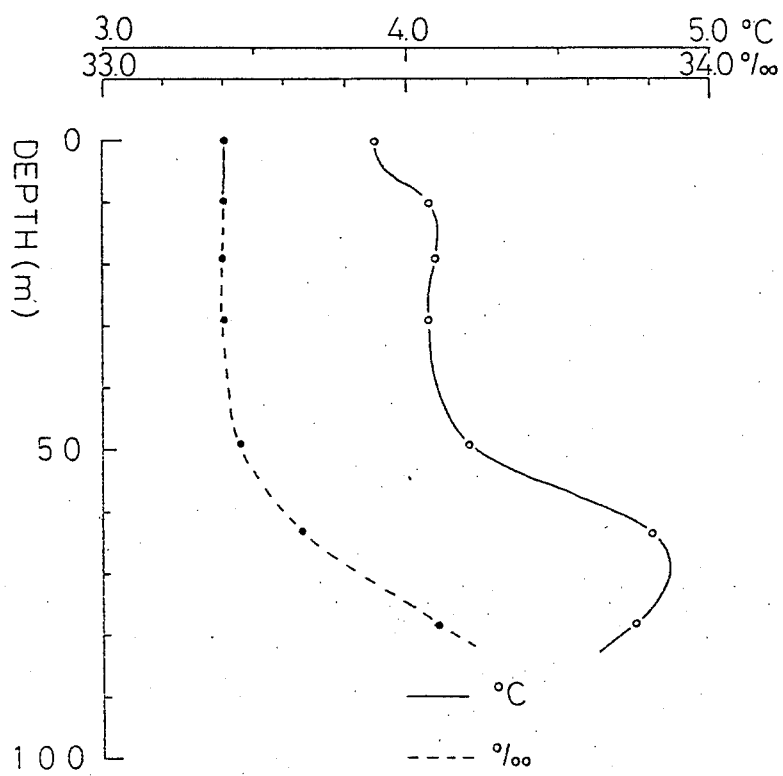


Fig.38. Vertical profile of water temperature and salinity at St. 2 on 1 February 1982.

る (Fig. 39)。同時期に採集された表層域での *P. minutus* の分布密度は湾内の St. 17, St. 30 で高い (Table 7, Fig. 29)。これは、親潮系表層水の特徴を示す春季の優占種である (田村, 1951; 平川・川村, 1977)。*P. minutus* が親潮系表層水により噴火湾内に輸送され、湾内表層域で顕著な再生産活動をするためであろう。この活発な再生産活動は噴火湾内にこの時期に生ずる海洋構造の安定性に起因する。すなわち、噴火湾の海洋構造の季節変化について大谷・木戸 (1980) が述べているように、秋季、噴火湾に流入する津軽暖流水が冬季間の冷却・対流混合により上下に均質な高密度 (比容  $\sigma_t$  マリ - 140  $\text{cl}/\text{ton}$ ) の冬季噴火湾水を形成する。これに対して春季に融雪・融氷水を言む低温・低塩分で比容  $\sigma_t$  マリ - が 100  $\text{cl}/\text{ton}$  程度の親潮系表層水が冬季噴火湾水の上層を覆いかぶさるように湾内に流入する。このため、湾内表層域では成層状態となり、上下に安定した海洋構造になる。1982年3月に観測された水温・塩分 (Fig. 39) か

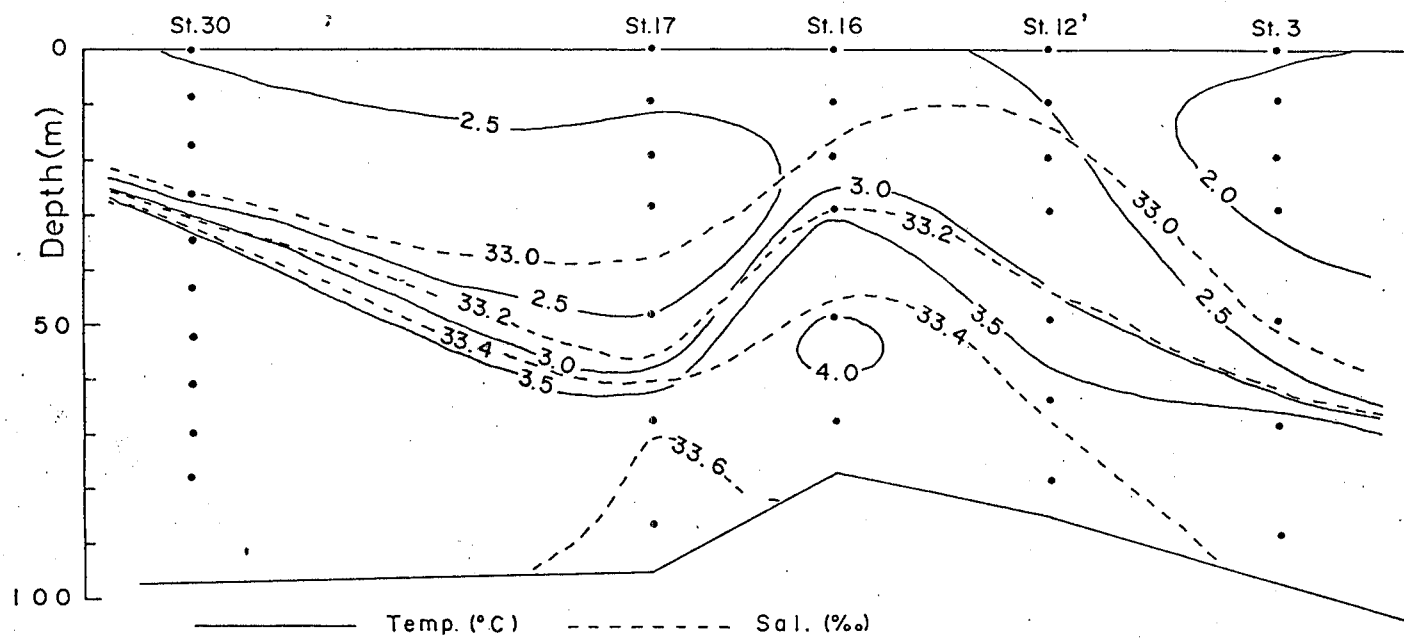


Fig.39. Vertical profile of water temperature and salinity during March 15-16 in 1982.

ら求めた比容 $\sigma_t$ より一の鉛直断面図 (Fig. 40) から明らかなように、湾内の水深 30 m 層に顕著な密度躍層が形成されている。

一般に、海洋構造の安定性は稚仔魚の生残に好影響を与えると言われている。すなわち、田中 (1983) は Lasker (1975) らの報告から、海洋構造の鉛直安定性が稚仔魚の生残を高める効果があり、また、Taniguchi (1969)、谷口 (1981) は亜寒帯水域の高い基礎生産力は海洋構造の鉛直安定性によるものであり、このため、栄養塩の豊富なこの海域では、下層からの栄養塩補給が妨げられる密度躍層のもつ負の効果に比べて植物プランクトンの沉降消散を防ぐ正の効果が大きいと述べている。当海域では、春季、親潮系表層水の流入に伴い、湾内表層域は鉛直的に安定した海洋構造となり、chlorophyll-a の極大層が形成され (土肥, 1981; 中田, 1981)、こうした好条件の中で *P. minutus* が顕著な再生産活動を行ない、このような湾内表層域の好適な餌生物環境がスケトウダラ



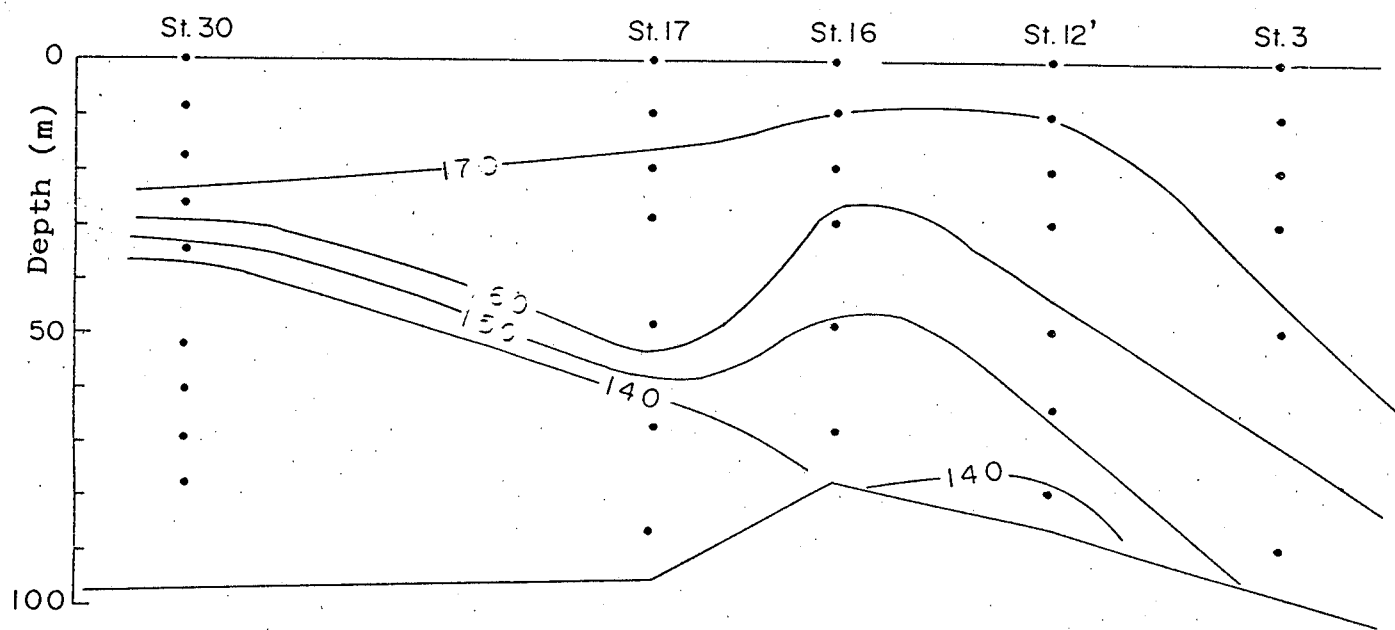


Fig.40. Vertical profile of thermocline anomaly during March 15-16 in 1982.

仔魚の分布とよく一致するものと考えられる

。

## 2. スリトウダラ稚仔魚の移動と

## 海況および餌生物環境との関係

春季、噴火湾表層域は親潮系表層水の流入に伴い、低次生物生産の顕著な水域となり、植物プランクトンの大増殖（ブルージング）に続き、*P. minutus*の再生産が著しい。このような一連の生物生産は稚仔魚の好適な餌生物環境を形成し、稚仔魚は6月まで湾内に滞留し、水深20m層付近の表層域が主な生息域となっている（Fig. 7～Fig. 14）。7月以降、稚魚の全長が75mmを越えると海底付近に移動し、底層生活をするようになる（Table 2）。この時期は湾内に滞留している親潮系表層水が表層からの昇温と河川水の流入により高温・低塩分の夏期噴火湾水となり、密度躍層は深層域へ移行する（大谷・木戸，1980）。このような海況変動に伴い、稚仔魚の主要餌生物である*P. minutus*は表層域から減少する（Fig. 30）。これに対して、全長30mmを越える稚魚の主要餌生物となる*Calanus plumchrus*および着底期の主要餌生物となる

*Eucalanus bungii bungii* は6月以降中底層域に多く分布するようになる(平川・川村, 1977; Fig. 31, Fig. 32)。したがって、スケトウダラ稚魚の底層生活への移行は夏季の表層水温の上昇によるものと考えられるが、その結果、餌生物の多く分布する底層域が稚魚の生活領域となる。その後8月から9月には湾外東方海域でも多くの稚魚が採集されるようになり、またこの海域で採集されたスケトウダラ親魚の胃内容物として稚魚が多く出現している(前田ら, 1983)ことなどから、着底した稚魚はその主要餌生物であるオキアミ類 *Euphausia pacifica* が多く分布する(前田ら, 1980)湾外東方海域に分布を拡大するものと考えられる。

この他に、11月(1982年)、12月(1981年)の2回、湾内から湾外東方海域に亘ってオッタートロールネットの海底曳により採集を行った結果、稚魚は湾内と湾外東方海域の海底に分かれて分布し、湾口部では採集されなかった。このことは、湾内でも稚魚が越冬す

ることを示唆するものであるが、湾内越冬群  
については不明な点が多く、今後の課題とし  
たい。

### 3. スケトウダラ産卵場の年変動

#### 3-1 産卵場

スケトウダラの発生初期の卵は湾口部に多く分布し、特に受精後間もない桑実胚期の個体 (Stage I) は湾口部に限って採集されている (Fig. 2, Fig. 8)。飼育実験の結果から、 $0^{\circ} \sim 4^{\circ}C$  の水温では、受精後 21 ~ 30 時間で桑実胚期に達することが明らかである (Table 13)。また、産み出された卵は海底から表層域に達するまでにおよそ 11.7 ~ 24.5 時間かかるもの推定され、実際に産卵場付近で採集された Stage I の卵をさらに前期 (受精 ~ 64 細胞期) と後期 (128 細胞期 ~ 桑実胚期) に分けた場合 (Fig. 41)、表層域ではほとんどが後期卵であることなどから、当海域では産み出された卵の多くは表層域に達するまでに桑実胚期に達するものと考えられる。

春季、当海域付近の表面流速をおよそ 1 ノットとすると (函館海洋気象台, 1977)、親潮系表層水が湾口部北東水域より湾内に流入

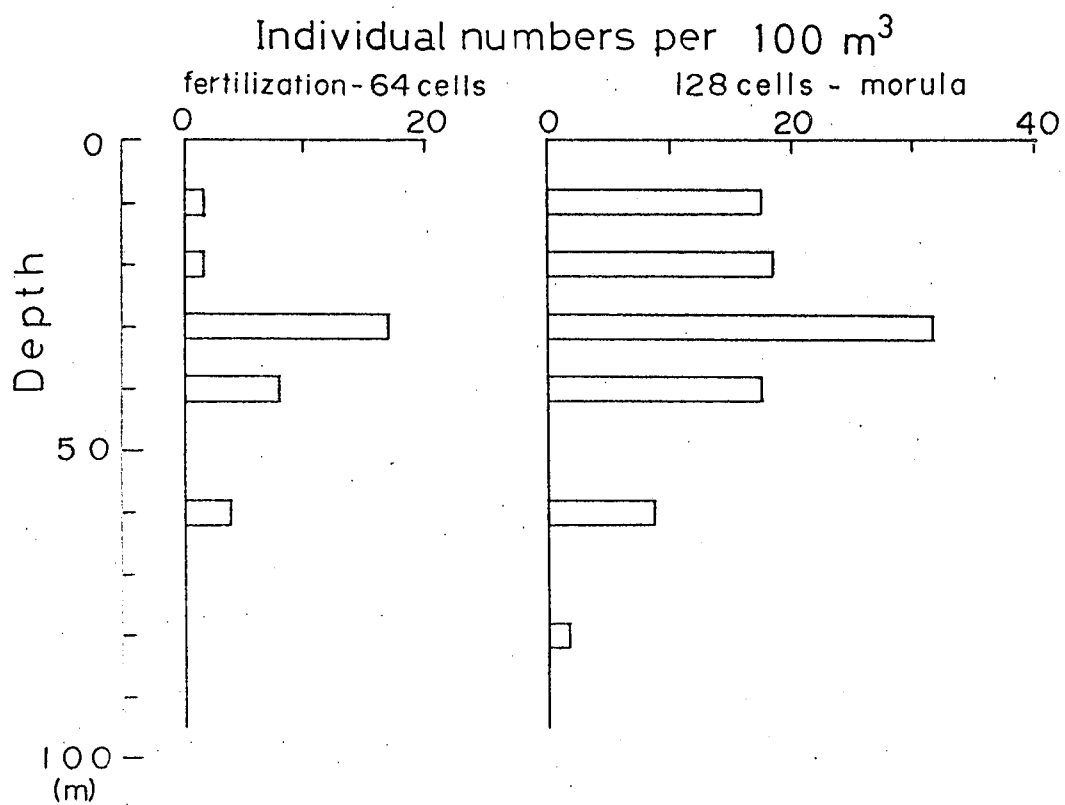


Fig. 41 . Vertical distributions of walleye pollock eggs at St. 3 on 15 March 1982.

することから、1977年春季の産卵場は Stage I の卵が多く採集された噴火湾湾口部から北東方向の白老沖の浅海域に形成されたものと考えられる。同じように、1974年(前田ら, 1976)、1976年(前田ら, 1979)春季も卵が湾口部で多く採集され、また受精後間もない Stage I の個体が湾口部に限って分布している(中谷, 1980)ことなどから、近年、当海域のスケトウダラの産卵場は湾口部から白老沖の浅海域に形成され、伊藤ら(1955-a, 1955-b)が述べているように噴火湾湾内水域には形成されていないものと考えられる。

当海域に流入する親潮系表層水の最低水温は、例年、 $2^{\circ}\text{C}$ 前後であり(Fig. 42)、最も寒冷だった1978年で $-0.08^{\circ}\text{C}$ であった(木戸, 1982)ことから、この水温では高い孵化率を示し(Table 12)、表層域での急激な水温変化に対しても桑実胚期以降耐性が高く(Table 14)、低水温に対する卵期の死亡は当海域では少ないものと考えられる。



## 3-2 産卵場の年変動

近年，スケトウダラの産卵場は噴火湾湾口部から白老沖に形成され，産み出された卵は親潮系表層水の流入に伴い湾内へ輸送され，さらに湾内に形成される反時計まわりの環流（大谷ら，1971-b）により湾奥部から渡島半島北東部沿岸域に達し，孵化している。このように，卵・仔魚の分布は親潮系表層水の挙動に影響されるが，この水塊の流入時期は年によって変動する（Fig. 42, Fig. 43）。すなわち，1978年ではすでに1月下旬に親潮系表層水が流入しているのに対し，1980年では3月下旬になってようやく湾口部に達している。

親潮系表層水の流入が遅れた1980年では，スケトウダラの漁場が例年に比べて北東方向，すなわち親潮系表層水の流入してくる方向に偏って形成されており（北海道立函館水産試験場室蘭分場，1980），このことから判断して産卵場もまた北東方向に偏って形成されたものと思われる。このため，産み出された

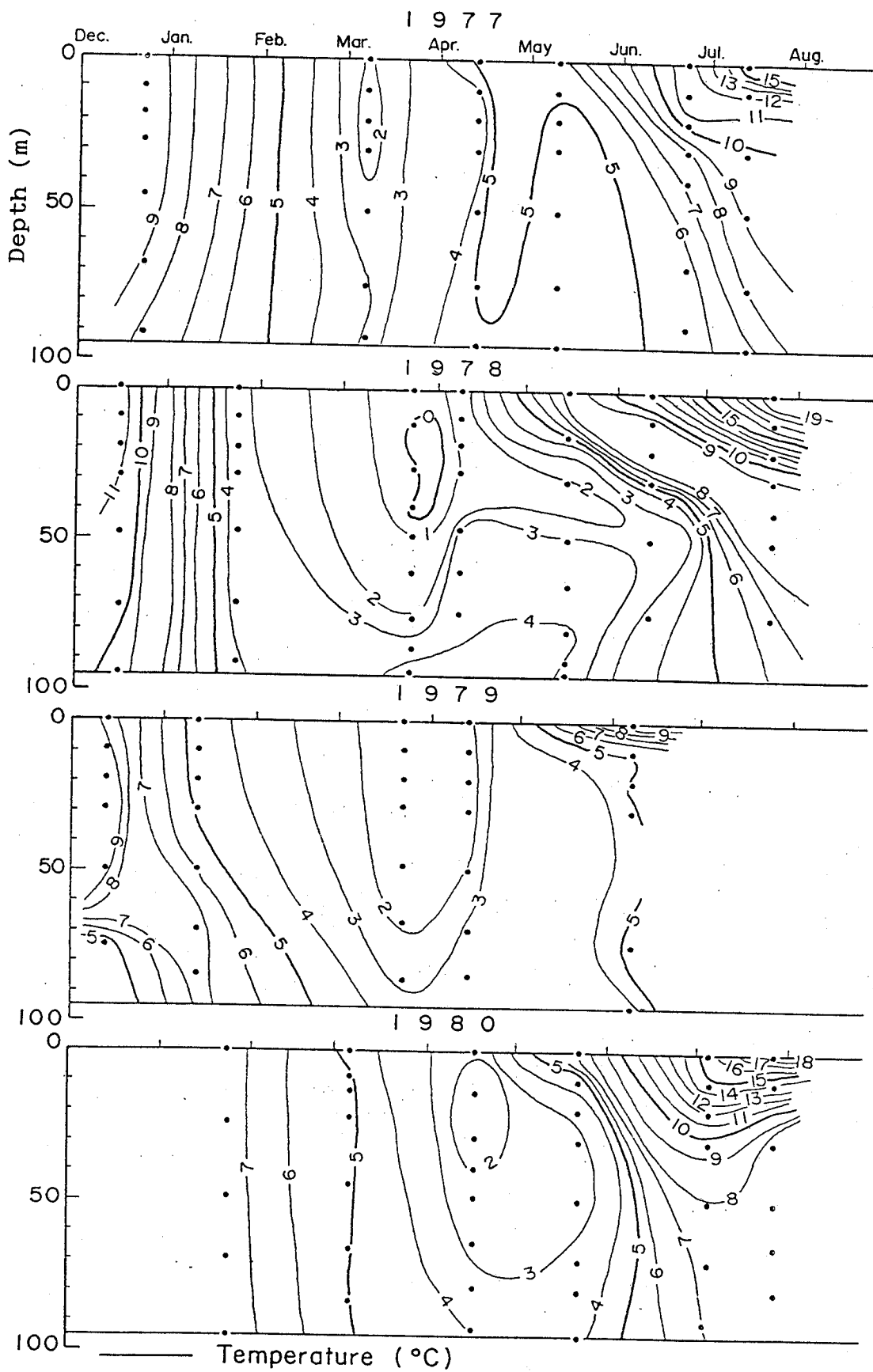


Fig. 42. Changes in depth profile of water temperature at St. 3 (at St. 1 on 12 June and 22 July in 1978) from 1977 to 1980.

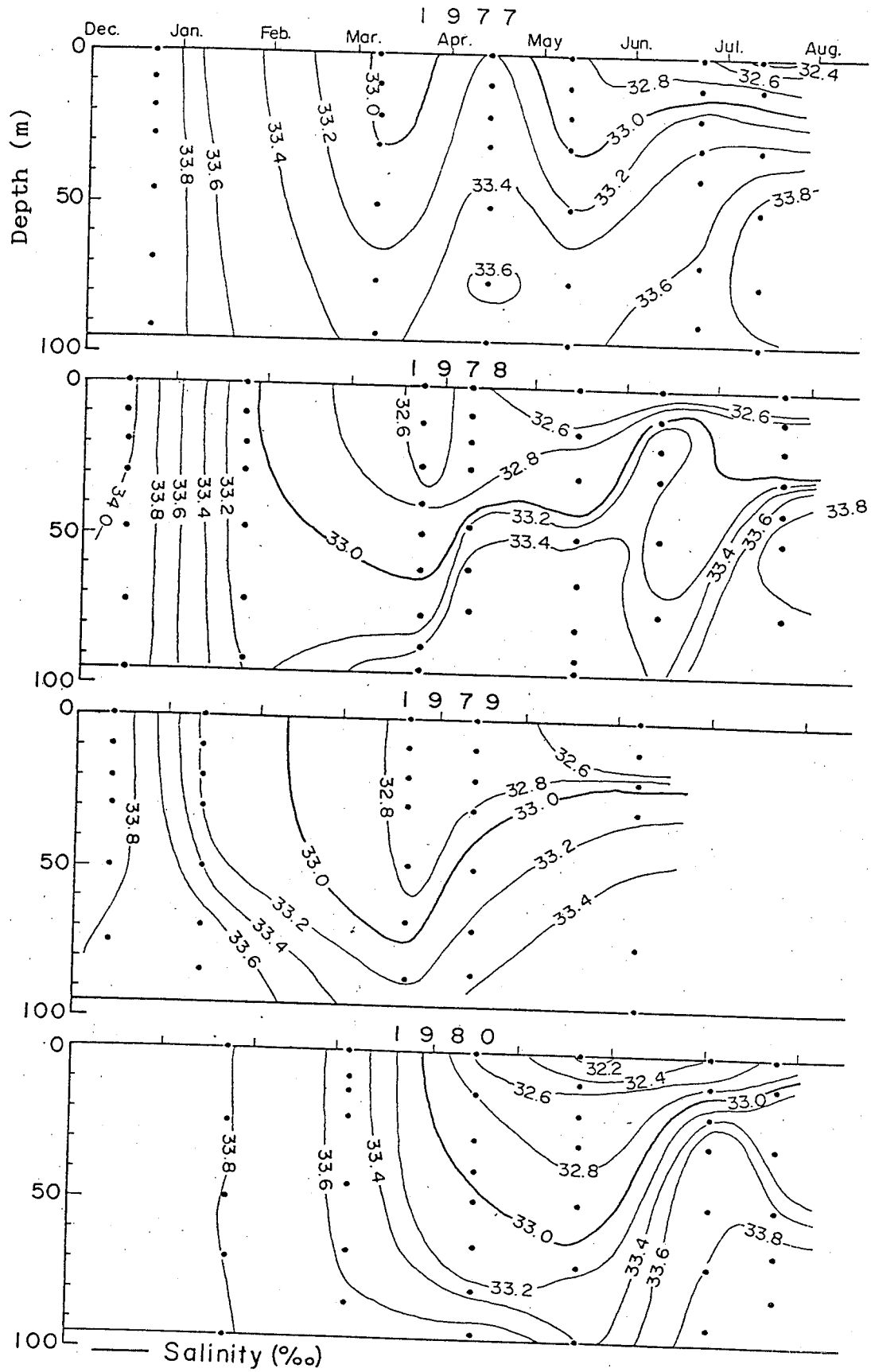


Fig.43. Changes in depth profile of water salinity at St. 3 (at St. 1 on 12 June and 22 July in 1978) from 1977 to 1980.

卵は噴火湾内に輸送される前に発生が進み、多くの個体が湾口部で孵化している (Fig. 44)。また、仔魚の餌生物環境をみると湾口部北東水域の親潮系表層水の流入のみられる水域に限り *P. minutus* の分布がみられ、湾内の分布密度は著しく低くなっている (Fig. 45, Fig. 46)。このことは、親潮系表層水が遅れて流入する年に例年のように湾口部周辺海域に産卵場が形成された場合、餌生物の分布密度が低い水域に輸送されることを意味し、仔魚の生残率が低下するものと予想される。

産卵場が形成される地理的位置は卵・稚仔魚の生残に極めて重要な意味をもち、特に分離浮遊卵を産出するスケトウダラの場合、当海域に流入する親潮系表層水の挙動に応じて産卵群が産卵場を選択する結果、孵化仔魚の分布が餌生物の分布とよく一致するようになる。このような産卵生態は親魚がいつ孵化仔魚の餌生物環境を安定させるための適応的行動としてとらえることが出来よう。

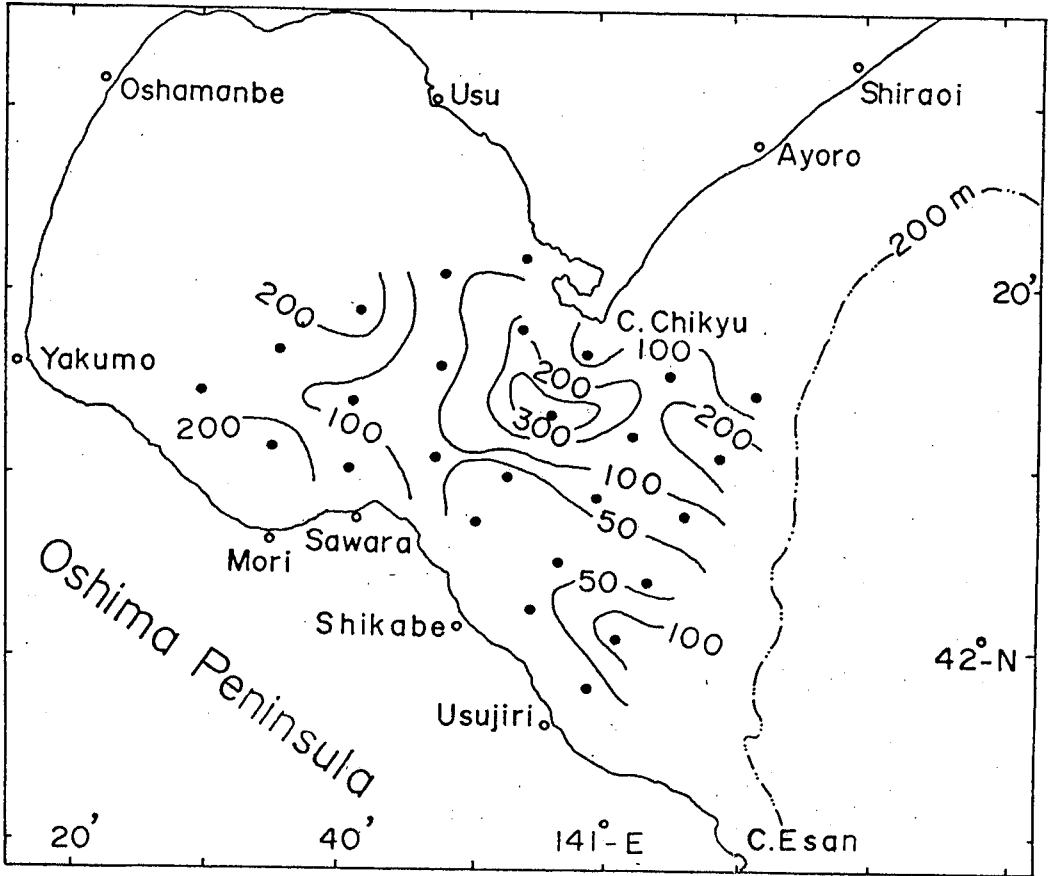


Fig.44. Individual numbers of walleye pollock larvae per square meter during March 5-7 in 1980.

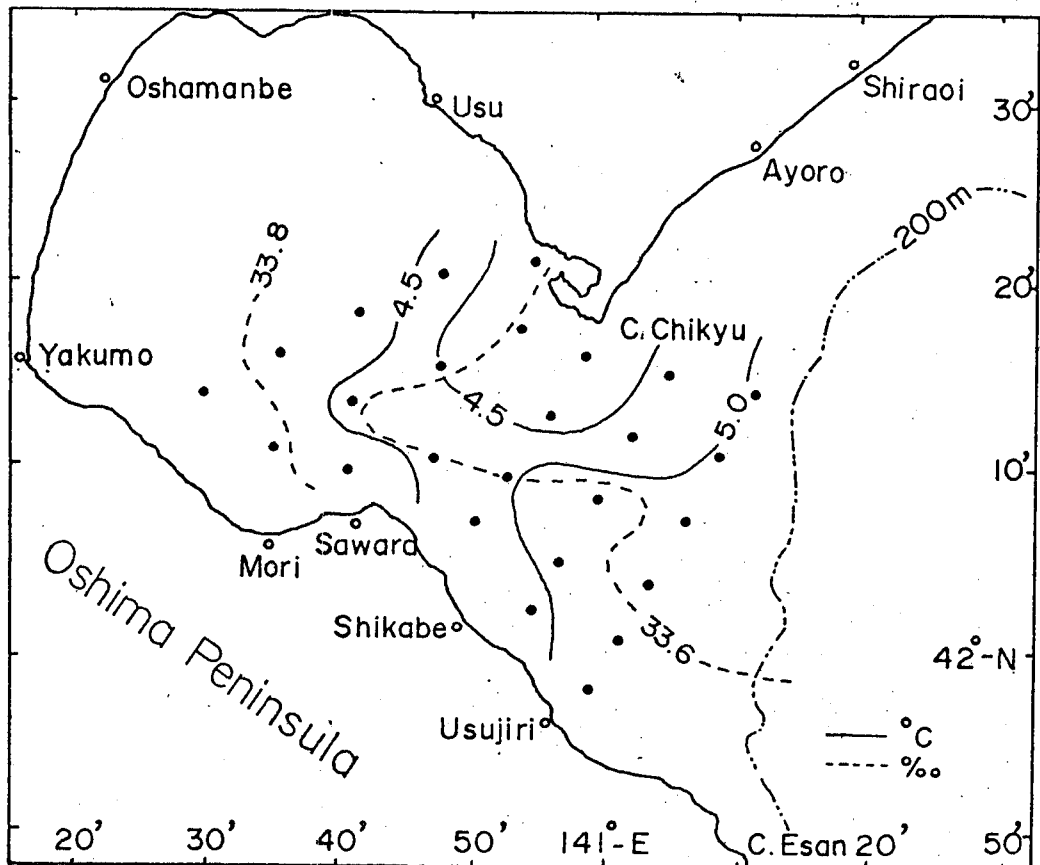


Fig.45. Distributions of water temperature and salinity on the surface during March 5-7 in 1980.

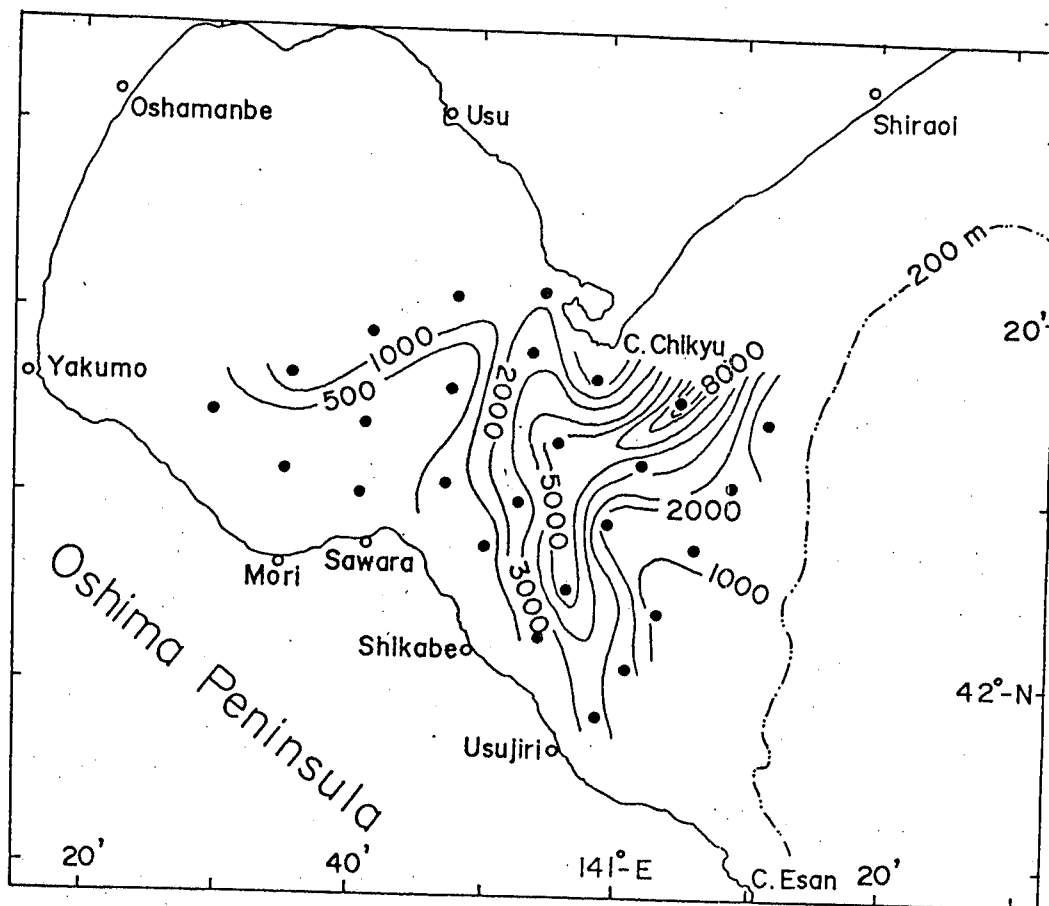


Fig.46. Individual numbers of *Pseudocalanus minutus* per square meter during March 5-7 in 1980.

#### 4. 年級群豊度

襟裳岬以西太平洋海域では、毎年10月から翌年3月までの期間、主としてスケトウダラ産卵群を対象に、底刺網および沖合底曳網による漁業が行なわれている。各年次の漁獲量は (Fig. 47) (北海道立函館水産試験場室蘭支場, 1982) に示すように、1970年以降4年周期の豊漁年が認められる。このような豊漁年が出現するためには仔魚期に初期餌料が豊富に分布することも重要な条件のひとつであると考えられる。そこで、稚仔魚の主要餌生物である橈脚類について各年次の分布密度を検討した。

1977年から1982年まで、湾外 St. 3 から湾内 St. 30 に至る6観測点で Norpac ネットの鉛直曳により採集された橈脚類の平均湿重量 ( $\text{gr./m}^2$ ) の年変動をみると (Fig. 48)、豊漁年であった1978、1982年はともに橈脚類の発生量が多く、また、その発生時期も早くなっている。次に卵・仔魚の分布および餌生物環境に影響する親潮



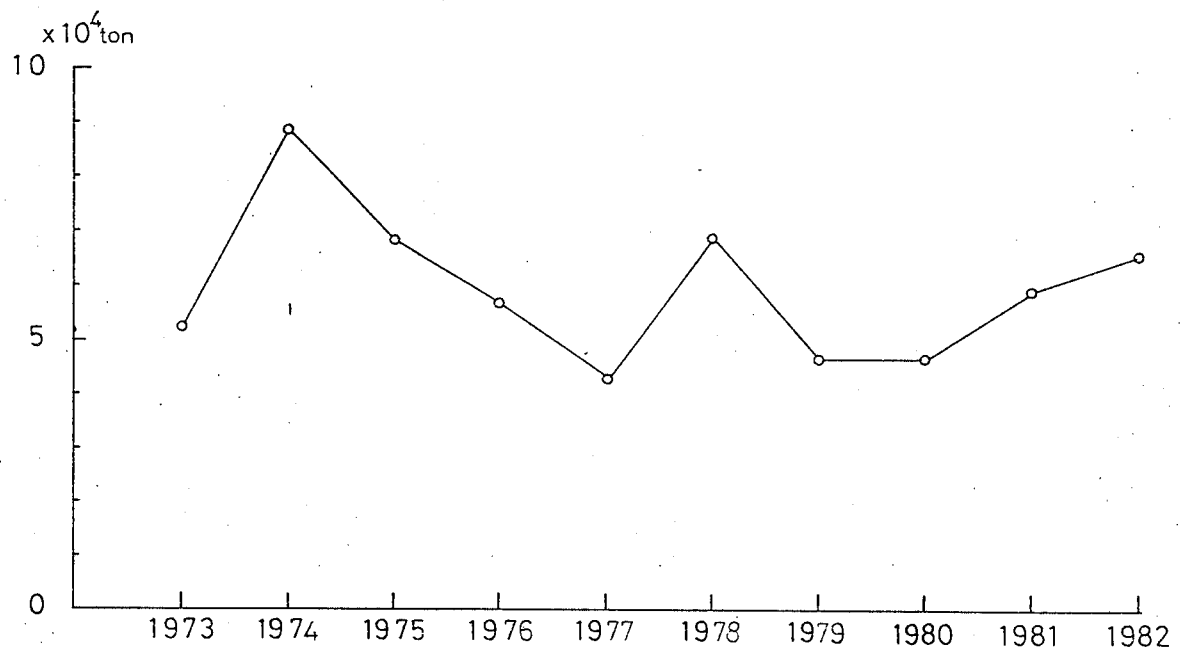


Fig.47. Annual change of walleye pollock catch in Oshima and Iburi from 1973 to 1982. (from Hokkaido Fisheries Experimental Station Muroran Branch, 1982)

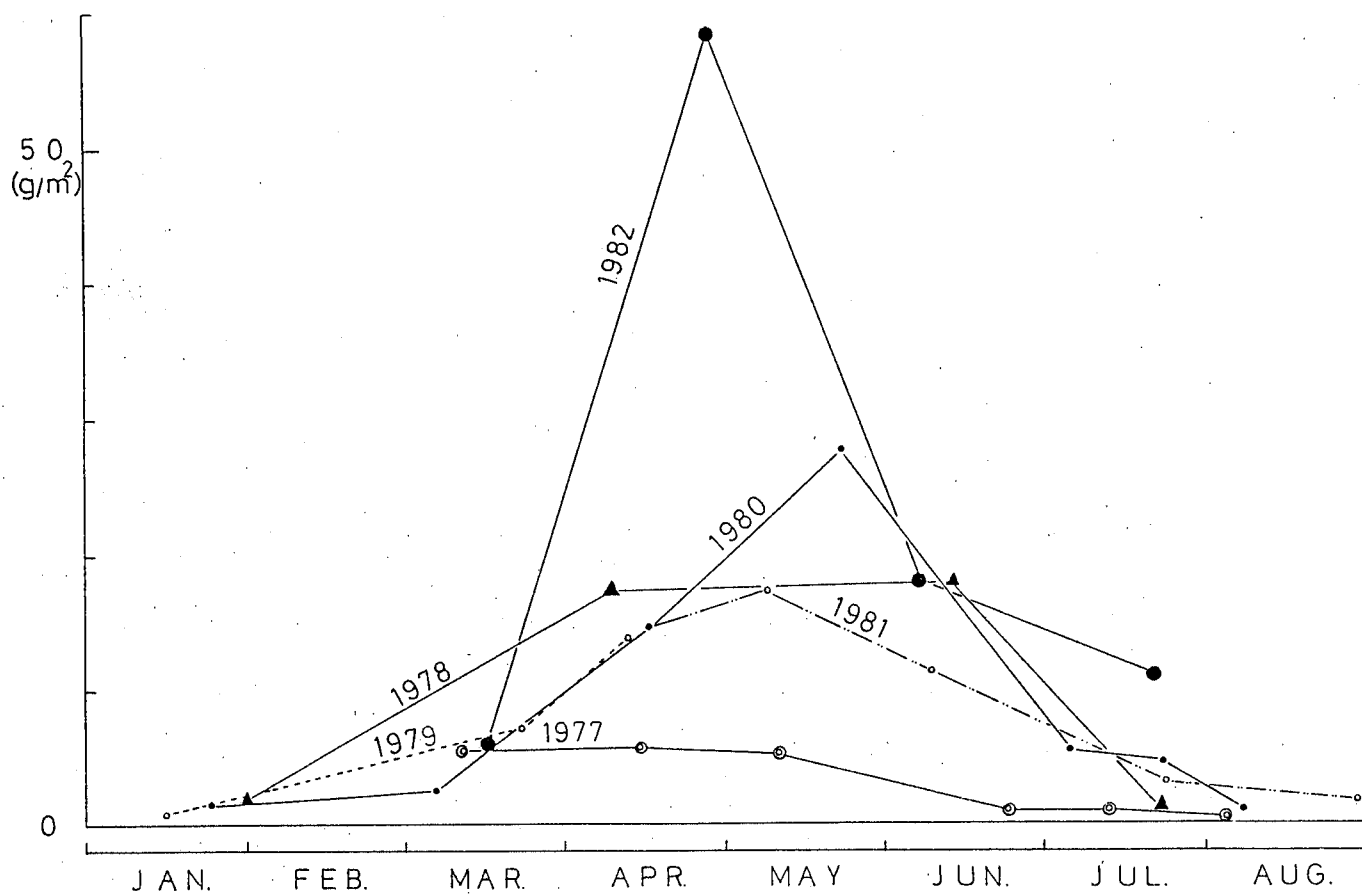


Fig. 48. Changes of mean wet weight of copepods per square meter collected at the several stations from St. 3 to St. 30 from March 1977 to July 1982.

系表層水の流入時期の年変動をみると (Fig. 42, Fig. 43, Fig. 49, Fig. 50), 1978年, 1982年はいずれも親潮系表層水が早く流入しており, 函館海洋気象台も観測結果から同様に親潮の勢力が例年に比べて強かったと報告している (1978, 1982)。以上, 両年の産卵場は湾口部付近に形成され, また孵化仔魚の餌生物である *P. minutus* ノープリウスの個体数は湾内表層域に形成される密度躍層上部で例年に比べて早い時期に増加したものである。

これとは反対に, 親潮系表層水の流入時期が遅れた1980年では, 産卵場が噴火湾から離れた北東部沿岸域に形成されたため, 産み出された卵が湾内に輸送される過程で拡散し, その結果, 湾内に分布する仔魚の個体数が例年に比べて少なくなったと考えられる (Fig. 44)。

一般に, 卓越年級群によって産み出された仔魚は, 密度依存の効果による死が考えられる。このため, 1978, 1982年の豊漁年に産み出された仔魚の餌生物環境が悪く, 初期減

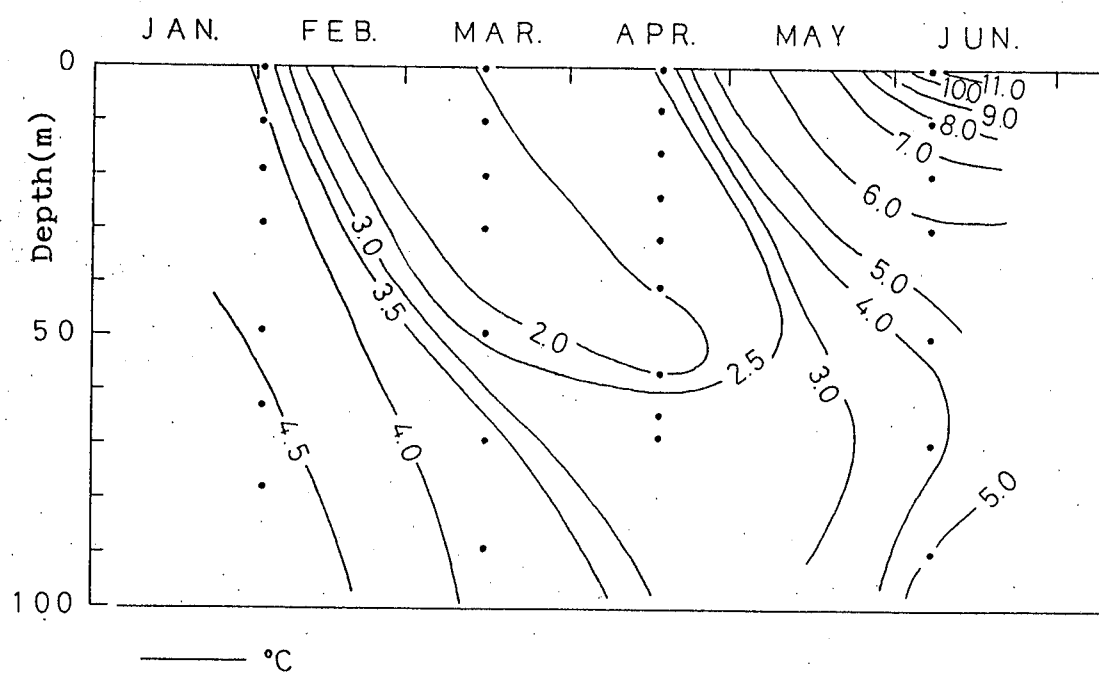


Fig. 49. Vertical profile of water temperature at St. 3 during March 15-16 in 1982.

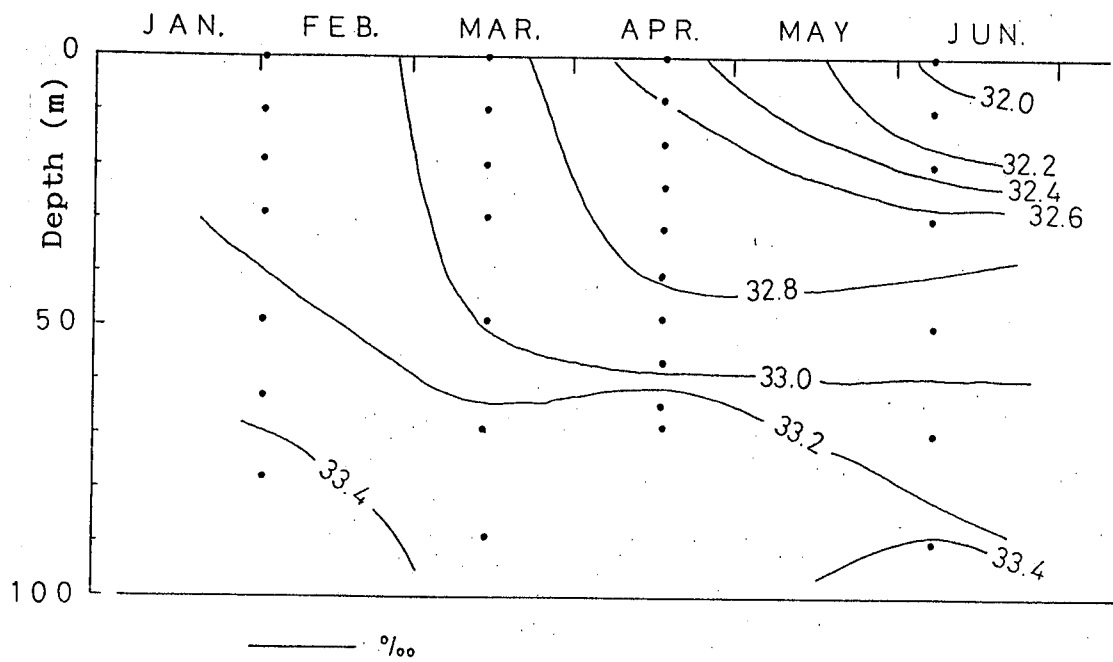


Fig. 50. Vertical profile of water salinity at St. 3 during March 15-16 in 1982.

耗率が高くなることが予想されるが、両年は親潮の勢力が強く、湾内に流入する時期が早かったため、密度依存の効果による初期減耗が低く抑えられたものと推定される。また、1974年も親潮の勢力が強かった（函館海洋気象台、1974）ことと、当海域で漁獲されるスケトウダラの年令組成（北海道立函館水産試験場室蘭支場、1982）から新規加入群の年令が主として4才であることから、当海域で見られる豊漁年の周期性は、豊漁年と親潮系表層水の早く流入する年とが重なることにより、初期減耗率が低く抑えられ、その生き残りが4年後新規加入群として産卵に加わることにより維持されているものと推察される。

このような仮説はスケトウダラ卵・仔魚の分布およびその餌生物環境が親潮系表層水の挙動に強く影響されることから類推したものであり、スケトウダラ卵の拡散状態や春季ブルージングに続く低次生物生産機構に関して不明な点が残されている。今後、これらの

点を明らかにすることにより、より正確なスケトウダラの資源量動態を予測することが可能になるものと考えられる。

## 要約

1. 北海道南部太平洋海域に生息するスケトウダラは、10月から翌年3月までの期間、主として産卵群を対象に漁獲されている。当海域の漁獲量の変動は大きく、これは個体群豊度の年変動のためであり、その年変動は発生初期の死亡率に強く影響されるものと考えられる。本研究は、噴火湾およびその周辺海域におけるスケトウダラの初期生活史を明らかにし、その資源量動態を予測するための基礎資料を得ることを目的とした。

2. 先ず、スケトウダラ卵・稚仔魚の分布をみるため、1年を通じて湾外・湾口部・湾内の広範囲に亘って卵・稚仔魚を採集した。卵・仔魚の採集は Norpac ネットおよび MTD ネットを用い、また稚仔魚の採集は成長に応じて4月では稚魚ネット（口径 1.3 m）、5月ではビームトロールネット（網口 2.5 x 2.0 m）、6月以降はオッタートロールネット（網口 5.9 x 4.4 m）を使用した。次に稚仔魚の餌生物であ



る動物プランクトンはバンドン採水器, Norpac  
ネットおよび MTD ネットにより採集した。こ  
れら生物採集と同時に稚仔魚の分布と物理環  
境との関係を見るためナンゼン採水器と転倒  
温度計により採水・測温を行ない、水温と塩  
分を求めた。さらに、卵の低水温に対する耐  
性・発生速度などを調べるため、人工授精に  
より得られた卵を用いて飼育実験を行なった。

3. 受精後間もない桑実胚期の卵は噴火湾湾  
口部の表層から水深 60 m 層に分布し、湾内  
ではほとんど採集されなかった。これに対し、  
発生の進んだ卵は湾内表層域で多く採集され  
、孵化後間もない仔魚はさらに湾奥部から渡  
島半島北東部沿岸の表層域に分布していた。  
このように、湾口部付近で産み出されたスケ  
トウダラ卵は発生が進むに伴い湾内へ輸送さ  
れ、湾内表層域で孵化する。

4. 稚仔魚は6月まで湾内表層域に分布する  
が、7月以降、全長が 75 mm を越えると着底し  
、8月から9月にかけては湾外東方海域の水

深 200 ~ 300 m の海底にその分布を拡大した。

5. 孵化後間もない仔魚は甲殻類の卵および橈脚類、ノープリウスを摂餌するが、成長に伴いコペポダイト期の *P. minutus* に変化し、全長 30 mm を越えると大型橈脚類の *C. plumchrus* を主に摂餌し、その後 70 mm を越えると橈脚類の *E. bungii bungii*、オキアミ類の *Euphausia pacifica* および端脚類の *Themisto japonica* に餌生物は変化する。

6. 当海域の橈脚類、ノープリウスは2月から3月にかけて著しく増加し、*P. minutus*、*Oithona* 属および *M. lucens* が主な構成種であった。

7. コペポダイト期の橈脚類はノープリウスと同様、*P. minutus* が優占種となっていた。特に、湾内表層域で高密度を示し、水深 10 m 層では全橈脚類中 95.9% が *P. minutus* であった。これに対し、*Oithona* 属および *Metridia* 属（主として *M. lucens* とその幼体）は中底層域に分布していた。春季の優占種 *P. minutus* は5月以降表層からの水温の上昇に伴い表層域で減少した。6月以降、大型寒海種である *C. plumchrus* および *E. bungii bungii*

が中・表層域で増加した。

8.  $-1^{\circ}\text{C}$  から  $13^{\circ}\text{C}$  で人工授精卵を飼育した結果、 $0^{\circ}\text{C}$  から  $10^{\circ}\text{C}$  の範囲で高い孵化率が得られた。孵化日数と水温との関係は次式で示される。

$$T=31.70 \text{ Exp } (-0.12 \cdot \theta)$$

T: 50% 孵化に必要な日数

$\theta$ : 飼育水温,  $^{\circ}\text{C}$

本実験に用いた受精卵の体積密度は  $1.0201 \sim 1.0226 \text{ g/cm}^3$  であり、浮上速度は  $4.9 \sim 8.6 \text{ m/h}$  であった。

9. 春季、湾内の冬季噴火湾水の上層に親潮系表層水が流入することにより、湾内表層域に chlorophyll-a の極大層が形成され、その中で *P. minutus* が顕著な再生産活動を行なう結果、仔魚にとって好適な餌生物環境が形成されるものと思われる。

10. 表層水温の上昇に伴い、稚仔魚の分布域は深くなり、*C. plumchrus*, *E. bungii bungii* の多く分布する海底へ移動する。さらに、津軽暖流水の

流入などにより、オキアミ類の多く分布する湾外の東方海域へと移動する。

11. 当海域に形成される産卵場の位置は、親潮系表層水の流入の遅速に伴い変化する。すなわち、速い年は湾口部に、遅い年は湾外北東部に産卵場が形成される。これは、卵・仔魚の分布および適水温を確保し、餌生物環境を安定させるための親魚の適応的行動であろうと考えられる。

12. 近年、当海域の産卵群を対象とした渡島・胆振管内のスケトウダラの漁獲量には4年周期の豊漁年が認められ、親潮系表層水の早く流入した年と一致する。一般に、卓越年級群から産み出された仔魚の餌生物環境は密度依存の効果により悪くなると考えられるが、親潮系表層水の早い流入により湾内に好適な餌生物環境が形成され、その結果初期減耗が低く抑えられ、その生き残りが新規加入年令に達する4年後に産卵群として来遊することにより豊漁年の周期性が維持されているもの

と推察される。しかしながら、このような漁獲量変動の周期性に関する仮説はスケトウダラの生残機構から類推したもので、今後、産み出された卵の拡散、低次生物生産機構などの検討が必要であろう。

## 謝 辞

本研究を進めるにあたり、終始御指導、いただいた北海道大学水産学部上野元一教授に深く感謝します。また、本稿を作成するにあたり有益な御批判、御助言をいただいた同学部久新健一郎教授、三島清吉教授、箕田嵩教授ならびに前田辰昭助教授、高橋豊美助手に深く感謝します。

本研究に用いた標本採集に御協力を願った北海道大学水産学部調査船うしろ丸の乗組員の方々、橈脚類の種査定に際し御指導、いただいた北海道立水産孵化場宗谷支場平野和夫氏ならびにスケトウダラ人工授精卵の採集に御協力、いただいた相沼漁業協同組合山田喜代市氏、青森県学浅出水族館村井泰憲博士、ならびに浮上速度の測定に御協力を願った北海道立稚内水産試験場佐々木正義氏に厚くお礼申しておきます。また試料整理に御協力を頂いた佐藤かの事務官に厚くお礼申し上げます。

## 引用文献

土肥和彦 (1982) 噴火湾における有鐘類の季節変化  
日本プラクトン学会報, 29, 77-87.

Faber, D.J. (1966) Free-swimming copepod nauplii of Narragansette Bay with a key to their identification. J. Fish. Res. BD. CANADA, 23, 189-205.

福地光夫 (1976) 沿岸滞留期 スケトウダラ 卵・仔魚の栄養生態学的研究  
北海道大学 水産学研究科 博士論文

Gibbons, S.G. and H.S. Ogilvie (1933) The development stages of *Oithona helgolandica* and *Oithona spinirostris*, with a note on the occurrence of body spines in Cyclopoid nauplii. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 18, 529-550.

Gibbons, S.G. (1938) Early development stages of copepoda-II. *Metridia lucens* Boeck. Ann. & Mag. nat. Hist., Ser., 11, 493-497.

函館海洋气象台 (1974) 1974年 2月-3月 北海道南・本州東方海域  
津軽海峡 観測概報, 海洋速報, 12, 1-21.

----- (1977) 1977年 2月-3月 北海道南・本州東方海域  
津軽海峡 観測概報, 海洋速報, 15, 1-22.

----- (1978) 1978年 2月-3月 北海道南・本州東方海域  
津軽海峡 観測概報, 海洋速報, 16, 1-24.

----- (1982) 1982年 2月-3月 北海道南・本州東方海域  
および津軽海峡 観測概報, 海洋速報, 20, 1-23.

Hamai, I., K. Kyushin and T. Kinoshita (1971) Effect of temperature on body form and mortality in the developmental and early life stages of the Alaska pollock *Teragra chalcogramma* (PALLAS). Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ., 22, 11-29.

- 花岡 資 (1952) 独立生活様脚類のノープリウスに関する研究  
内海区水研報, 1, 1-36.
- Haryu, T. (1980) Larval distribution of walleye pollock, *Teragra chalcogramma* (Pallas), in the Bering Sea, with special reference to morphological changes. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 31, 121-136.
- 林 清 (1970) スケトウダラの生態に関する話題, 昭和44年度漁業資源研究会議 底魚分科会 北部プロック会議議事録, 水産庁, 60-71.
- 日暮 忠・田内 森三郎 (1925) 魚卵の孵化日数と温度との関係.  
水講試報, 21, 11-16.
- 平川 和正・川村 照良 (1977) 噴火湾における動物プランクトン, 特に様脚類の季節的遷移, 特定研究 海洋環境保全 噴火湾の研究 中間報告, 13-19.
- Hjort, J. (1914) Fluctuation in the greatest fisheries of Northern Europe viewed in the light of biological research. Rapp. P.-v. Réun. Cons. perm. int. Explor. Mer, 20, 1-228.
- 北海道函館水産試験場 室蘭分場 (1980) 道南太平洋海域のスケトウダラ 漁況速報 第3報 (54年度漁況のまとめ). 1-5.
- 北海道函館水産試験場 室蘭支場 (1982) 道南太平洋海域のスケトウダラの 漁況について 57年度漁期 第1報, 1-12.
- 伊藤 小四郎・藤田 忠・林 成治・安川 雅夫 (1955a) 噴火湾にみられる スケトウダラ卵の分布に就いてⅡ. 北海道孵化場報告, 10, 133-144.
- 伊藤 小四郎・倉橋 澄雄 (1955b) 噴火湾にみられる 魚底卵分布についてⅢ. 北海道孵化場報告, 10, 145-159.
- 石田 昭夫 (1954) 北海道周辺のスケトウダラの年齢査定と耳石にあらわれた 形質の海区による差異について. 北水研報, 11, 36-67.



石垣富夫・坂本寿勝・佐々木武雄・高野睦雄 (1960) 襟裳以東太平洋  
海域におけるスケトウダラ幼魚の生態について. 北水試月報, 17, 4-13.

Johnson, M.W. (1937) The developmental stages of the copepod  
*Eucalanus elongatus* DANA VAR. *bungii* Giesbrecht. Biol.  
Bull., Woods Hole, 95, 320-332.

Kamba, M. (1977) Feeding habits and vertical distribution of  
walleye pollock, *Teragra chalcogramma* (PALLAS), in early  
life stage in Funka Bay, Hokkaido. Res. Inst. N. Pac.  
Fish., Hokkaido Univ. Spec. Vol., 175-197.

Kido, K. (1982) Data report of Funka Bay studies R.V. Ushio-Maru  
No. 4, 1-51.

久新健一郎・木下哲一郎・林清 (1961) 北海道襟裳以西海域における  
スケトウダラの魚群構造について (予報). 北水試月報, 18, 84-90.

Lasker, R. (1975) Field criteria for survival of anchovy larvae:  
The relation between inshore chlorophyll maximum layers  
and successful first feeding. Fish. Bull. U.S. 73, 453-462.

----- (1981) Factors contributing to variable recruitment of  
the northern anchovy (*Engraulis mordax*) in the California  
Current: Contrasting years, 1975 through 1978. Rapp. P.-v.  
Réun. Cons. int. Explor. Mer, 178, 375-388.

Lebour, M.V. (1916) Stages in the life history of *Calanus finmarchicus*  
(Gunnerus), experimentally reared by Mr. L.R. Crawshay  
in the Plymouth Laboratory. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 11, 1-17.

Lovegrove (1956) Index des Fiches d'Identification du zooplankton,  
copepod nauplii (II). Sheet 63. Cons. Int. Explor. Mer, 1-4.

前田辰昭・高橋豊美・伊地知誠・平川英人・上野元一 (1976) 噴火湾  
周辺海域におけるスケトウダラの漁場学的研究 - II 産卵期.

日水誌, 42, 1213 - 1222.

前田辰昭・中谷敏邦・高橋豊美・上野元一 (1979) スケトウダラ稚仔の沿岸水域での生活. 水産海洋研究会報, 34, 81-85.

----- (1980) 北海道南方太平洋海域におけるスケトウダラの資源動向と発生変動について. 水産海洋研究会報, 37, 29-33.

前田辰昭・高橋豊美・上野元一 (1980) 噴火湾周辺海域におけるスケトウダラの漁場学的研究 IV 餌料としての動物プランクトン分布の季節変化. 日水誌, 46, 671-674.

笑田嵩・富士昭 (1982) 噴火湾の動物群集. 沿岸海洋研究ノート, 20, 94-105.

Motoda, S. (1971) Devices of simple plankton apparatus - V. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 2, 101-106.

中田薫 (1982) 北海道噴火湾の1981年春季増殖期における植物プランクトンの組成. 水産海洋研究会報, 41, 27-32.

中谷敏邦 (1980) 噴火湾周辺海域におけるスケトウダラ卵・稚仔の分布移動に関する研究. 北海道大学水産学研究所修士論文 96 pp.

Nakatani, T. and T. Maeda (1981) Transport process of the Alaska Pollack Eggs in Funka Bay and the adjacent waters, Hokkaido. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 47, 1115-1118.

中谷敏邦・前田辰昭 (1983) 噴火湾およびその周辺海域におけるスケトウダラ仔魚の分布と餌生物環境. 日水誌, 49, 183-187.

Oberg, M. (1906) Die metamorphose der plankton-copepoden der Kieler Bucht. Wiss. Meeres. N.F. Bd. 9 Abt. Kiel, 37-103.

尾形哲男 (1956) 重要魚族の漁業生物学的研究 スケトウダラ. 日水研報, 4, 93-140.

Ogilvie, H.S. (1953) Index des Fiches d'Identification du zooplankton copepod nauplii (I). Sheet 50, Cons. Int. Explor. Mer, 1-4.

- 大谷清隆 (1971a) 噴火湾の海況変動の研究 - II 噴火湾に流入・滞留する水の特性. 北大水象報, 22, 58-66.
- 大谷清隆・秋葉芳雄・吉田賢二・大槻知寛 (1971b) 噴火湾の海況変動の研究 - III 親潮系水の流入・滞留期の海況. 北大水象報, 22, 129-142.
- 大谷清隆・木戸和男 (1980) 噴火湾の海洋構造. 北大水象報, 31, 84-114.
- Pianka, E.R. (1978) 進化生態学 (伊藤喜昭監修, 久場洋之・中筋房夫・平野耕治訳) 蒼樹書房, 東京, 420 pp.
- 奥口秀夫 (1975) 稚仔魚の生残. 海洋科学, 7, 36-41.
- Serobaba, I.I. (1974) Spawning ecology of the walleye pollock (*Teragra chalcogramma*) in the Bering Sea. J. Ichthyol., 14, 544-552. (Translated from the Russian)
- Shelbourne, J.E. (1957) The feeding and condition of plaice larvae in good and bad plankton patches. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 36, 539-552.
- 田村正 (1951) 噴火湾近海に出現するプランクトンの季節変化について. 北大水試研究報告, 8, 26-38.
- 田中克 (1983) 海産稚魚の摂餌と生残 VI. コロケル極大層の稚魚に果たす役割. 海洋と生物, 25 (Vol. 5 - No. 2), 142-149.
- 田中富重 (1970) 北部日本海域におけるスケトウダラの漁業生物学的研究. 北大水試研究報告, 12, 1-11.
- Taniguchi, A. (1969) Regional variations of surface primary production in the Bering Sea in summer and the vertical stability of water affecting the production. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 10, 169-179.

谷口 旭 (1981) 太平洋 亜寒帯 前線 海域 における 低次 生物 生産の  
特徴と 漁場 環境. 北大 水産 学部 北洋 水産 研究 施設 特別 号, 23-35.

菅米 地 洋文・小島 伊織・山本 正義 (1952) 水温と スケトウダラ 及び ホツケの  
分布. 北水 試月 報, 9, 50-56.

辻 敏 (1972) II スケトウダラの 資源 II-1 北海道 周辺 (集団 分布  
構造と 評価). 日水 誌, 38, 383-388.

遊佐 97 津雄 (1954) スケトウダラ 卵の 正常 発生 について.  
北水 研究, 10, 1-15.

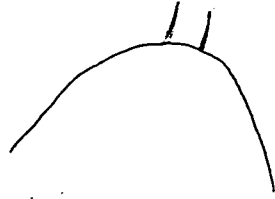
Zver'kova, L.M. (1969) Spawning of the Alaska Pollack (*Teragra  
chalcogramma* (Pallas)) in the west coast of Kamchatka.  
J. Ichthyol., 9, 205-209. (Translated from the Russian)

Zver'kova, L.M. (1978) Maturation, fecundity and spawning grounds  
of the walleye pollock (*Teragra chalcogramma*) in the  
northeast of the Sea of Japan. J. Ichthyol., 17, 404-410.  
(Translated from the Russian)

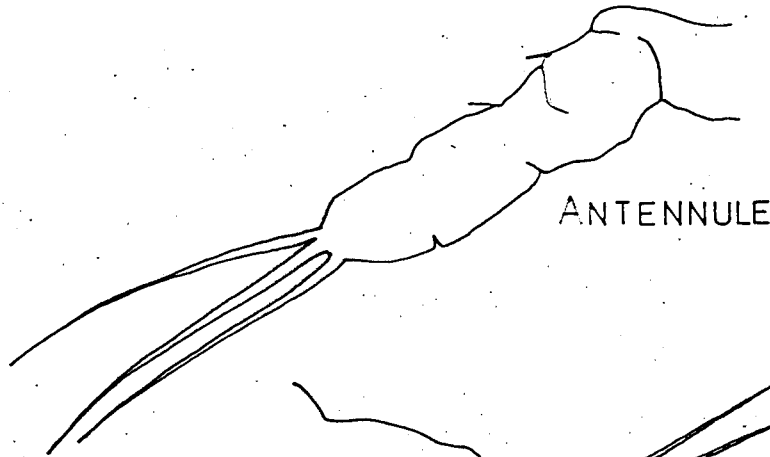
## EXPLANATION OF PLATES

- PLATE-I Nauplii of Pseudocalanus minutus and Metridia lucens  
Stage I
- PLATE-II Nauplii of Pseudocalanus minutus and Metridia lucens  
Stage I
- PLATE-III Nauplii of Pseudocalanus minutus and Metridia lucens  
Stage II
- PLATE-IV Nauplii of Pseudocalanus minutus and Metridia lucens  
Stage III
- PLATE-V Nauplii of Pseudocalanus minutus Stage IV
- PLATE-VI Nauplii of Pseudocalanus minutus Stage V
- PLATE-VII Nauplii of Metridia lucens Stage V
- PLATE-VIII Nauplii of Oithona sp. Stage IV
- PLATE-IX Nauplii of Calanus sp. Stage IV
- PLATE-X Nauplii of Calanus sp. Stage VI
- PLATE-XI Nauplii of Eucalanus bungii bungii Stage II

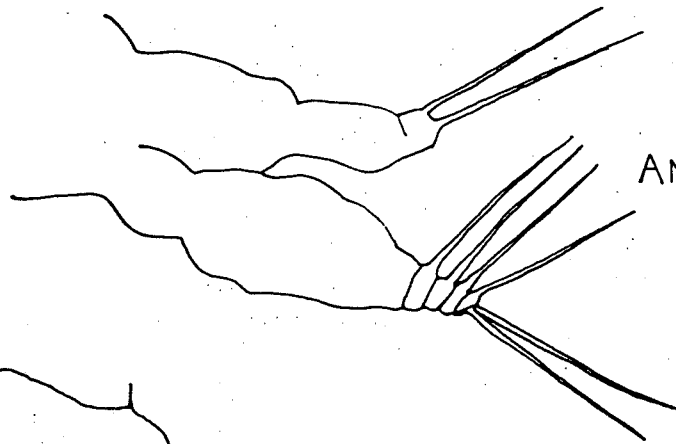
PLATE I



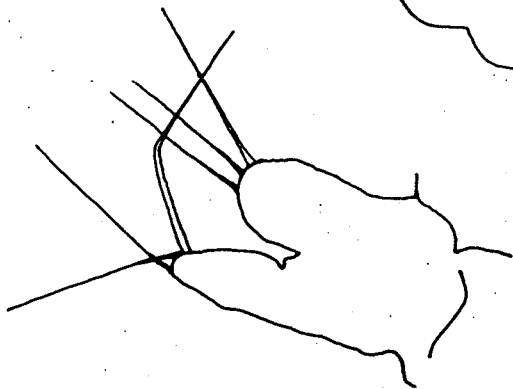
Caudal armature



ANTENNULE



ANTENNA



MANDIBLE

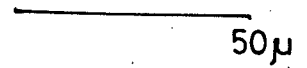


PLATE-I I

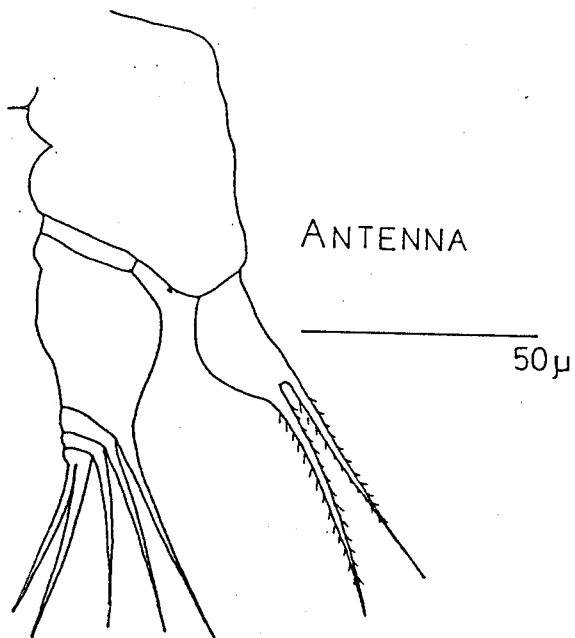
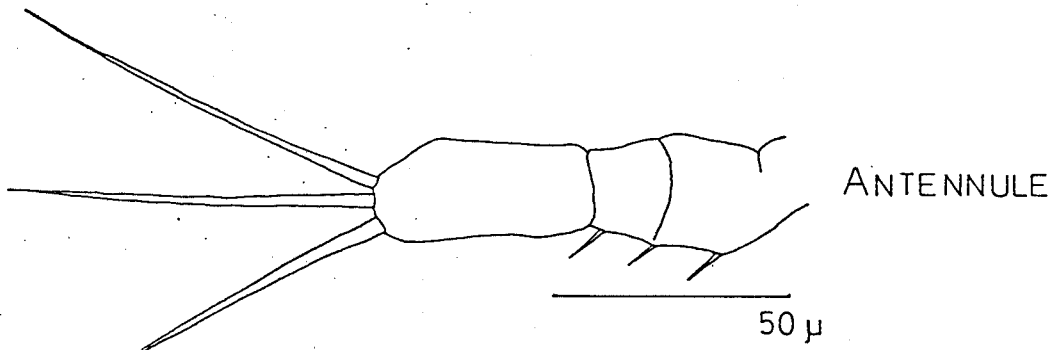
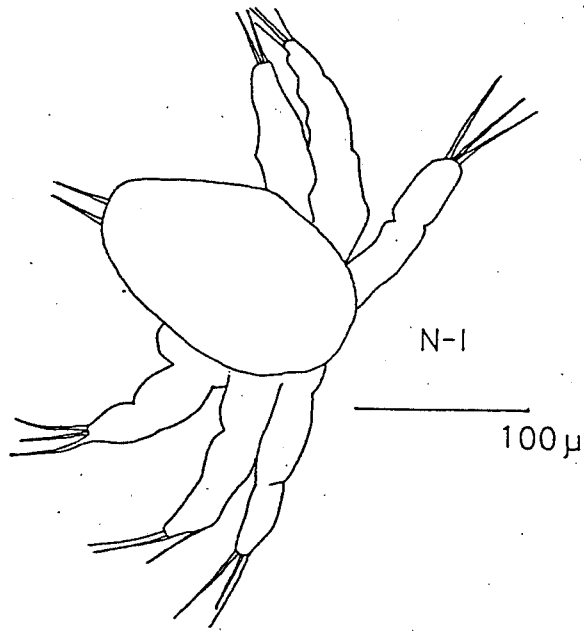


PLATE-III

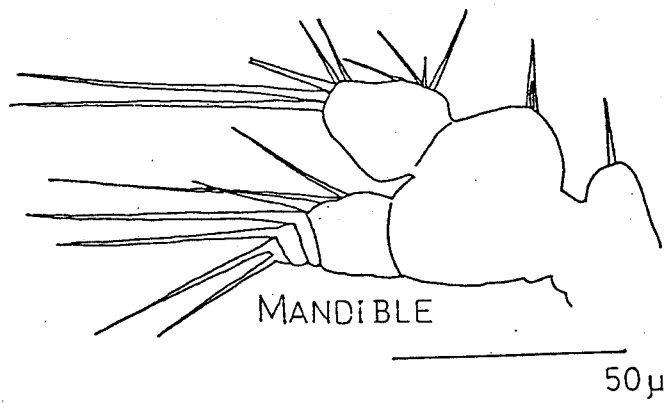
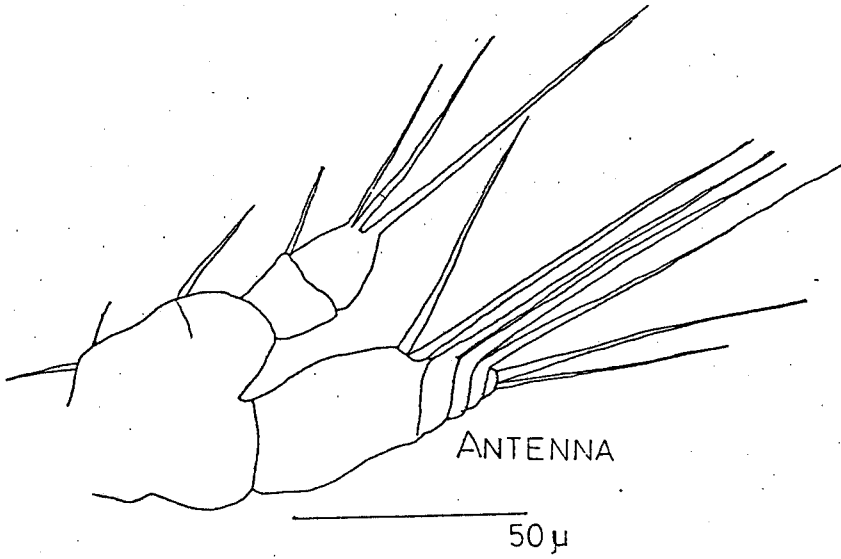
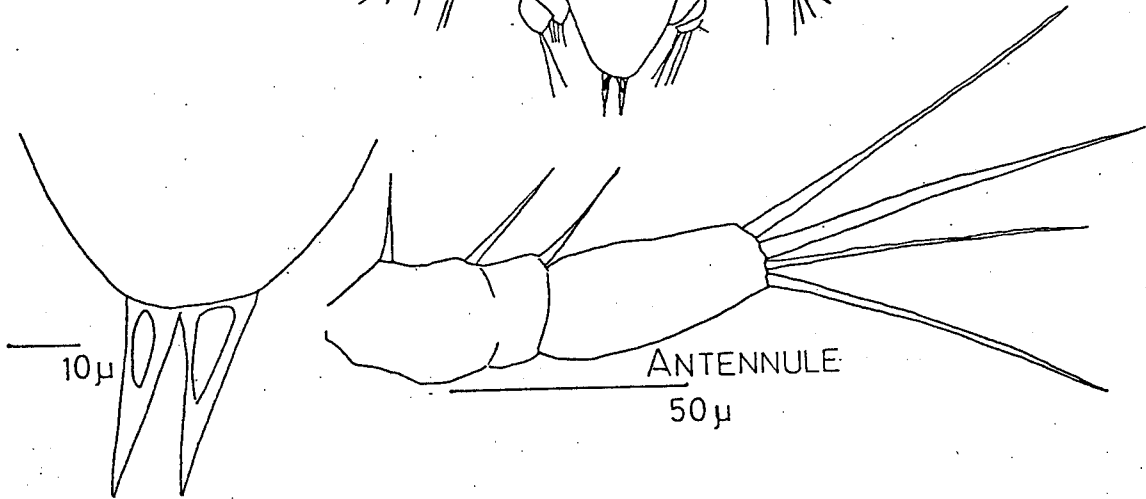
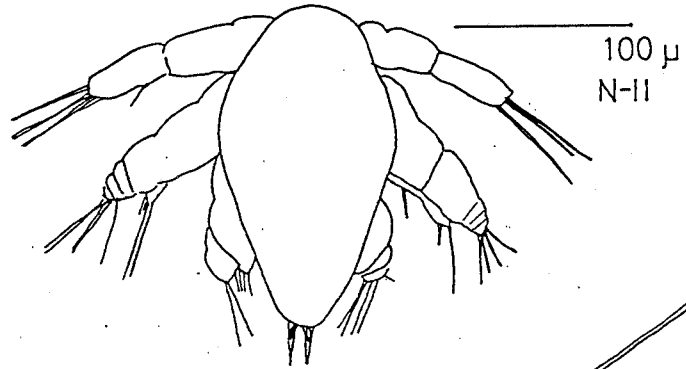




PLATE-IV

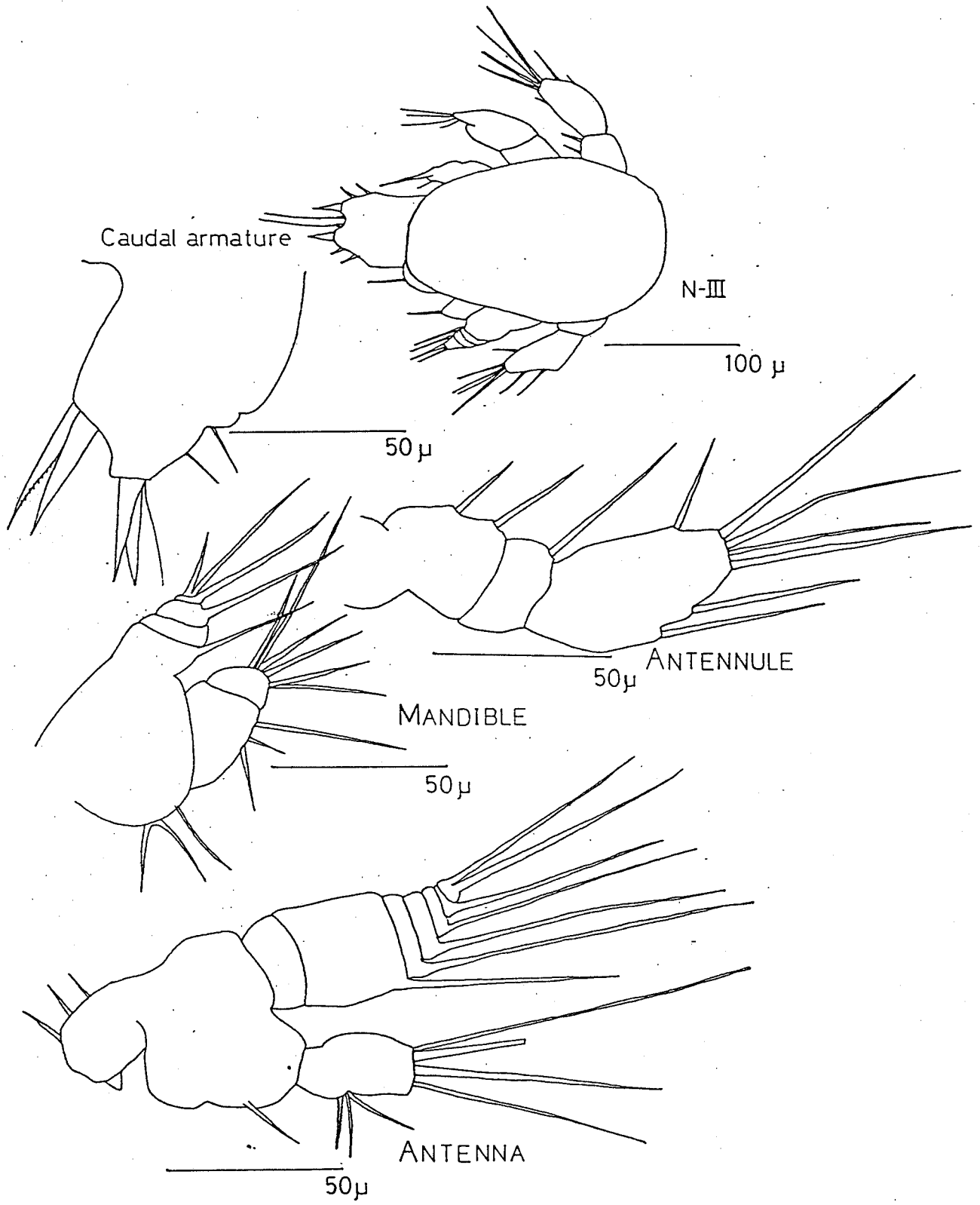


PLATE-V

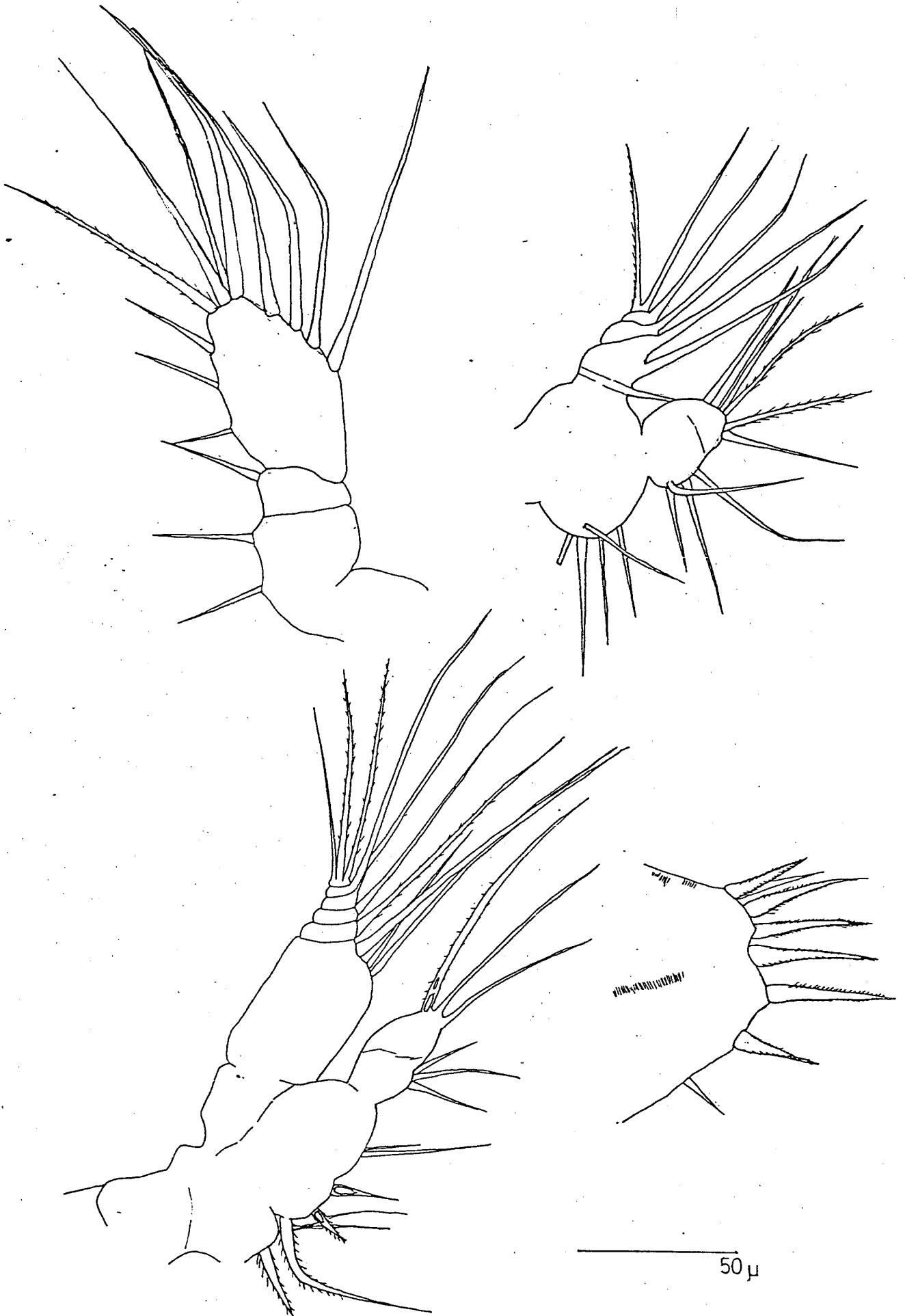


PLATE-VI

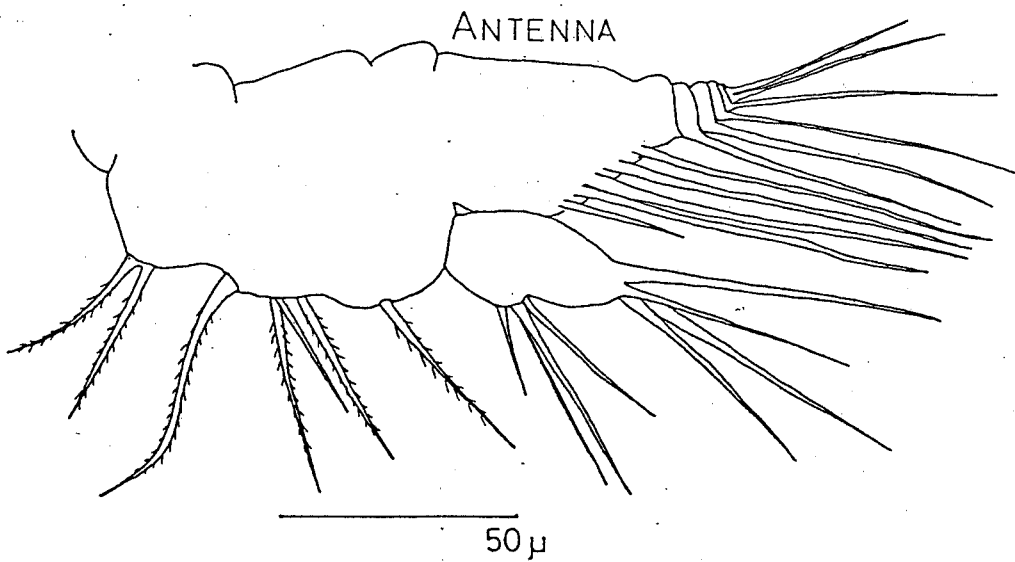
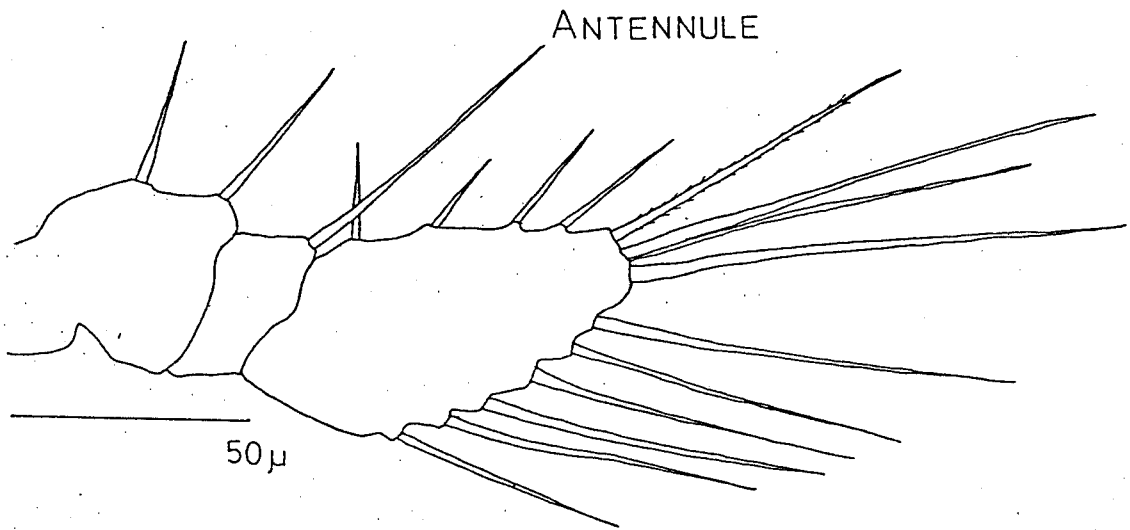
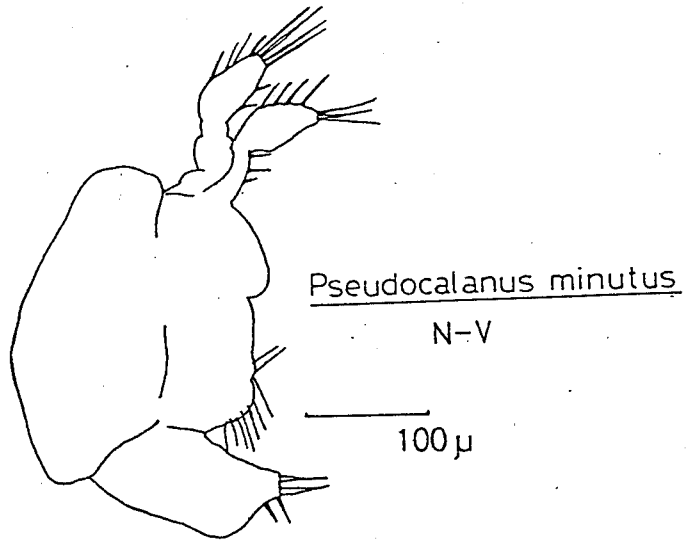


PLATE-VII

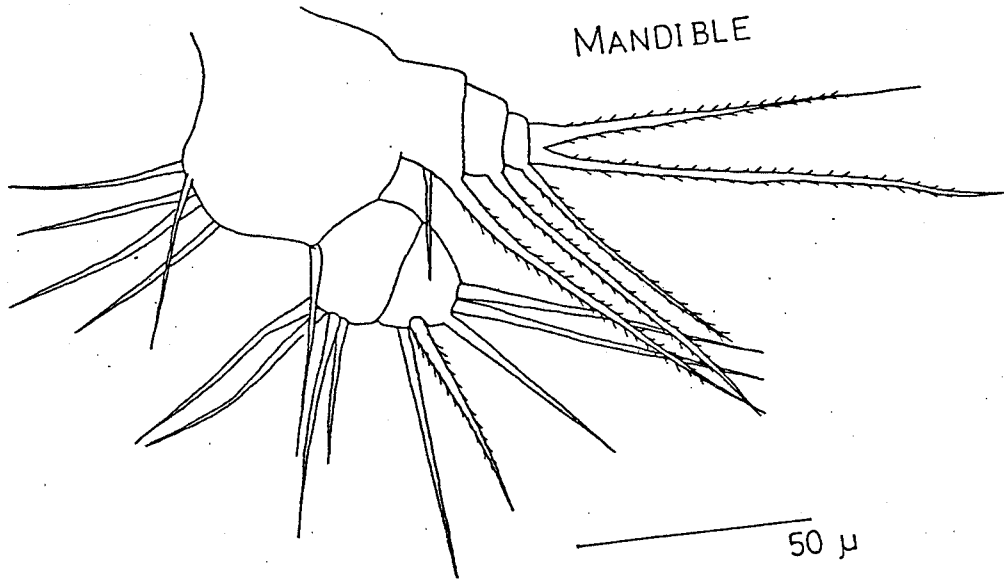
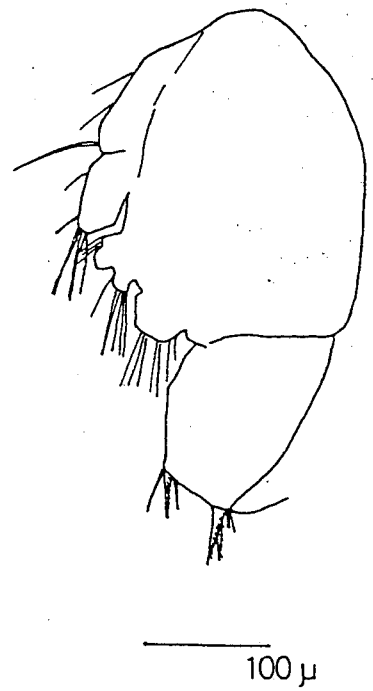
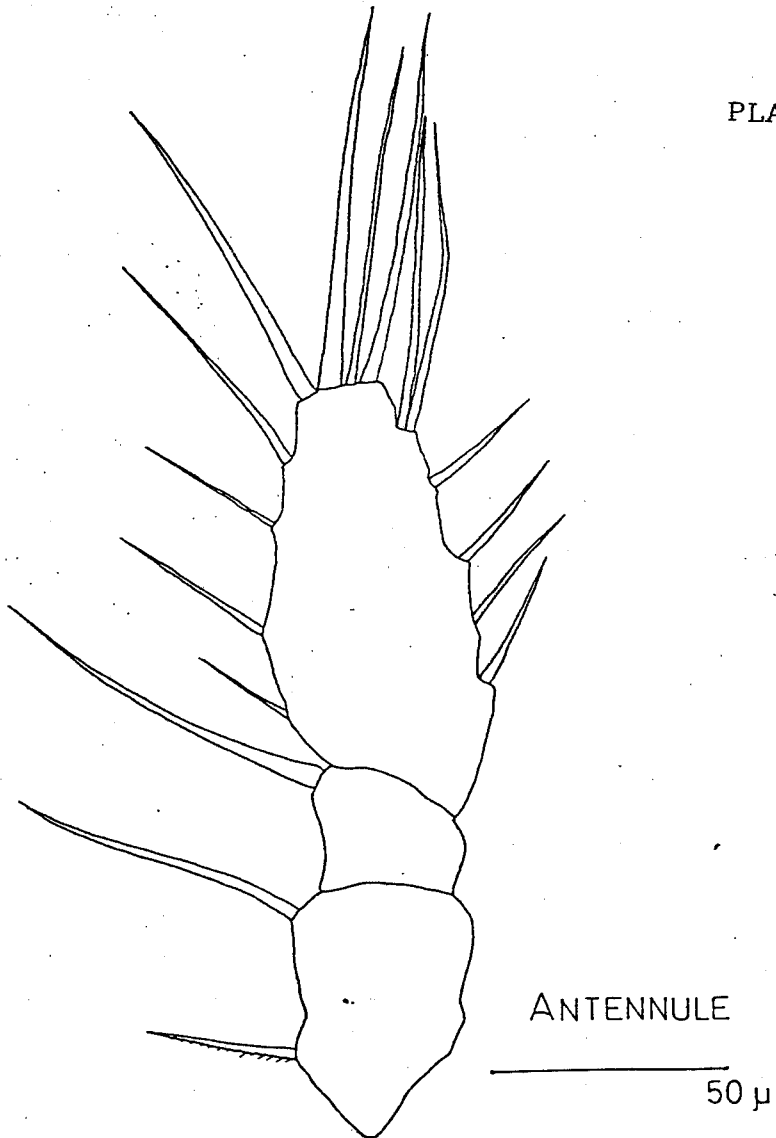
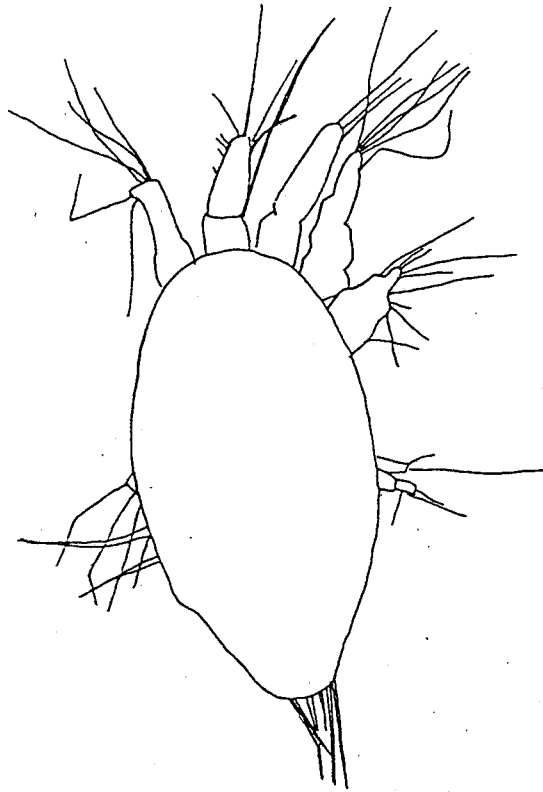


PLATE-VII

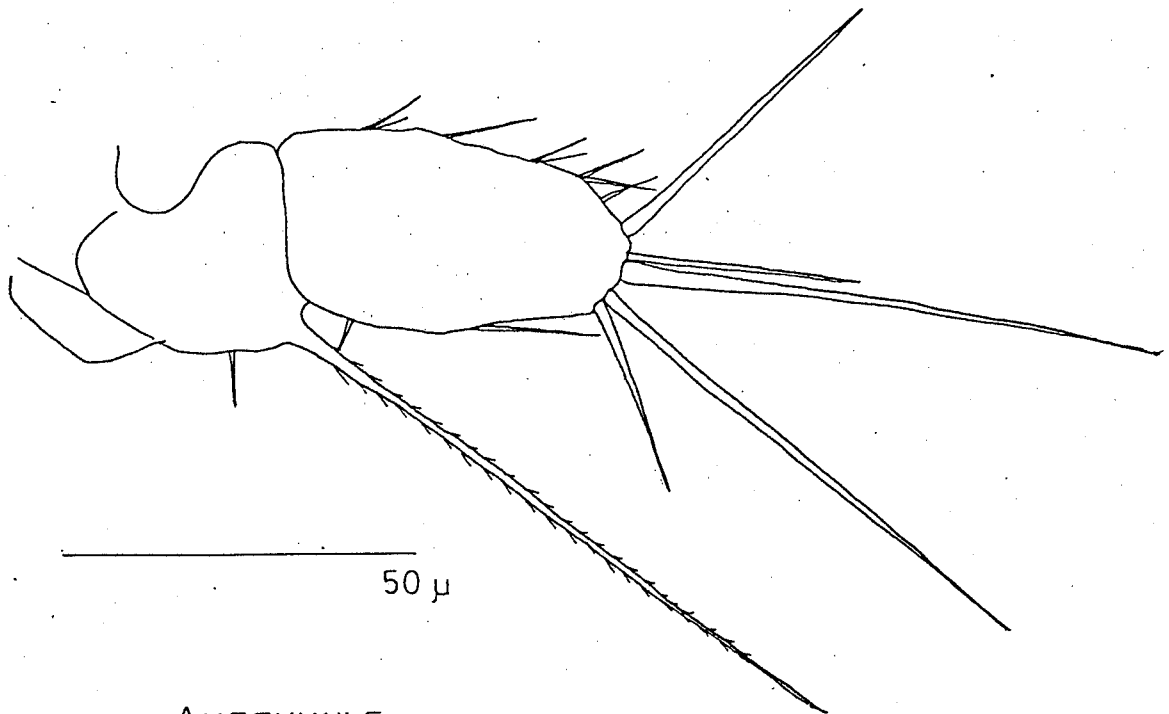




Oithona spp.

N-IV

100  $\mu$



50  $\mu$

ANTENNULE

PLATE-IX

Calanus sp.

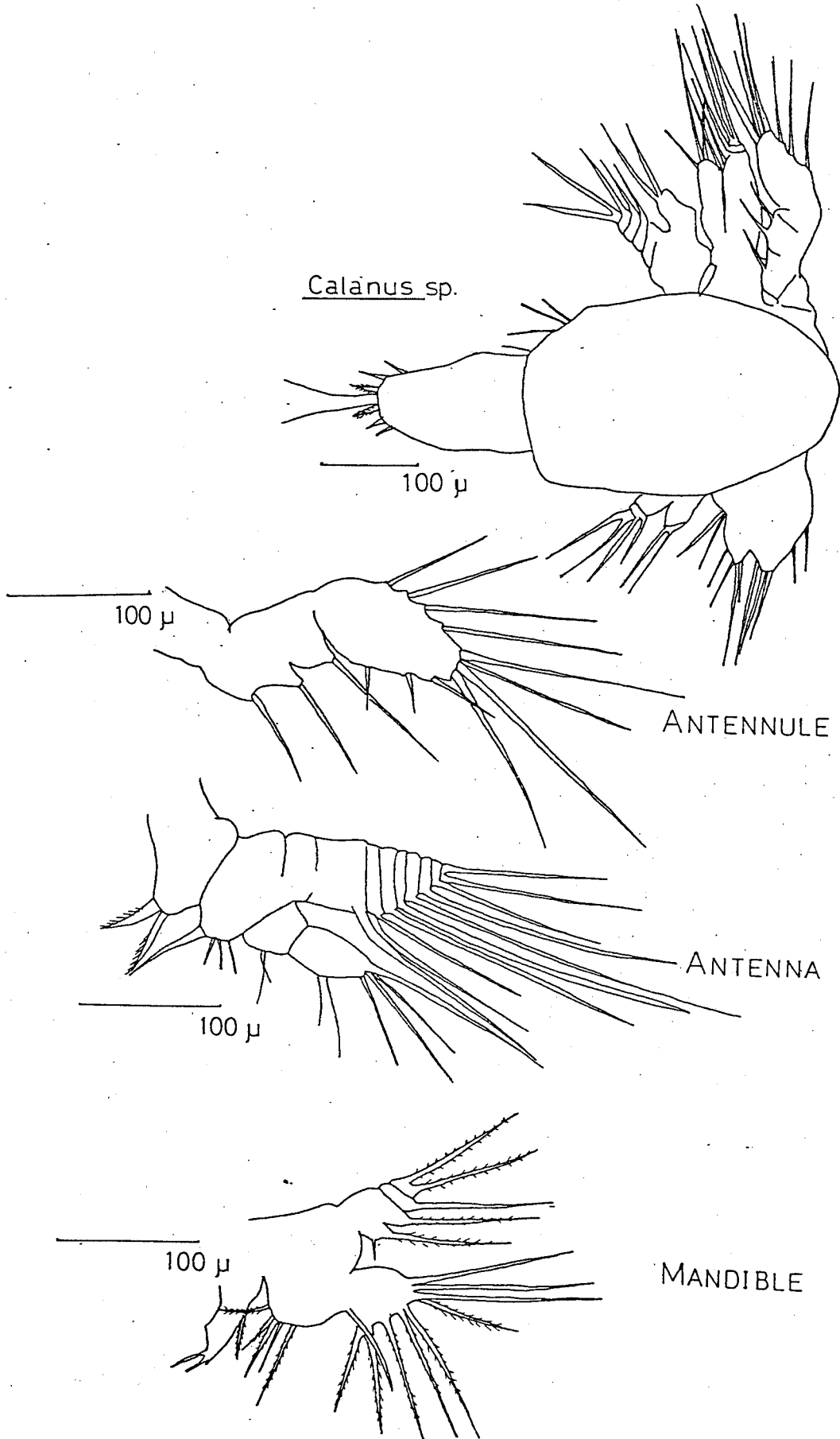


PLATE-X

Calanus sp. N-VI

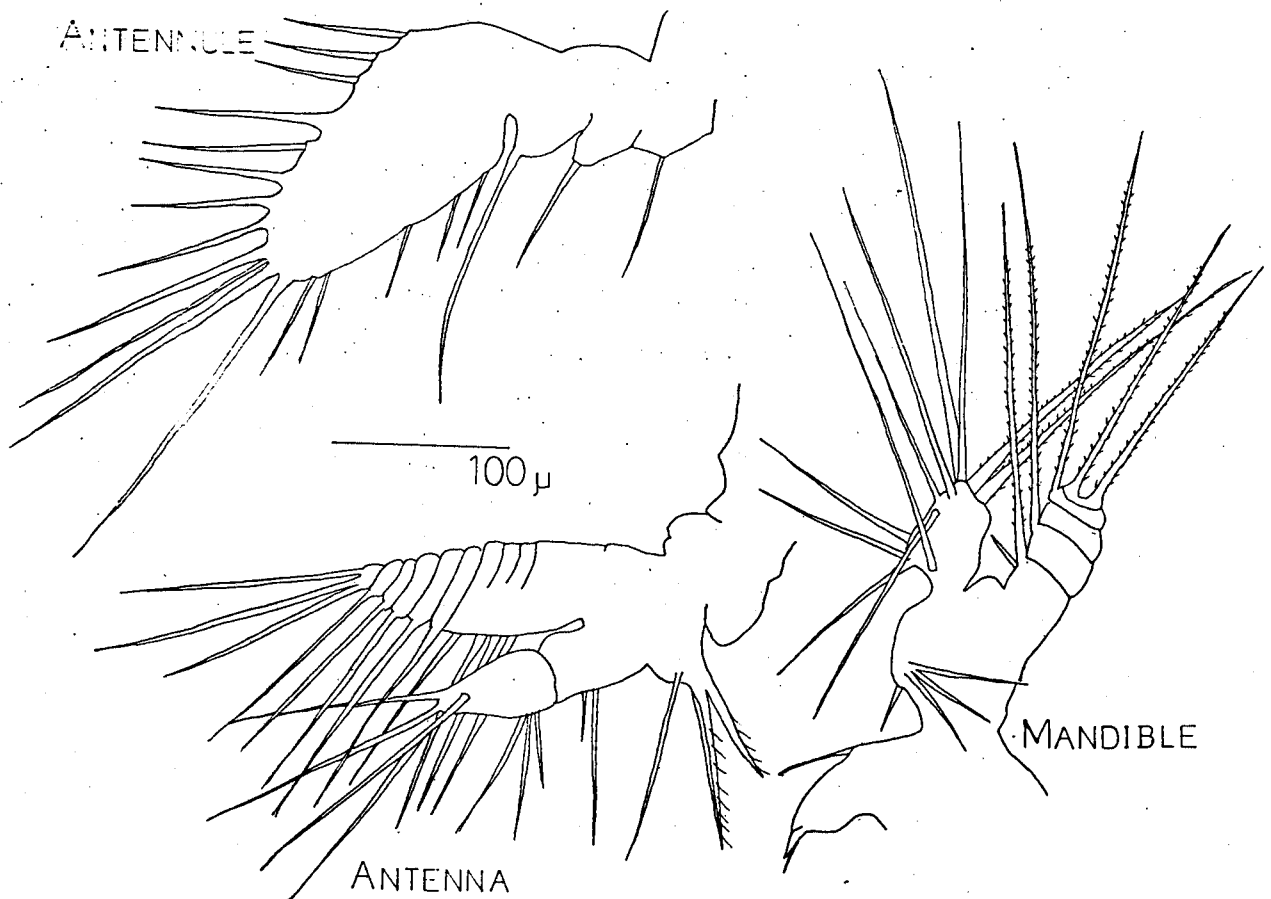
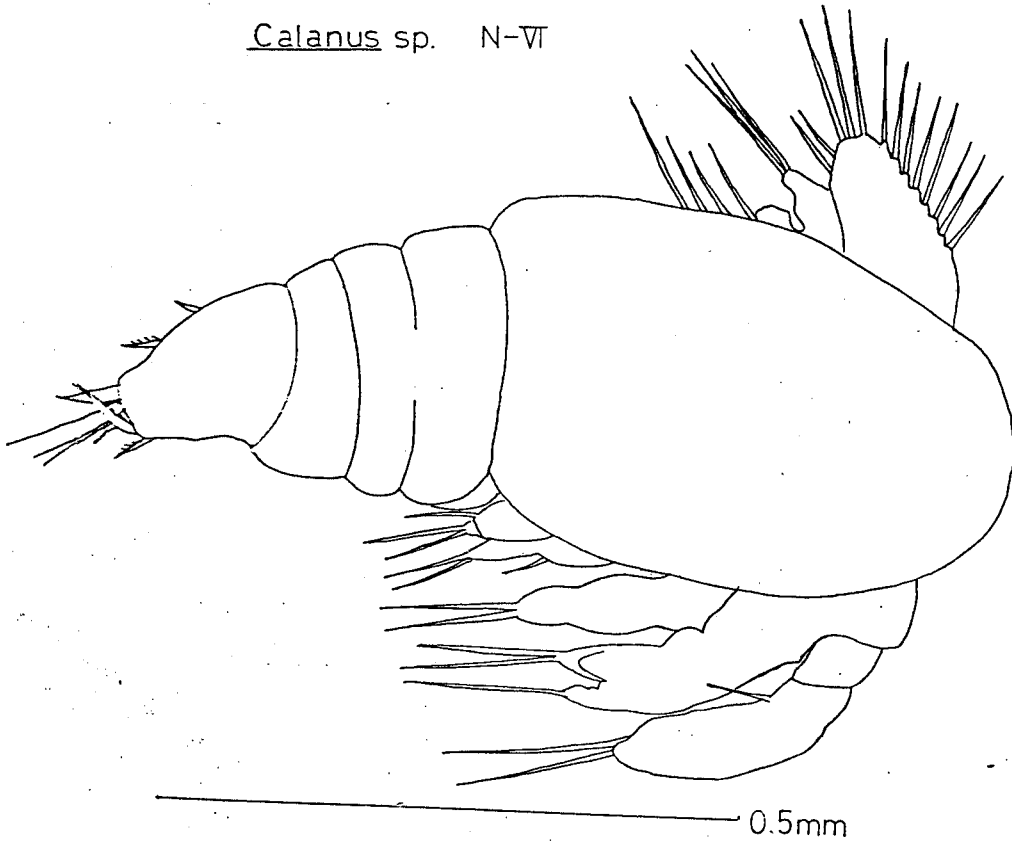
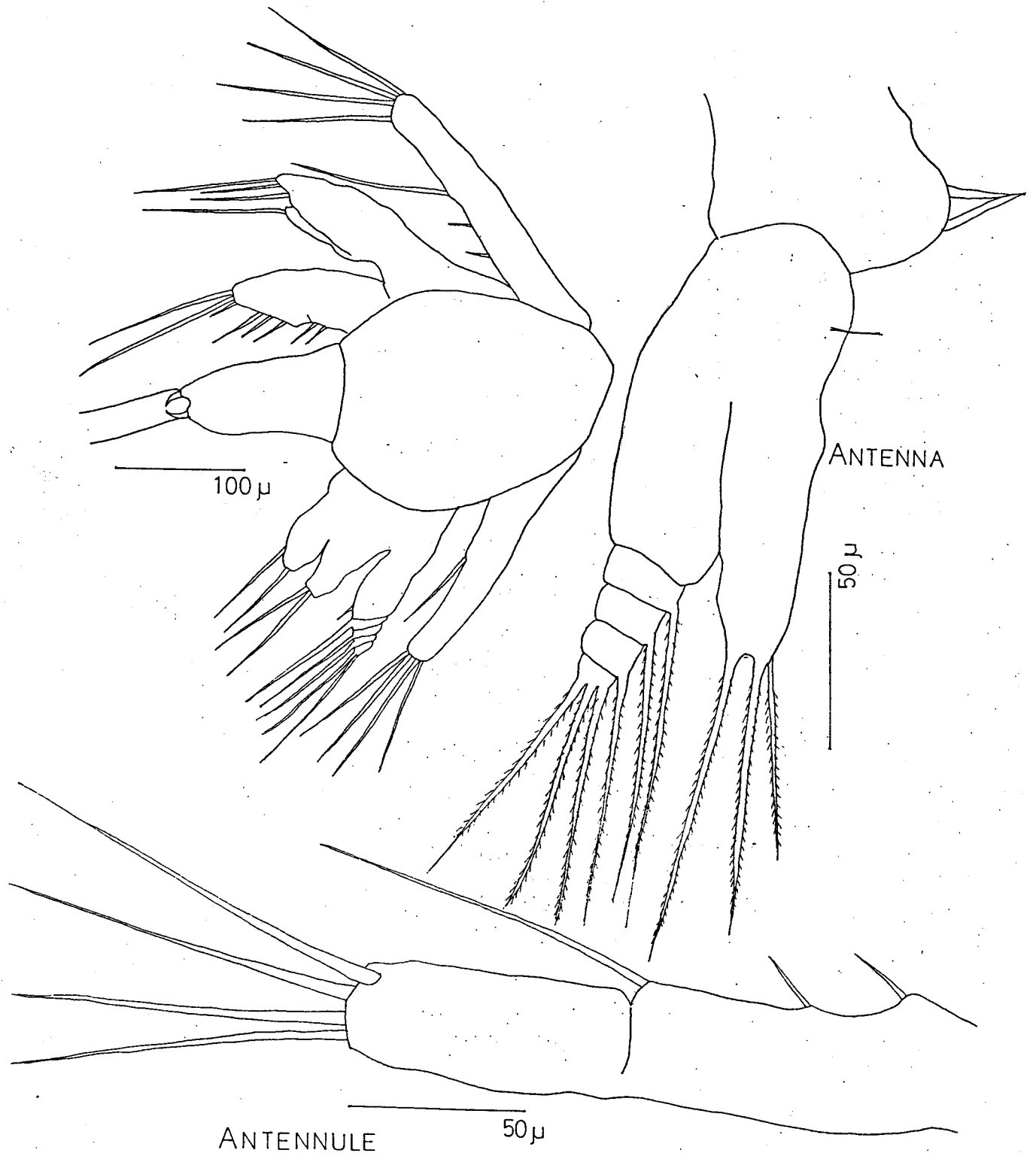


PLATE-XI



Eucalanus bungii bungii N-II