

北海道中部太平洋沿岸域における動物プランクトンの 昼夜移動とサケ幼稚魚の摂餌生態

関 二郎・清水幾太郎

〒062-0922 札幌市豊平区中の島2-2 水産庁さけ・ます資源管理センター

Diel Migration of Zooplankton and Feeding Behavior of Juvenile Chum Salmon in the Central Pacific Coast of Hokkaido

Jiro Seki and Ikutaro Shimizu

Research Division, National Salmon Resources Center, Fisheries Agency of Japan,
2-2 Nakanoshima, Toyohira-ku, Sapporo 062-0922, Japan

Abstract.— In the Pacific coastal waters of Hokkaido, zooplankton were collected with simultaneously horizontal tow nets from 7 different layers on sunset, mid-night, sunrise, and noon of May 14-15 and June 13-14, 1991. In addition, distribution and feeding habits of juvenile chum salmon were investigated in the same area from late May to early July of 1987 and 1988. Chum salmon juveniles were mainly distributed in the coastal waters less than 20 m in depth, and fed mainly on *Evadne nordmanni*, *Eucalanus bungii*, *Neocalanus* spp., *Pseudocalanus* spp., *Eurytemora headmanii*, *Metridia pacifica*, *Acartia longiremis*, *Acartia tumida*, *Vivalvia*, *Fritillaria* sp. and *Oikopleuridae*. Plankton net samplings indicated that these cold water type zooplankton species were predominated in May, and their density was 2-15 times higher than in June. Most zooplankton species showed diel vertical migration, being most abundant between surface and 10 m in depth in May. In June, however, zooplankton became most abundant at layer of 30 m in depth, and the density of zooplankton decreased remarkably near surface layers where juvenile chum salmon might migrate for feeding. Despite it, the feeding condition was successful in chum salmon juveniles which were distributed in shallow waters (5-15 m in depth). The prey organisms might be supplied to salmon juveniles in coastal shallow waters by the limited vertical migration of zooplankton and by up welling.

Key words: coastal waters, zooplankton, vertical migration, juvenile chum salmon, prey

緒 言

春季の北海道沿岸はサケマス幼稚魚の主要な生活の場であり、この時期のサケマス幼稚魚は主に浮遊性あるいは底棲性の動物プランクトンや稚仔魚類を餌として利用している（関ら 1982）。サケ（*Oncorhynchus keta*）幼稚魚は表面付近を主な遊泳層としていることから（Moulton 1997）、サケ幼稚魚の餌料生物量は直接的には遊泳層内での現存量に依存しており、表面付近の動物プランクトン量はサケ幼稚魚に対する餌料環境を左右していると考えられる。しかし、サケ幼稚魚

の餌料生物となっている動物プランクトンや稚仔魚類の多くの種類は昼間に降下し、夜間に浮上する能動的な鉛直移動を行うことが知られている（元田 1972; Gray 1998）。

サケやカラフトマス（*O. gorbuscha*）稚魚は、夜間や暗黒下では摂餌しないことから（Bailey et al. 1975; 帰山 1986）、これらの摂餌には視覚が重要な役割を果たし、摂餌時間は日長時間に左右される。視覚によって摂餌を行う捕食者にとって、餌として利用可能な動物プランクトンは目視可能な照度下で、遊泳層内に分布する個体に限られる。そのため、動物プランクトンの昼間の降下移動は、サケ幼稚魚の遊泳層内で直接利用可能な餌料生物の減少をもたらしていると言える。昼間に動物プランクトンは下部で高い分布密度を持つが、これらのサケ幼稚魚の餌としての利用度合は、餌

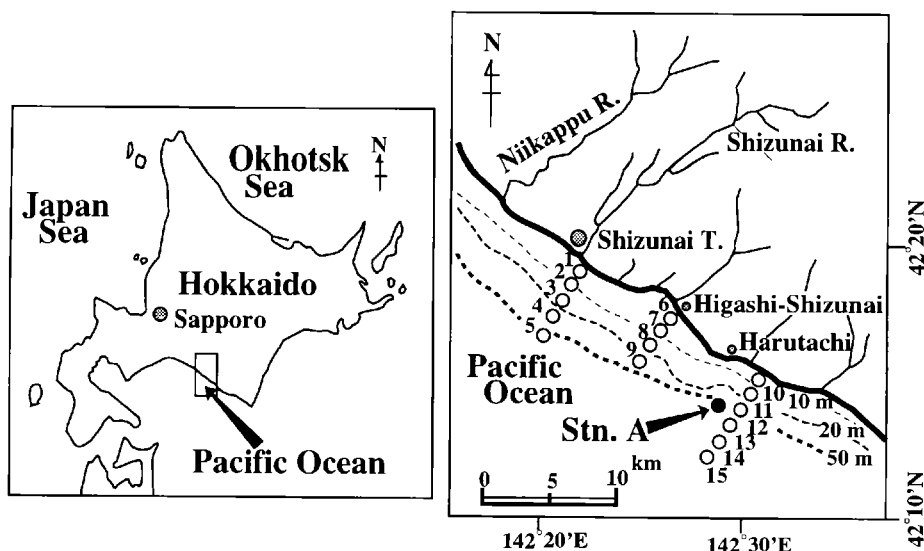


Fig. 1. Map showing sampling locations. Juvenile chum salmon were captured at stations 1-15, and zooplanktons were collected at station A.

の現存量を推定する重要な要素と考えられる。

本報告では、北海道中部太平洋沿岸域におけるサケ幼稚魚の主要な餌料生物を明らかにするとともに、主な餌生物である動物プランクトンの昼夜の鉛直分布から、その移動特性と、サケ幼稚魚の餌として利用される条件について検討した。

材料および方法

動物プランクトンの採集は1991年5月14-15日と6月13-14日の2回にわたり、静内町春立沿岸の2 km 沖合水深50 mの定点Aで行った (Fig. 1)。採集は日没時、真夜中、日出時、正午および日没時の5回行ったが、6月14日の日没時の採集は波浪のため中止した。日没時刻と日出時刻は採集日により異なり、5月14-15日の日出から日没までの時間は、6月13-14日より2時間30分短かった (Fig. 2)。

動物プランクトンの採集は、口径30 cm、側長180 cm、網目0.23 mm (ニップ70目)のネットを用い、0, 1, 3, 5, 10, 20および30 mの7層について、船速2 ktで水平同時採集を5分間行った。なお、1 mと20 m層のネットには濾水計を取り付け濾水量を求めた。採集終了時に水温塩分の鉛直分布をSTD (AST-1000, アレック社製)を用いて測定した。

サケ幼稚魚の採捕は静内町沿岸に3線を設け、水深5 mの海域を最も岸寄りの定点とした。そのため、離岸距離は0.2-0.5 kmと一定しなかった。次の定点は距岸0.9 km (0.5 mile)とし、さらに距岸1.8 km (1 mile)毎に最大7.2 km (4 mile)までの間で3-6定点の延べ15定点を定めた (Fig. 1)。サケ幼稚魚の採捕は長さ150 m、網丈10 m、網目9.5-27 mmの巻網を用い、1987年と1988年の5月中旬から7月上旬の間に各年3

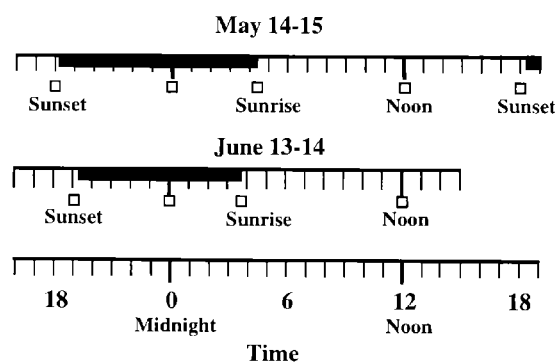


Fig. 2. Sampling times of zooplanktons on May 14-15 and June 13-14, 1991. Shaded areas show night.

回ずつ行った (Table 1)。なお、海況により採集定点数を削減した。

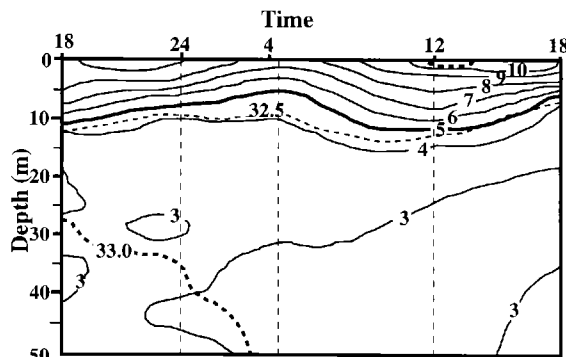
採集したサケ幼稚魚と動物プランクトンは、10%中性ホルマリン海水で保存し実験室に持ち帰り、サケ幼稚魚は尾叉長、体重、胃内容物重量の測定を行った。さらに、1定点につき最大50個体について胃内容物の計数を行った。動物プランクトンは湿重量の測定と個体数の計数を行い、濾水量から1 m³当たりの値に換算した。胃内容物と動物プランクトンの計数は原則として種毎に行い、カイアシ類とオキアミ類については雌雄および発育ステージまで行った。しかし、それらの判別の出来ないものは、より高次の分類単位に止めた。北海道の太平洋沿岸では*Pseudocalanus*属は*P. minutus*と*P. newmani*が (山口・志賀 1997)、*Neocalanus*属は*N. plumchrus*と*N. flemingeri*が分布するが、本報告ではともに区分せず、*Neocalanus* spp.および*Pseudocalanus* spp.とした。

結果

水温と塩分の鉛直分布 動物プランクトン採集を行った5月14日の日没時の表面水温は8℃台で、日出時には7℃まで低下し、その後再び10℃台に上昇した。水深10 m以浅に水温躍層が形成され、10 m付近に見られた5℃ラインは、5月15日の日出時と日没時は8 mまで上昇した。塩分の鉛直分布の経時変化は少なく最小値は15日正午の表面での32 PSUで、10 m付近に32.5 PSUのラインが水温4-5℃に沿うように形成された。6月13-14日の表面水温は12-13℃台で5月より2℃程度上昇した。水深10 mに7℃のラインが形成され、表面と10 mの水温差は5-6℃となり、水温躍層は発達した。塩分は8 m付近に32.5 PSUのラインが形成された (Fig. 3)。

動物プランクトンの組成 動物プランクトンの個体数は採集時刻により変動し、最大と最小の差は4倍以上に達した。また、時期的変動も大きく、5月は6月の2-15倍に達した。5月には、14日の日没時に20 m層に第1極大、5 mに第2極大が形成され、真夜中には第1極大は3 m層に上昇した。日出時は5-10 m間で最大となり個体数は 2×10^4 個体/m³を越えたが、正午には第1極大は20 m層に降下した。6月には第1極大は常に30 m層に見られたが、日没時の10 m層、真夜中の表面と3 m層、日出時の3 mおよび10 m層にも小さな極大を形成した (Fig. 4)。

May 14-15



June 13-14

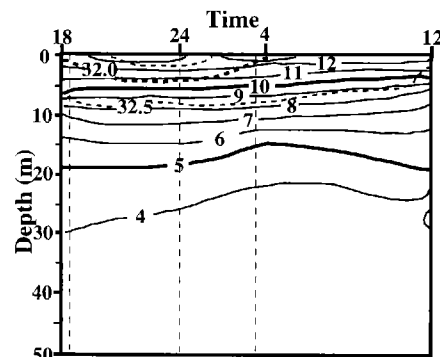
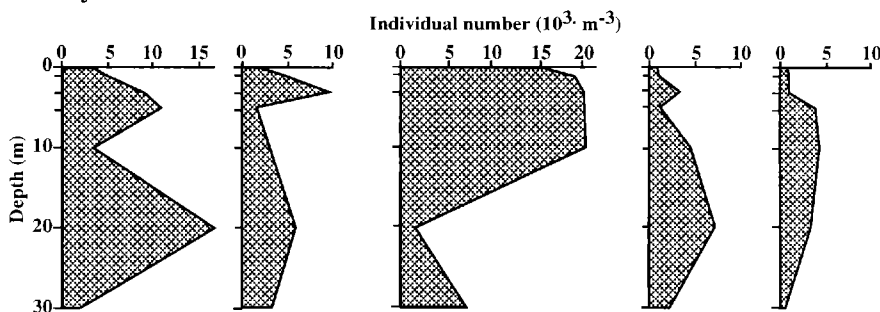


Fig. 3. Diel changes in vertical distribution of temperature (solid line) and salinity (broken line) on May 14-15 (upper) and June 13-14 (below), 1991.

May 14-15



June 13-14

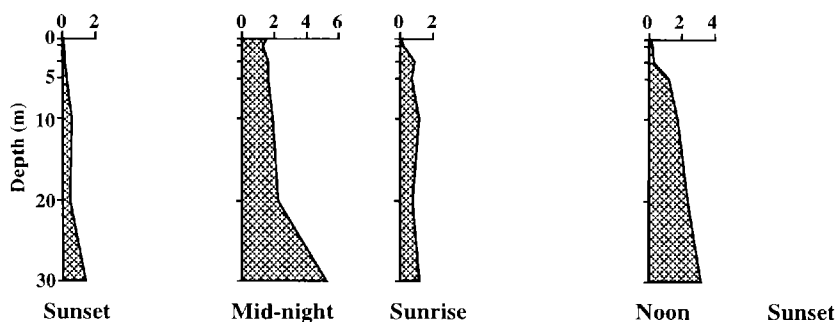


Fig. 4. Diel changes in vertical distribution of zooplankton at station A on May 14-15 (upper) and June 13-14 (below), 1991.

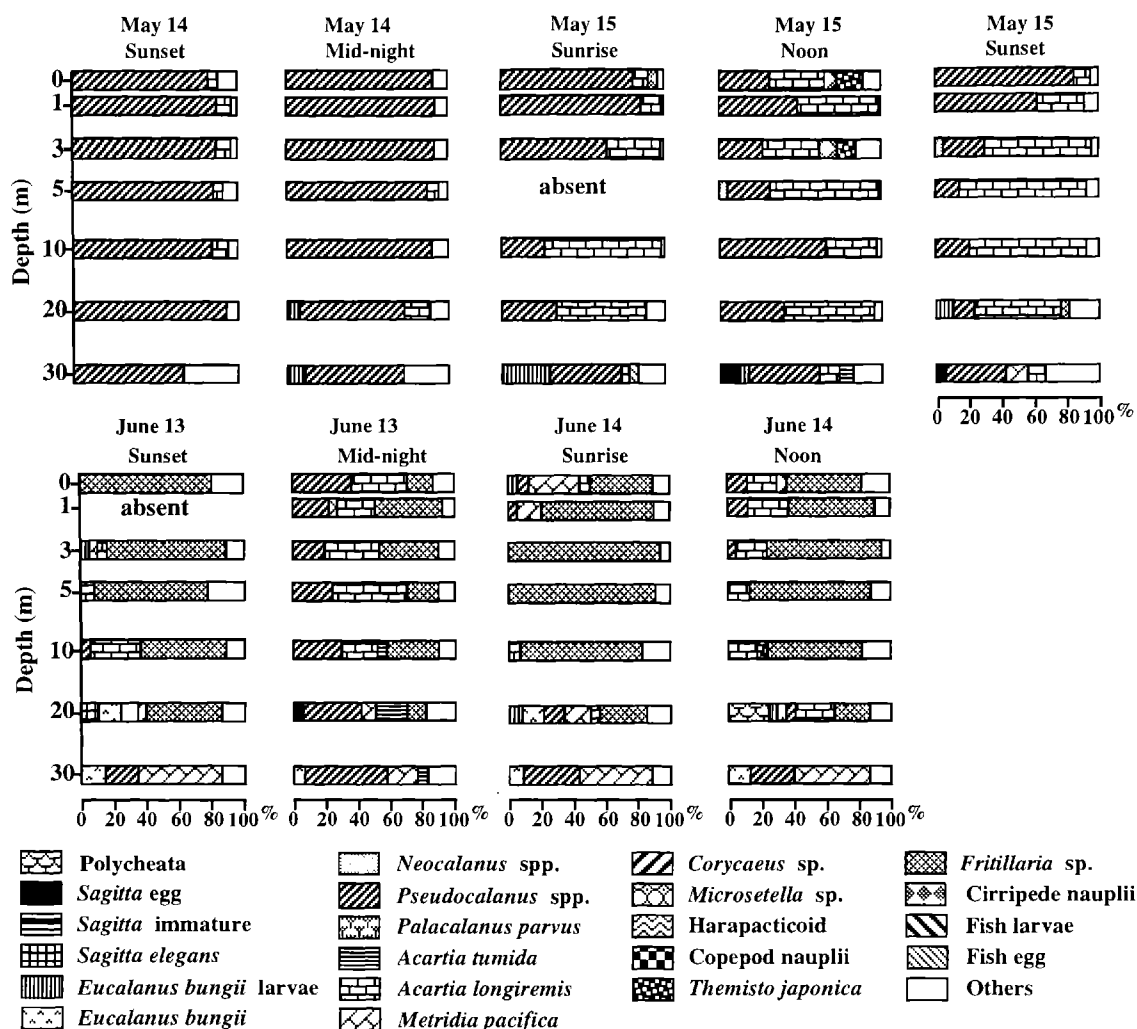


Fig. 5. Compositions of main zooplankton items (occupied over 5%) in each sampling layer and sampling time on May 14-15 and June 13-14, 1991.

5月と6月の各層の個体数で5%以上を占めた動物プランクトンの分類群は延べ21分類群であった (Fig. 5). 5月の各採集層で優占したのは *Pseudocalanus* spp. か *Acartia longiremis* のいずれかであった. *Pseudocalanus* spp. は14日の日没時と真夜中に全層で60%以上を占め, 15日の日出時の0, 1および3 m層, 正午の10 m層, 日没時の0および1 m層でも優占した. *Acartia longiremis* は15日の日出時以降に増加し, 日出時の10および20 m, 正午の5 m, 日没時の3-20 mで60%以上を占めた. すなわち, *Pseudocalanus* spp. は14日の真夜中まで優占し, *A. longiremis* は15日の日出時以降の3-20 m層で増加した.

6月は表面から20 m層まで *Fritillaria* sp. が出現し, 13日の日没時の0-20 m層, 14日の日出時および正午の0-10 m層で本種が卓越した. 真夜中には全層で総個体数が増加し, 高い割合を占めたのは5 m以浅では *A. longiremis* で, 10 m以深では *Pseudocalanus* spp. であ

った. *Metridia pacifica* と *Acartia tumida* は常に30 m層に出現し, *M. pacifica* は真夜中を除き30 m層で50%以上を占めた. 1987年と1988年のサケ幼稚魚の採集と同時にを行った同時多層曳きによる動物プランクトンの採集結果でも *Pseudocalanus* spp. と *A. longiremis* が優占した (関・清水 未発表).

動物プランクトンの鉛直分布 *A. longiremis*, *Pseudocalanus* spp., *Neocalanus* spp., *M. pacifica*, *A. tumida*, *Eucalanus bungii*, *Fritillaria* sp. および *Evadne nordmanni* の8分類群は動物プランクトン群集での出現割合は高く, サケ幼稚魚による最大摂餌数も10個体以上であった. これらの8分類群の個体数の昼夜の鉛直分布を Figs. 6-9 に示した.

Acartia longiremis は5月には日没時と真夜中には3 mと20 m層に極大を形成したが, 個体数は最大でも718個体/m³で, 15日の日出時は10 m層に極大を持ち, 個体数は14,000個体/m³に上った. 本種は正午には3

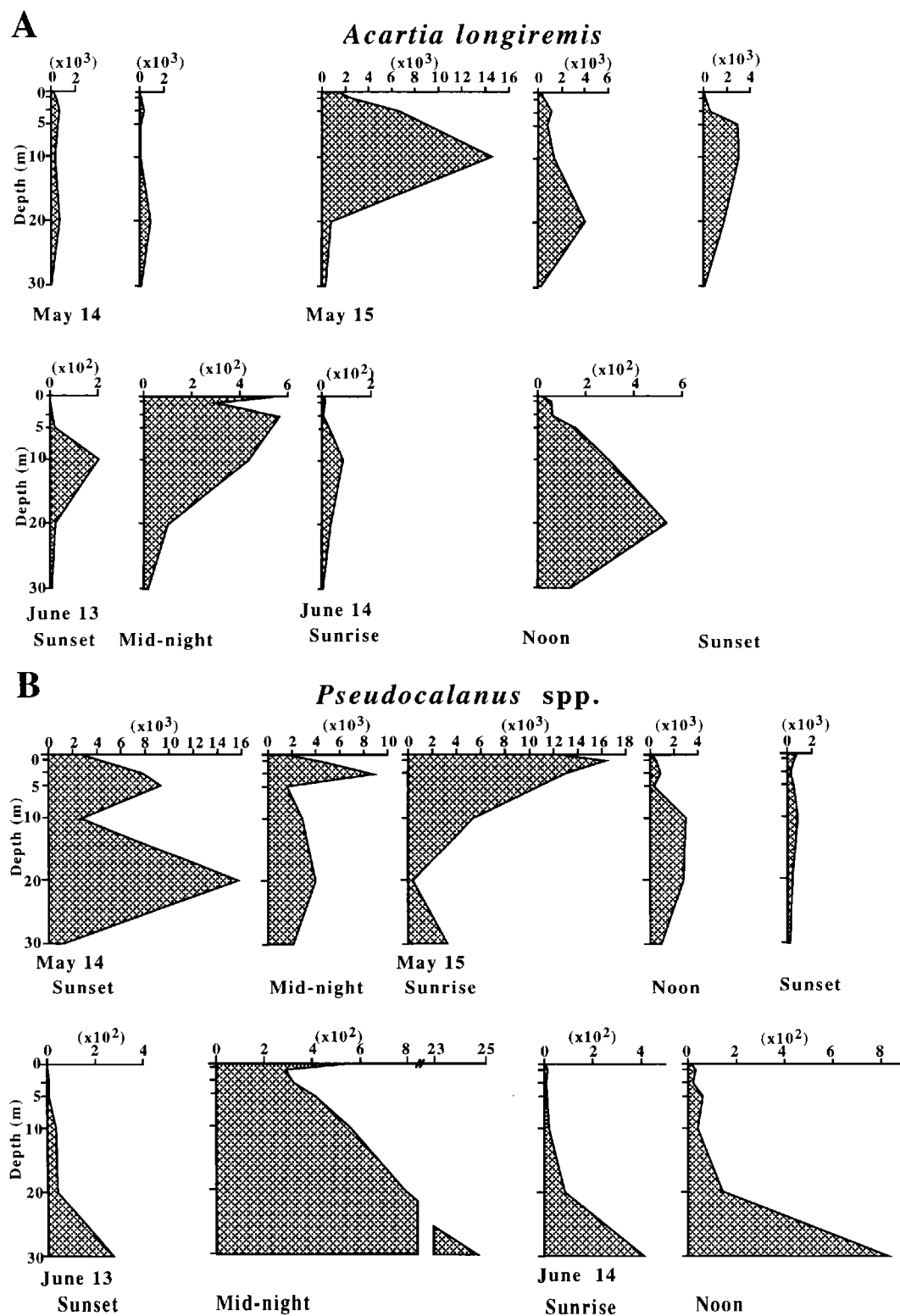


Fig. 6. Diel variation in the vertical distribution of *Acartia longiremis* (A) and *Pseudocalanus* spp. (B) on May 14-15 and June 13-14, 1991.

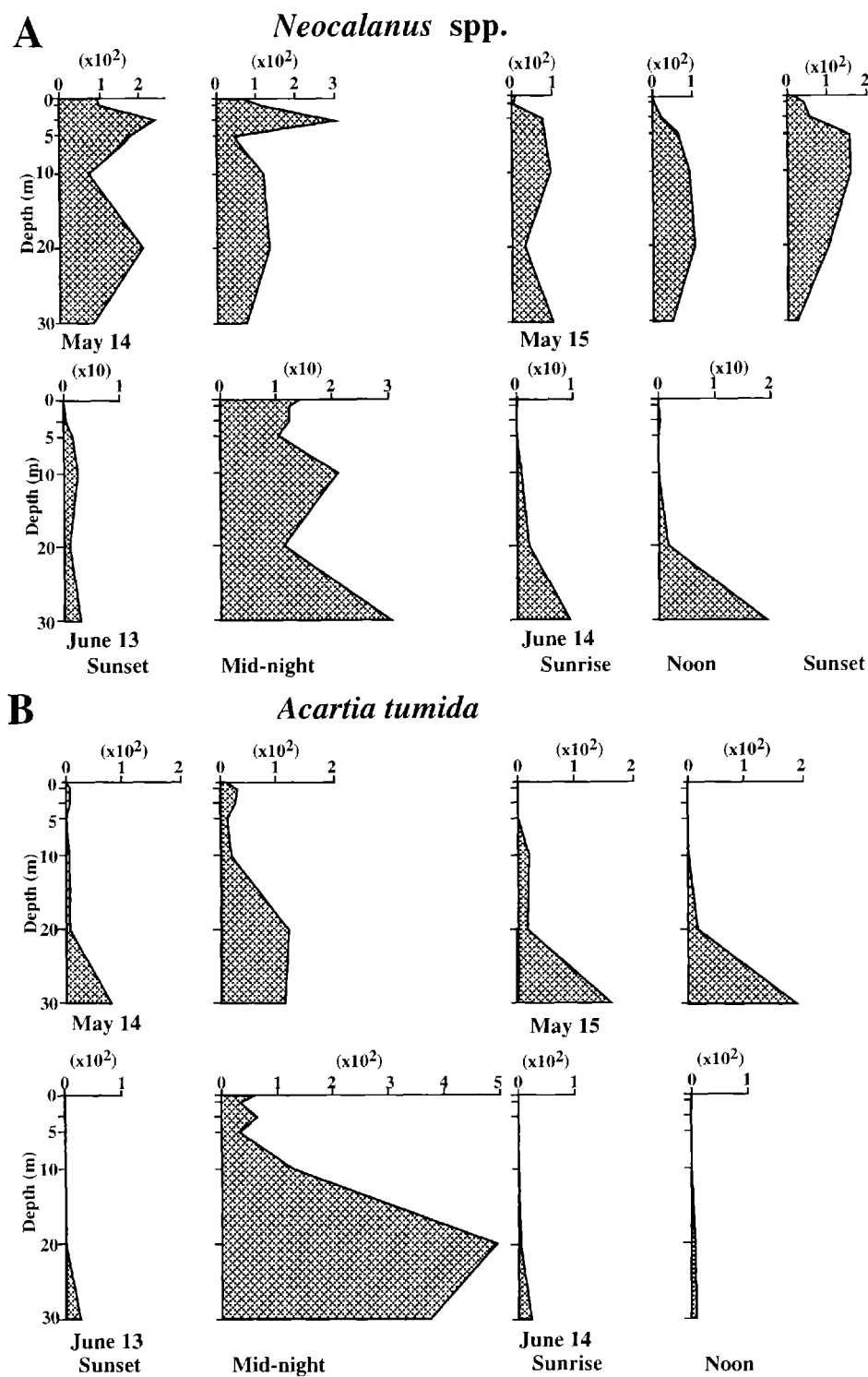


Fig. 7. Diel variation in the vertical distribution of *Neocalanus* spp. (A) and *Acartia tumida* (B) on May 14-15 and June 13-14, 1991.

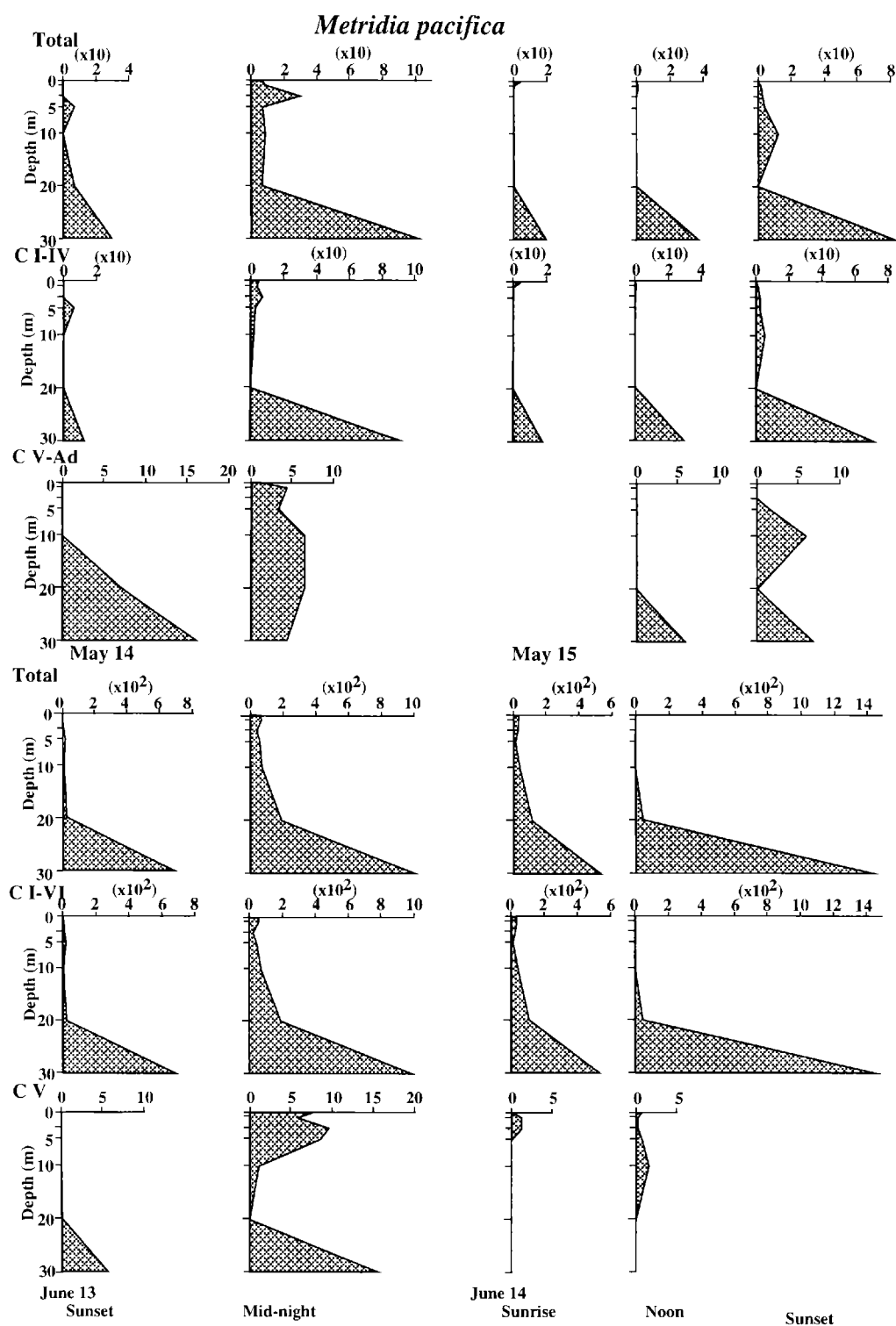


Fig. 8. Diel variation in the vertical distribution of *Metridia pacifica* according to the development stages of copepodite (C) I-IV and CV-adult on May 14-15 and June 13-14, 1991.

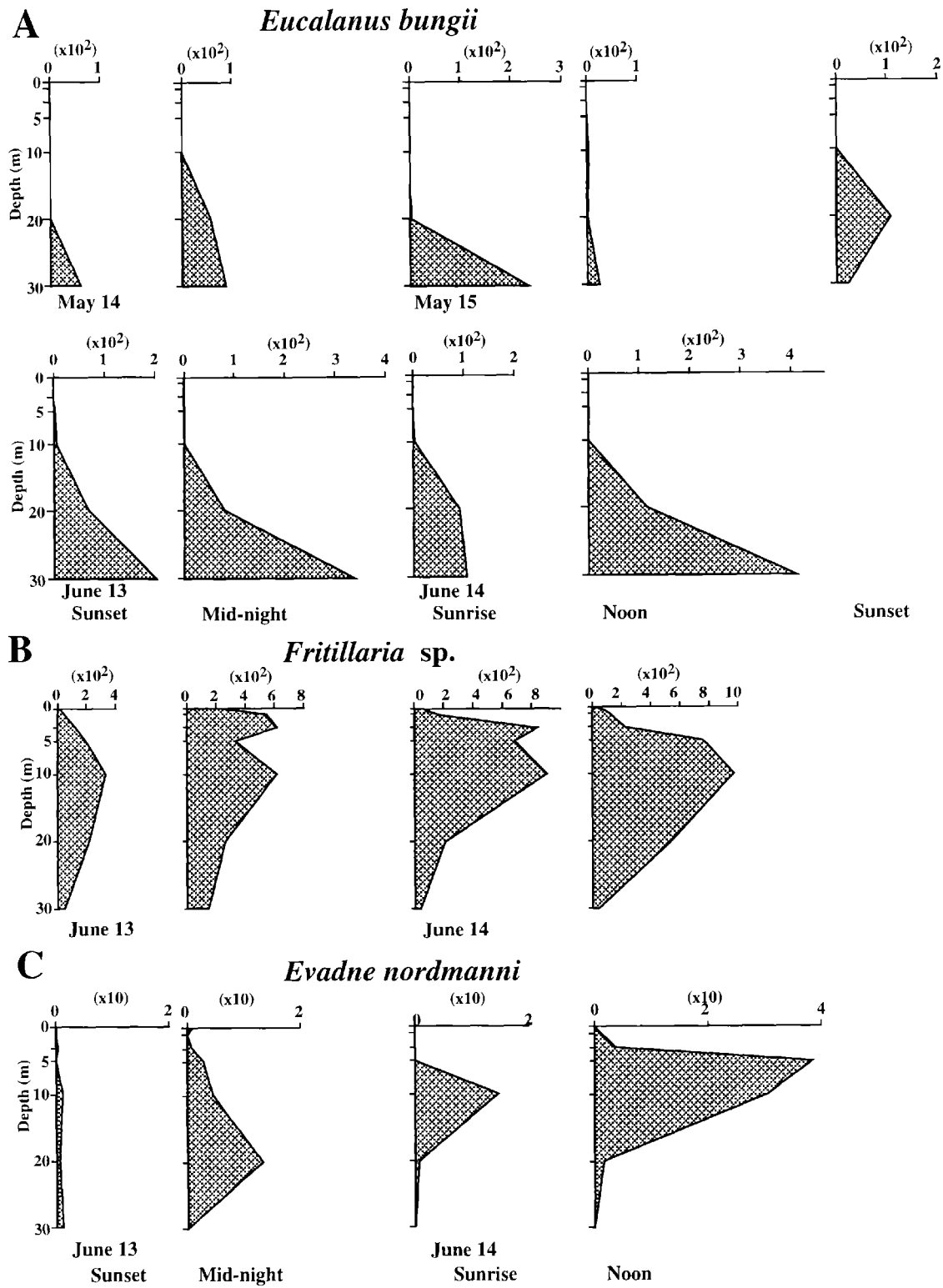


Fig. 9. Diel variation in the vertical distribution of *Eucalanus bungii* (A), *Fritillaria* sp. (B), and *Evadne nordmanni* (C) on May 14-15 and June 13-14, 1991.

mと20 m層で極大を形成し20 m層で卓越し、15日の日没時は5-10 m層で極大を形成し、14日の日没時と分布は異なった。6月には極大は日没時に10 m層に形成されたが、真夜中には表面と3 m層に上昇し、個体数も500個体/m³を越えた。極大は日出時に10 m、正午には20 mまで降下した (Fig. 6a)。出現したステージは5-6月を通じ雌雄のコペポディトV期 (CV) 以上の個体が76%以上を占めた。5月に卓越したのは雄成体で、その鉛直分布は*A. longiremis* 総個体数の分布と類似した ($r=0.99$)。また、個体数は少ないものの、雌のCVおよび成体 ($r>0.85$) と日出時を除く雄CVも鉛直分布は類似した。6月に優占したのは雌雄の成体で、鉛直分布は日没時、真夜中、日出時には性別、ステージにかかわらず類似した ($r>0.83$)。

Pseudocalanus spp. は5月には14日の日没時に第1極大は20 m層に、第2極大は5 m層に形成されたが、真夜中には第1極大は1 m層に上昇し個体数は16,000個体/m³を越えた。正午には第1極大は10 m層に降下した。14日の日没時に個体数は減少し、表面と10 m層に極大を持った。6月には第1極大は常に30 m層に形成され、真夜中には表面に、正午には5 m層に第2極大を形成した (Fig. 6b)。出現したステージは、5月には雄CVは真夜中を除き優占し、鉛直分布は総個体数と類似した ($r=0.96$)。

Neocalanus spp. は5月には14日の日没時から15日の日出時まで極大は2つ形成され、14日の日没時と真夜中の3 m層で個体数は250個体/m³以上に達した。第1極大は日出時には10 m層、正午には20 m層に降下したが、15日の日没時には再び5 m層に上昇した。6月には個体数は減少し、最多でも17個体/m³に過ぎなかった。第1極大は常に30 m層に形成され、第2極大は日没時と真夜中には10 m層に形成され、真夜中には表面に第3極大が見られた (Fig. 7a)。5-6月を通じコペポディトI-Vが出現し、常にCIIIまでの若い個体が優占した。

Acartia tumida の最大出現個体数は5月は187個体/m³であったが、6月には498個体/m³に増加した。5-6月を通じ第1極大は常に30 m層に形成された。5月14日の日没時に出現層は1 m層まで上昇し、真夜中には1 m層で第2極大を形成した。しかし、出現した最も浅い水深は、日出時は10 mに、正午には20 mに下降した。6月の日没時、日出時、正午には20 m以浅には出現しなかったが、真夜中には表面まで分布し個体数は大幅に増加した (Fig. 7b)。5-6月を通じCIから成体まで出現し、常に成体が優占した。

Metridia pacifica の総個体数とCI-IVの第1極大は5-6月を通じ常に30 m層に形成された。発育段階の進んだCVと成体は、5月には真夜中に第1極大は10 m層に上昇した。しかし、日出時には全採集層で出現しなかった。6月のCVも真夜中には3 m層に第2極大を形

成したが、日出時には0-3 m間にわずかに残留しただけであった。すなわち、*M. pacifica* のCV-成体の個体の多くは夜間表面付近まで浮上し、日出時以前には30 mより深い層に移動した。これに対し、CI-IVは常に30 m層に分布するものの、夜間に表面付近まで浮上する個体は少なかった (Fig. 8)。

Eucalanus bungii は5-6月とも主に20 m以深に分布し、5月15日の日没時を除き30 m層に第1極大を形成した (Fig. 9a)。優占したステージは5月は成体であったが、6月にはCI-CIIIの若い個体であった。

Fritillaria sp. は6月だけ出現し、最大出現個体数は971個体/m³であった。極大は、真夜中と日出時は3 mと10 m層に、正午と日没時には10 m層にみられ、常に10 m以浅に形成された (Fig. 9b)。

Evadne nordmanni も出現は6月だけであった。本種の極大は真夜中には20 m層に形成され、日出時には10 m層、正午には5 m層まで上昇し、個体数も増加した (Fig. 9c)。

サケ幼稚魚の分布と尾叉長組成 サケ幼稚魚は1987年に516尾、1988年に480尾が採捕された。採捕された定点は1987年5月19日と1988年6月2日には0.9 km以内の定点に限られ、採捕数もわずかであった。6月中旬以降に分布は最も沖の定点まで拡大したが、80%以上は1.8 kmまでの定点で採捕された (Fig. 10)。

採捕されたサケ幼稚魚の尾叉長の範囲は5-16.5 cmであった。尾叉長は6月半ばまでは増大したが6月下旬以降は減少し、岸寄りの定点で小さく沖側で大きかった (Fig. 11)。沖の定点まで広く分布した1987年6月9-10日、1988年6月14日の平均尾叉長は、6月14日の5.4 kmと7.2 km定点間を除き有意差が見られたが ($p<0.05$)、1987年6月25日には0.9 kmから3.6 kmの定点間では有意差は見られなかった ($p>0.05$)。

サケ幼稚魚の食性 採捕されたサケ幼稚魚から、1987年の304尾と1988年の251尾を胃内容物の分析に供した。1個体のサケ幼稚魚によって、10個体以上捕食されていた延べ30分類群の動物プランクトンをTable 1, 2に示した。30分類群の中で、16分類群は1987と1988年に共通して出現し、そのうち14分類群は、動物プランクトン群集で5%以上を占めた。サケ幼稚魚の摂餌頻度の高かった分類群は1997年6月9-10日の*Neocalanus* spp. と*A. longiremis* で、供試魚173個体中、107個体のサケ幼稚魚に捕食されていた。

サケ幼稚魚1個体による最大摂餌数で200個体を越えたのは、二枚貝、*E. nordmanni*、*Pseudocalanus* spp., *Eurytemora herdmanni*, *Fritillaria* sp., オタマボヤの6分類群であった。このうち*E. nordmanni* は3,000個体を越え、*E. herdmanni* も2,000個体を越えた。最大摂餌数で200個体を越えた分類群で、オタマボヤ、*E. nordmanni*, *E. herdmanni* は、動物プランクトン群集中では5%を超えることはなかった (Fig. 5)。

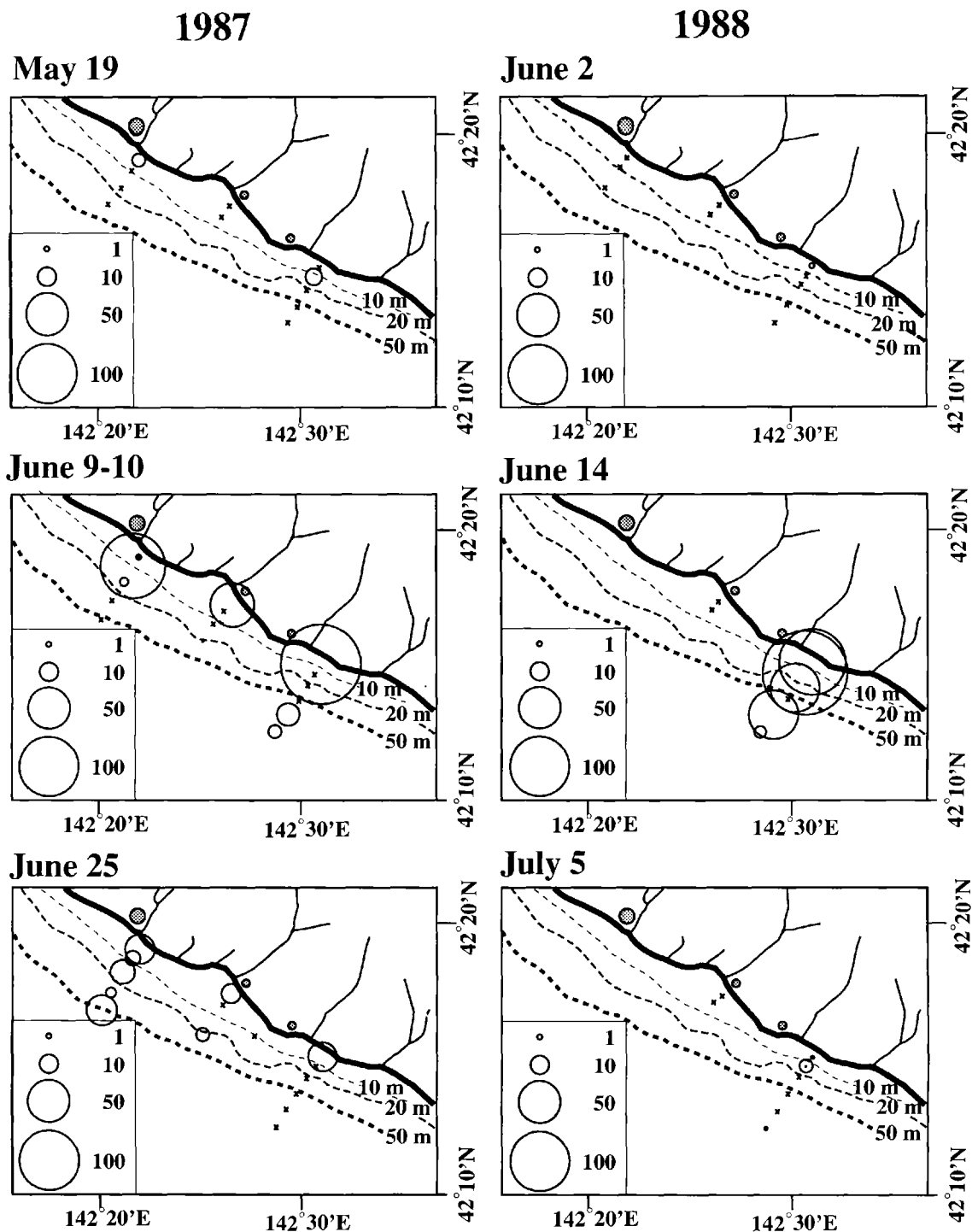


Fig. 10. Abundance of juvenile chum salmon captured by a seine net in the Pacific coastal waters near Shizunai between May and July, 1987 and 1988. Cross marks mean no fish capture. Dotted lines indicate depths. The distance of each line of the nearest station from shore are between 0.2 and 0.5 km.

M. pacifica は1988年6月2日と14日に餌として利用された。6月2日はサケ幼魚1個体に67個体捕食され、それらは全て雌雄の成体で占められていた。

考 察

日高沿岸では動物プランクトンの個体数は表面水温で8℃前後の5月中下旬に増大し、その後減少する

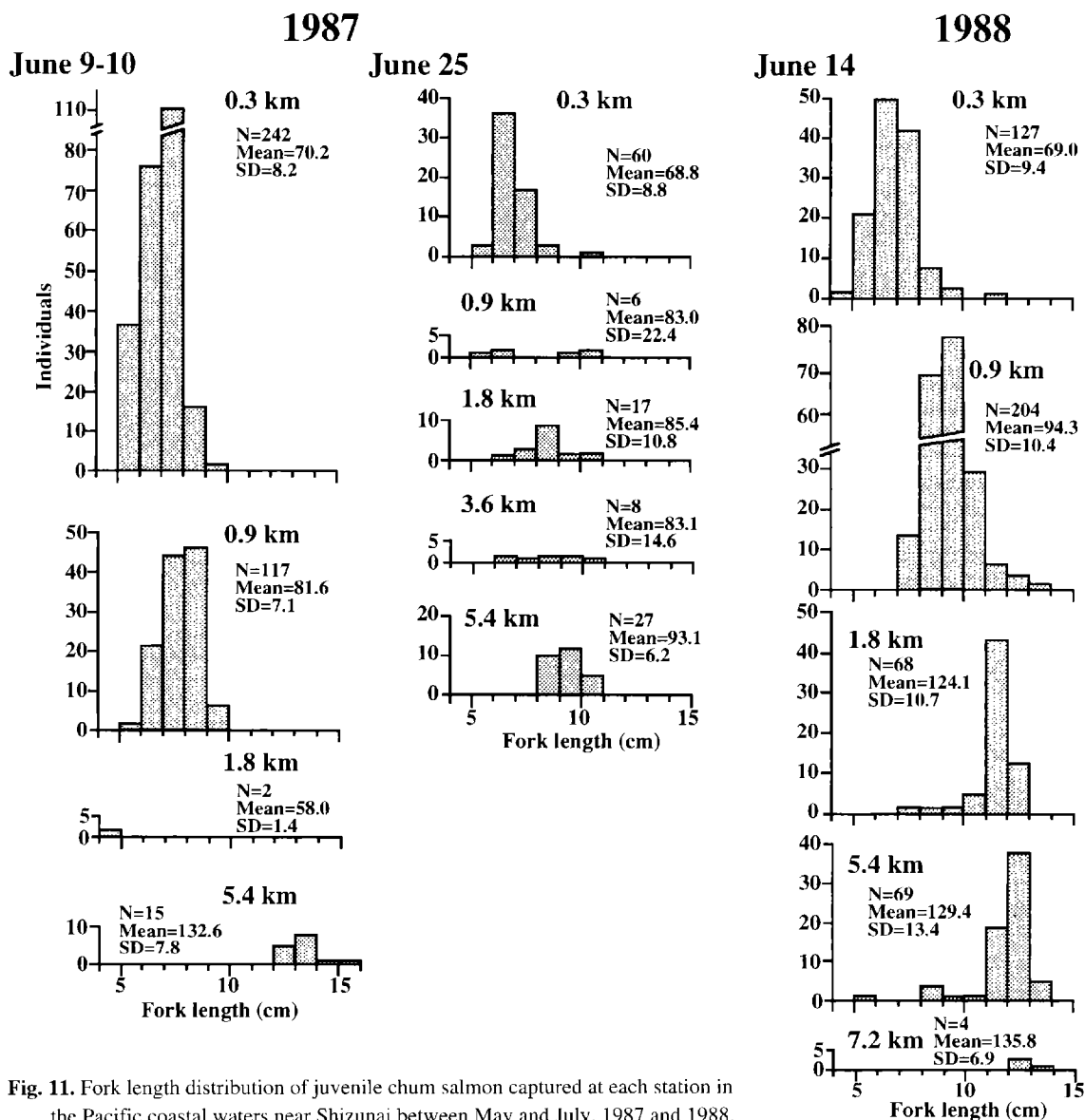


Fig. 11. Fork length distribution of juvenile chum salmon captured at each station in the Pacific coastal waters near Shizunai between May and July, 1987 and 1988.

(関・清水, 未発表). 本調査でも総個体数は5月から6月にかけて減少し, 6月の表面水温は12-13℃であった. 動物プランクトン群集で5%以上を占めた21分類群のうち, 9分類群 (*Sagitta elegans*, *Eucalanus bungii* larvae, *Eucalanus bungii*, *Neocalanus* spp., *Pseudocalanus* spp., *Acartia tumida*, *Acartia longiremis*, *Metridia pacifica*, *Themisto japonica*) は寒海性で, 暖水性は2分類群 (*Paracalanus parvus*, *Corycaeus* sp.) に過ぎない (平川 1984; Ikeda 1991).

動物プランクトンの総個体数の鉛直分布から, 夜間は上部へ, 昼間は下部へ向かう明らかな移動が認められ, 個体数の多い5月に著しかった. 個体数は採集時間毎に変動し, 5月は日出時に, 6月には真夜中に最大となり, 採集時刻による一定の増減はみられなかつ

た. 動物プランクトン群集で優占したのは5月は *Pseudocalanus* spp. と *A. longiremis* で, 6月には *Pseudocalanus* spp. の優占する採集層は減少し, 20 m 以浅では *A. longiremis* と *Fritillaria* sp. が, 30 m では *M. pacifica* が増加した. すなわち, この海域の動物プランクトンの総個体数の昼夜の鉛直分布と, 春季から初夏にかけての時期的な変動は, 優占する *M. pacifica*, *Pseudocalanus* spp., *A. longiremis*, *Fritillaria* sp. の4分類群の増減によって決定された.

動物プランクトンの鉛直分布の極大は水温躍層付近に形成され易く, 時には音波散乱層 (DSL) を形成し, 濃密な分布が観察される (Magnesen 1989; Atkinson et al. 1996). Pillar (1984) は水温躍層はカイアシ類の鉛直移動の制限要因となっていると述べて

Table 1. Number of prey organisms in the stomach of juvenile chum salmon captured in the central Pacific coast of Hokkaido in the May and June of 1987.

Prey organism	May 19 (n=20)			June 9-10 (n=173)			June 25-26 (n=90)		
	Number of feeding fish	Mean	Max.	Number of feeding fish	Mean	Max.	Number of feeding fish	Mean	Max.
Polycheta	2	1.0	1	7	8.3	50	0		
<i>Sagitta elegans</i>	1	1.0	1	38	2.6	18	0		
<i>Evadne nordmanni</i>	0			8	0.9	2	27	148.4	3124
<i>Neocalanus</i> spp.	1	3.0	3	107	10.0	63	1	1.0	1
<i>Eucalanus bungii</i> larvae	0			31	2.9	13	0		
<i>Eucalanus bungii</i>	7	2.0	4	91	4.5	35	3	9.3	25
<i>Pseudocalanus</i> spp.	1	1.0	1	86	31.5	270	5	1.2	2
<i>Centropages abdominalis</i>	0			36	2.8	22	1	1.0	1
<i>Eurytemora herdmani</i>	1	2.0	2	72	6.3	38	8	9.3	66
<i>Acartia longiremis</i>	0			107	12.0	80	6	2.7	6
<i>Acartia tumida</i>	3	2.0	4	18	1.4	3	4	16.8	64
<i>Harapacticus uniremis</i>	4	7.3	22	0			0		
<i>Themisto japonica</i>	0			15	4.1	189	1	2.0	2
Amphipods	11	27.1	73	12	1.7	4	8	1.8	4
Mysiid larvae	3	1.0	1	41	7.7	154	2	2.5	4
Mysidacea gen. sp.	4	1.5	2	25	2.5	13	0		
Euphausiids	1	6.0	6	44	7.8	165	8	1.4	2
Vivalvia	0			38	76.2	454	0		
<i>Fritillaria</i> sp.	0			49	203.8	909	23	22.6	81
Oikopleuridae	1	1.0	1	73	8.6	40	6	89.8	512
<i>Ammodytes personatus</i>	0			0			4	15.5	57
Ants	0			3	2.3	3	39	10.2	34
Chromomida	1	2.0	2	0			9	4.2	11
Total	19	20.4	75	168	49.9	914	73	80.8	3133

いる。しかし、*N. plumchrus*は塩分躍層の影響は受けるものの (Mackas and Louttit 1988)、CI-CVは表面まで分布し (Fulton 1973)、*M. pacifica*の若い個体も、14℃以下の水温では水温躍層は鉛直移動の制限にはなっていない (Batchelder 1985)。また、Morioka et al. (1988)と山口・志賀 (1997)は、植食性の*Calanus sinicus*や*P. minutus*と*P. newmani*の高密度分布する水温躍層付近で、クロロフィルaは高い濃度を持つことから、動物プランクトンの分布とその餌の量との密接な関係を示唆している。今回の調査海域では、5月には10 m以浅に水温躍層が形成され、6月にはさらに発達した。また、5月の大部分と、6月の全採集時刻のクロロフィルa濃度は水温躍層下部の10 mで最大を持った (清水・関、未発表)。しかし、動物プランクトン

の総個体数の極大は、5月には常に10 m以浅に、6月は日没時から日出時にかけて10 m以浅に形成された。分類群別でも、常に10 mに極大を形成した*Fritillaria* sp.を除き、10 mに極大を形成した分類群は少なかった。すなわち、日高沿岸の春季に見られた動物プランクトンの鉛直分布の極大は、クロロフィルaの極大層との関連は薄く、その多くは水温躍層中に形成されたと言える。

*Acartia*属の*A. omorii*と*A. clausi*は日中は近底層に分布し、日没時以降に分散する (Anraku 1975; Kimoto et al. 1988)。30 m以深の採集は行わなかったので、*A. longiremis*が*A. omorii*や*A. clausi*と同様に、昼間は近底層に高密度に分布している可能性を否定出来ないものの、*A. longiremis*は昼夜を通して30 mより

Table 2. Number of prey organisms in the stomach of juvenile chum salmon captured in the central Pacific coast of Hokkaido in the June and July of 1988.

Prey organism	June 2 (n=1)			June 14 (n=248)			July 5-6 (n=7)		
	Number of feeding fish	Mean	Max.	Number of feeding fish	Mean	Max.	Number of feeding fish	Mean	Max.
<i>Evadne nordmanni</i>	0		1	0			2	186.5	329
<i>Neocalanus</i> spp.	1	-	2	69	3.3	16	0		
<i>Eucalanus bungii</i>	1	-		30	3.5	105	0		
<i>Pseudocalanus</i> spp.	0			83	8.6	101	1	4.0	4
<i>Centropages abdominalis</i>	0			8	1.5	3	2	10.5	19
<i>Eurytemora herdmanni</i>	0			109	136.5	2067	1	1.0	1
<i>Metridia pacifica</i>	1	-	67	4	1.5	3	0		
<i>Acartia longiremis</i>	0			28	2.4	17	2	8.5	14
<i>Acartia tumida</i>	0			40	4.3	38	0		
Copepoda nauplii	0			11	3.2	11	0		
Amphipoda gen. spp.	0			75	11.4	80	0		
Caprellidae	0			11	4.3	14	0		
Crab megalopa	0			67	7.5	42	3	78.3	174
Shrimp	0			18	2.5	12	0		
Mysids larvae	0			53	11.9	87	0		
Mysidacea gen. sp.	0			15	6.1	25	0		
Euphausiid larvae	0			44	5.3	20	2	1.0	1
Vivalvia	0			4	6.3	15	0		
<i>Fritillaria</i> sp.	0			54	137.5	504	0		
Oikopleuridae	0			35	40.0	552	0		
Cirripede larva	0			85	17.4	182	0		
Cumasea	0			53	5.0	22	0		
Ants	0			3	2.3	5	4	7.0	18
Total	1	-	70	204	140.4	2079	4	175.0	415

浅い水深で鉛直移動を行っているように見えた。*A. longiremis*の分布量は5-6月を通じ多く、そのためサケ幼稚魚の摂餌頻度は高いものの、日中に極大は10 m以深に形成されることから最大摂餌数は比較的少なかったと考えられる。

Fritillaria sp.と*E. nordmanni*は表面水温の上昇した6月に出現し、日中10 m以浅に極大を形成するものの、動物プランクトン群集に占める割合は極めて低い。しかし、サケ幼稚魚による摂餌頻度は高く摂餌個体数も多い。*Fritillaria*は6月中旬の噴火湾では10 m以浅で卓越し(Shiga 1985)、エリモ岬以東海域でも6月下旬に増加し(志賀1990; 関・清水1997)、サケ幼稚魚の餌としてよく利用されていた(関・清水 未発表)。*E. nordmanni*も石狩湾で6月以降餌として利用度合は

高い(関ら1982)。すなわち、この2種類は表面水温の上昇に伴って増加し、日中に表面近くに極大を持ち、調査海域ではサケ幼稚魚による餌としての利用度合は高い。

一方、寒海性動物プランクトンの*E. bungii*、*Neocalanus* spp., *Pseudocalanus* spp., *A. tumida*, *A. longiremis*, *M. pacifica*もサケ幼稚魚の主要な餌として利用された。これらの多くは5月には複数の極大を持ち、第1極大のほとんどは表面から10 m間に形成された。しかし、6月には*A. longiremis*以外のほとんどの分類群で第1極大は30 m層に形成され、しかも第2極大は少数の分類群で形成されたに過ぎない。すなわち、寒海性動物プランクトンは、5月にはサケ幼稚魚の主な遊泳層の3 m以浅(Moulton 1997)にも極大を形成し

た。これに対し、6月には昼夜を通じ大半は遊泳層より下部に分布し、個体数も6月には5月の7-50%に減少した。サケ幼稚魚は夜間はほとんど摂餌しないことから(帰山 1986)、サケ幼稚魚の餌生物の豊度を日中の遊泳層での動物プランクトンの分布量とみなせば、サケ幼稚魚に対する餌料環境は急激に悪化したと言える。

6月中旬には餌料環境が悪化したと推察されるにもかかわらず、1987-88年の6月中下旬のサケ幼稚魚の摂餌頻度と平均摂餌数は高い値を示した。サケ幼稚魚の分布域は6月中旬以降に沖合に拡大するが、採捕尾数の80%近くは距岸0.9 km以内で採捕され、定点の水深は5-15 mと浅い、極沿岸部の水深の浅い海域で定点Aと同様な動物プランクトンの鉛直移動が行われているとすれば、鉛直移動能力の低い動物プランクトンでもサケ幼稚魚の遊泳層の表面付近まで容易に浮上し留まる可能性は高い。また、岸近くで発生する湧昇流(宇野木 1993)などの物理的な力により、海底付近に分布する動物プランクトンの表面付近への運搬も容易に行われると考えられる。このことは、1988年6月2日にサケ幼魚に捕食されていた*M. pacifica*が動物プランクトン群集で優占したコペポディットI-VIでなく、日中分布の主体を30 m以深に持つとみられたCV-成体で占められていたことからもうかがえる。すなわち、日中に水深の深い海域では海底近くに分布する動物プランクトンでも、水深の浅い海域では表面付近に分布する可能性は高く、餌環境は岸側は相対的に沖側に勝り、そのことが6月中旬以降も極沿岸部でサケ幼稚魚の高い分布密度を保つことを可能にしていると考えられる。

謝 辞

本調査の遂行に際して海上の調査で静内町の大沢漁業部の皆様に御協力をいただいた。ここに深く感謝の意を表する。

文 献

- Anraku, M. 1975. Microdistribution of marine copepods in a small inlet. *Mar. Biol.*, **30**: 79-87.
- Atkinson, A., P. Ward, and E. J. Murphy. 1996. Diel periodicity of subantarctic copepods: relationships between vertical migration, gut fullness and gut evacuation rate. *J. Plankton Res.*, **18**: 1387-1405.
- Bailey, J. E., B. L. Wing, and C. R. Mattson. 1975. Zooplankton abundance and feeding habits of fry of pink salmon, *Oncorhynchus gorbuscha*, and chum salmon, *Oncorhynchus keta*, in Traitors cove, Alaska, with speculations on the carrying capacity of the area. *Fish. Bull.*, **73**: 846-861.
- Batchelder, P. H. 1985. Seasonal abundance, vertical distribution, and life history of *Metridia pacifica* (Copepoda: Calanoida) in the oceanic subarctic Pacific. *Deep-Sea Res.*, **32**: 949-964.
- Fulton, J. 1973. Some aspects of the life history of *Calanus plumchrus* in the strait of Georgia. *J. Fish. Res. Board Can.*, **30**: 811-815.
- Gray, A. C. 1998. Diel changes in vertical distributions of larval fishes in unstratified coastal waters off south-eastern Australia. *J. Plank. Res.*, **20**: 1539-1552.
- 平川和正. 1984. 噴火湾における浮游性橈脚類の季節分布並びに *Calanus pacificus*, *Calanus plumchrus* および *Eucalanus bungii bungii* の生活史に関する研究. 日本海洋生物研究所, 東京. 48 p.
- Ikeda, T. 1991. Assimilated carbon budget for the Hyperiid amphipod *Themisto japonica* (Bovallius) from the Japan Sea as influenced by temperature. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **47**: 7-16.
- 帰山雅秀. 1986. サケ *Oncorhynchus keta* (Walbaum) の初期生活に関する生態学的研究. さけ・ますふ研報, **40**: 31-92.
- Kimoto, K. 1988. Segregation of vertical distribution of calanoid copepod *Acartia omorii* depending on the developmental stages in Shijiki Bay, western Kyushu, Japan. *Bull. Seikai Res. Fish. Res. Lab.*, **66**: 35-39.
- Mackas, L. D., and G. C. Louttit. 1988. Aggregation of the copepod *Neocalanus plumchrus* at the margin of the Fraser River plume in the strait of Georgia. *Bull. Mar. Sci.*, **43**: 810-824.
- Magnesen, T. 1989. Vertical distribution of size-fraction in the zooplankton community in Lidåspillen western Norway I. Seasonal variations. *Sarsia*, **74**: 59-68.
- Morioka, Y., F. Shinohara, J. Nakashima, and T. Irie. 1988. A diel vertical migration of the copepod *Calanus sinicus* in relation to well-developed thermocline in the Yellow Sea, October 1987. *Bull. Seikai Natl. Fish. Inst.*, **69**: 79-85.
- 元田 茂. 1972. 動物プランクトンの生態特に日周鉛直移動の習性について. 日本海洋学会誌, **28**: 278-292.
- Moulton, L. L. 1997. Early marine residence, growth, and feeding by juvenile salmon in northern Cook Inlet, Alaska. *Alaska Fish. Res. Bull.*, **4**: 154-177.
- Pillar, S. C. 1984. Diel variation the vertical distribution of some common zooplankton species of the west coast of South Africa. *S. Afr. J. Mar. Sci.*, **2**: 71-80.
- 関 二郎・真山 紘・清水幾太郎・大熊一正・野村哲一. 1982. 石狩湾沿岸におけるサケ稚魚の食性と餌料生物の消長について. サケ別枠「河川型研究グループ」リポート, 北水研. pp. 129-144.
- 関 二郎・清水幾太郎. 1997. 北海道広尾沿岸におけ

- る春-夏季の動物プランクトン群集の分布性状. 日本プランクトン学会報, **44**: 21-31.
- Shiga, N. 1985. Seasonal and vertical distributions of Appendicularia in Volcano Bay, Hokkaido, Japan. Bull. Mar. Sci., **37**: 425-439.
- 志賀直信. 1990. 北太平洋北部およびその縁辺海域における尾虫類の分類並びに季節分布に関する研究. 北海道大学博士論文. 155 p + 14 plates.
- 宇野木早苗. 1993. 沿岸の海洋物理学. 東海大学出版会, 東京. 672 p.
- 山口 篤・志賀直信. 1997. 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, **44**: 11-20.