

동해 전선역 동물플랑크톤 군집 : 1. 종 목록, 우점종 분포, 종간 유연관계

박 철 · 최중기*

충남대학교 해양학과, *인하대학교 해양학과

Zooplankton Community in the Front Zone of the East Sea of Korea (the Sea of Japan) : 1. Species List, Distribution of Dominant Taxa, and Species Association

Chul PARK and Joong Ki CHOI*

Dept. of Oceanography, Chungnam National University, Taejon 305-764, Korea

*Dept. of Oceanography, Inha University, Incheon 402-751, Korea

Zooplankton distribution in the front zone was investigated in the East Sea of Korea (Sea of Japan). More than 100 taxa appeared in the study area, which was far diverse appearance being compared with those in West (Yellow Sea) and South Sea of Korea. In Nov. 1994, *Paracalanus parvus*, *Oikopleura* spp., and *Noctiluca scintillans*, which preferred warmer environment, predominated at the collection sites in the front zone, especially at warmer surface layer. But in Nov. 1995, when the surface water temperatures were about 2°C lower than those of the previous year, cold water species of copepod *Metridia lucens*, immature forms of *Calanus* and *Sagitta*, and crustacean eggs dominated in the collection sites in front zone, which were geographically not identical with those of the previous year. Vertical distributional patterns were not coincide among the taxa. This suggests that zooplankton has different specific habitat characteristics with temperatures. In general, those taxa with preference of warmer environments showed high probability of co-occurrence with low abundances while those taxa preferring colder environments showed low probability of co-occurrence with high abundances. It seems that warm water contributes to the high diversity of zooplankton in the front zone while cold water does to the high biomass.

Key words : Zooplankton, front, species list, association

서 론

전선역이란 서로 다른 특성의 두 수괴가 만나 또 다른 특성의 수괴를 형성하는 해역으로, 생태적으로는 이행대(ecotone)에 해당하는 해역을 말한다(Pingree et al., 1978, 1983). 일반적으로 높은 생물 생산성과 풍부한 종 조성, 높은 생물 밀도 등의 특성을 보이는(Horne et al., 1978; Pingree et al., 1974; Simpson et al., 1982) 전선역에 대하여, 한반도 주변에서는 Cho et al. (1983), Choi (1991) 등이 서해를 대상으로, Gong (1971)이 남해에서 연구한 예가 있다.

한편, 동해는 서해 및 남해와는 달리 수심이 깊고 강한 한류와 난류가 만나는 해역으로 전선 자체도 서해나 남해의 조석 전선과는 달리 수온의 교차가 매우 큰 특성을 지니고 있으며, 한류의 유입과 난류의 유입이 매년 수괴의 강세에 의하여 변화하기 때문에 전선의 위치 역시 크게 변하는 특성이 있다. 이러한 동해의 전선역에서 동물플랑크톤을 대상으로 연구한 예는 없었다.

본 연구에서는 동해의 한류와 난류가 만나 형성되는 전선역에 출현하는 동물플랑크톤의 종 목록의 작성, 우점종의 밀도 분포, 군집의 특성 파악 등을 목표로 하였다.

재료 및 방법

동물플랑크톤 시료는 1994년 11월과 1995년 11월에 각각 채집되었는데, 조사 지역은 인공위성으로부터 수신된 표층 수온의 분포를 보고 대강의 지역을 정한 다음, 해당 지역에서 수온 측정을 하면서 전선역으로 판단되는 지역을 중심으로 채집 정점을 정하는 방식으로 수행되었다. 따라서, 1994년과 이듬 해의 채집 정점들의 지리적 위치가 상당히 떨어지게 되었다. 1994년에는 정점 D1, D6, C1, C5, E1, E12의 6개 정점에서, 1995년에는 정점 1, 4.5, 5.5의 3개 정점에서 채집되었다(Fig. 1). 1차년도인 1994년의 채집 정점과 2차년도인 1995년의 채집 정점의 차이는 열전선역의 이동에 기인한다.

1차년도에는 봉고 네트(양쪽 모두 망목 333 μm; Mc-

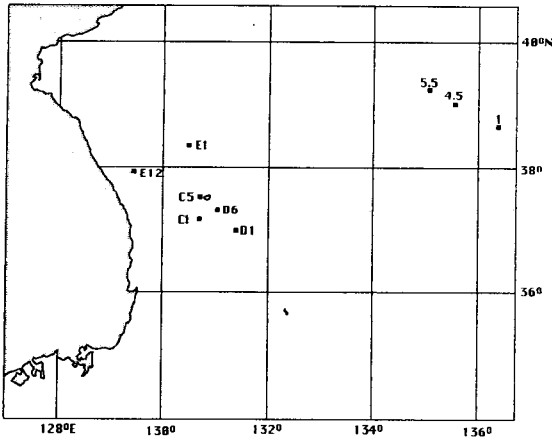


Fig. 1. Map of sampling sites. Sites with alphabet and numeric codes (such as E1, D1, etc) are those of November, 1994 cruise and sites with only numeric codes are those of November, 1995 cruise.

Gowan and Brown, 1966)를 사용하여 채집하였는데, 각 정점에서 표층에서 중층(250 m)까지를 대상으로 사행 채집하였고, 6개 정점중 표층의 난류 수층이 상대적으로 두꺼운 정점 C1, D1, E12에서는 추가로 표층(0~20 m)만을 다시 사행 예인하였으며, 모든 경우에 대하여 주간에만 3회 반복 채집하였다. 2차년도에는 MPS (Multiple Plankton Sampler, 망목 333 μm 인 네트 부착)를 이용하여 각 정점에서 수층별(0~50, 50~100, 100~150, 150~200, 200~250 m)로 2회씩 채집하였다. 이 MPS는 입구가 50 \times 50 cm인 frame에 5개의 네트가 부착되어 있으며, 선상에서 차례로 각 네트가 열리도록 조절이 가능한 네트이며, 여과량의 추정은 붕고 네트와 같이 네트 안쪽에 유량계(flowmeter)를 달아 이들의 회전수로 이루어졌다.

채집된 시료는 중성 포르말린(4%)에 고정시켰다. 실험실에서 약 2주 이상 보관된 시료들은, 각 분할 시료에 동물플랑크톤이 약 1000~1500개체가 되도록 Folsom 분할기로 시료를 나누는 뒤 해부현미경하에서 가능한 낮은 분류 계급까지 동정하였다. 생물량은 네트에 부착된 유량계로 여과량을 측정 한 뒤 1m²당 개체수로 표시하였다.

수온과 염분은 동물플랑크톤 채집 정점을 포함하는 보다 광범위한 지역에서 CTD를 사용하여 측정되었는데, 이는 해양물리 분야의 연구진에 의하여 조사되었으며 별도의 연구 보고를 통하여 발표될 예정이다. 여기서는 본 연구와 관련된 부분만을 제시하였다.

결과 및 고찰

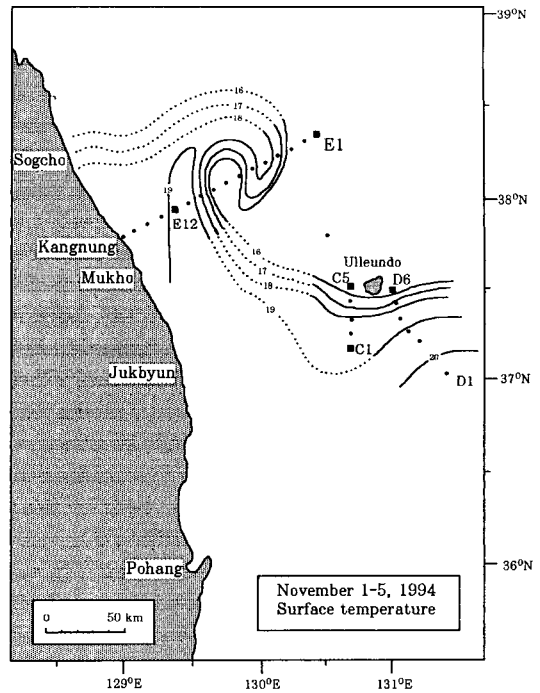


Fig. 2. Distribution of surface temperatures in the study area

1. 각 정점의 염분 및 수온 분포

동물플랑크톤이 채집된 해역의 염분은 1994년, 1995년 모두 정점간, 또는 각 정점의 수심간 차이가 매우 작아, 전체적으로 1994년에는 33.4~34.4‰, 1995년에는 33.1~34.9‰의 좁은 범위에 분포하고 있었다. 두해 모두 각 정점 50~100 m 수심에서 다소 높은 값을 보이고 있으나, 이러한 염분의 변화는 매우 미미하여서 대상 해역에서 동물플랑크톤의 분포에 큰 영향을 미치는 것으로는 보이지 않았다.

그러나, 수온은 대상 해역을 전선역으로 설정하였듯이 정점간, 또, 각 정점에서 수심간 변화가 두드러졌다. 1994년 11월 동물플랑크톤 채집 정점 주변의 표층 수온 분포는 Fig. 2에 제시되었고, 정점 C1과 C5, D1과 D6, E1과 E12를 연결하는 각 선의 수직 수온 분포는 Fig. 3에 제시되었다. 대체로 수심 50~100 m 사이에 강한 수온 약층이 형성되어 있음을 알 수 있다. Kang and Lee (1991)가 10월에 동해에서 15°C를 경계로 난수역과 한수역으로 구분한 것보다는 1~2°C 높은 수온에서 두 수괴의 경계면이 형성됨을 추정할 수 있었으며, 표층 수온의 분포를 통하여 정점 C5, D6, E1의 수역은 표층~수심 40 m 이내가 16~17°C의 한류수 영향권, 정점 C1, D1, E12 지역

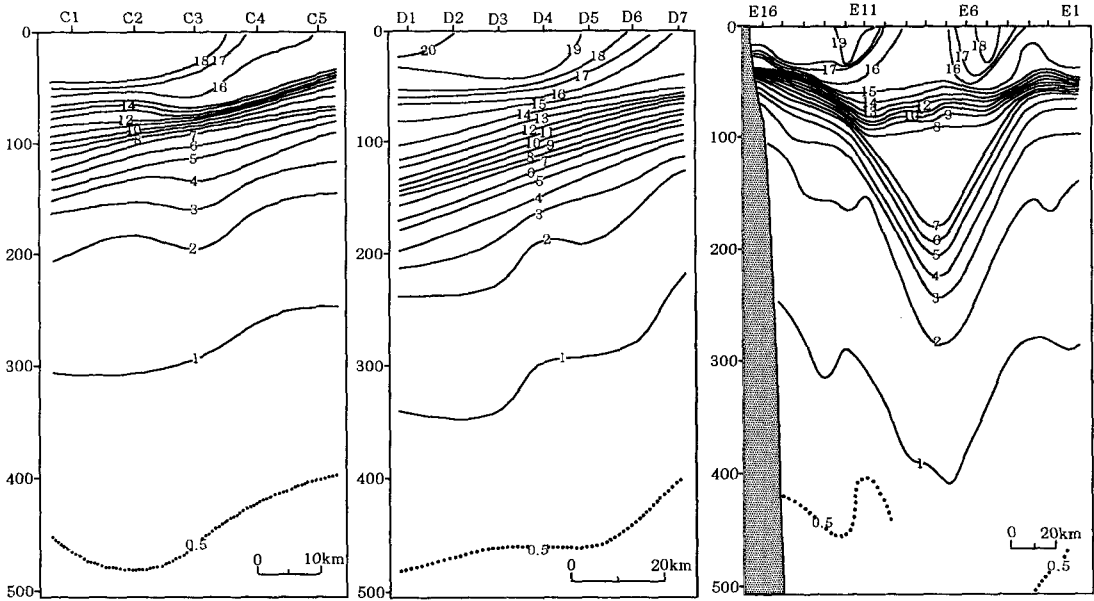


Fig. 3. Vertical temperature profiles of transect line C (left), D (center) and E (right) in the study area in November, 1994.

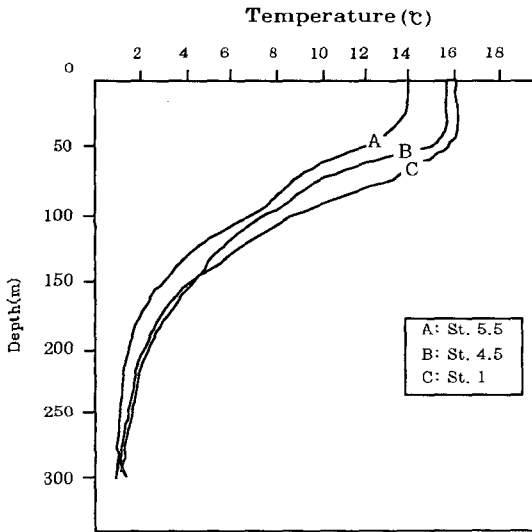


Fig. 4. Vertical temperature profiles in the study area in November, 1995.

은 18~21°C의 난류수 영향권임을 알 수 있다.

이듬해인 1995년 11월의 경우는 한 직선상의 세 정점에서만 채집하였고, 해양물리 관측도 이 정점들의 직선상에서만 이루어져 표층수온의 분포도는 작성할 수 없었으나, 각 정점의 수온은 Fig. 4와 같은 양상의 변화를 보였다. 남동 방향에서 북서 방향으로 올라가면서 표층 수온은 약 16°C에서 14°C로 낮아지고 각 정점에서는 수심 50 m 부근에서부터 현격히 수온이 감소하고 150 m 수

심 부터는 감소의 정도가 둔화되면서 점차 낮은 온도에서 일정하게 유지됨을 알 수 있다 (Fig. 4). 따라서, 전년도 수온 자료를 기준으로 판단하면 대상 지역은 모두 한류 수역에 포함될 수 있으며, 남동 방향으로 표층 수온이 상승하고 있음에 비추어 전선역 인근 한류수 영향권에 치우친 정점들로 판단된다.

두 차례의 관측(1994년 및 1995년 11월) 모두에서 정점간 수온의 차이 보다도 각 정점에서의 수심별 수온 구배가 매우 크게 나타나고 있는데, 동물플랑크톤이 채집된 250 m 수심까지의 수온 구배는 우리나라 서해나 남해 연안에서는 한해 동안 계절의 변화를 통하여 나타나는 수온 변화의 정도 [겨울의 1~2°C에서 여름의 25~27°C, Choi and Park (1993)]에는 미치지 못하는 구배이며, 대상 해역의 수평적 수온 변화와 비교할 때 대상 지역이 전선역에 해당하는 지역임을 유추할 수 있다.

2. 출현 종수

첫 조사시기인 1994년 11월의 시료에서는 총 111개 분류군의 동물플랑크톤이 검색되었다 (Appendix 참조). 각 분류군에 따라 동정의 계급 (category) 수준이 종으로 모두 일치하지는 않지만, 요각류가 가장 다양한 종류들이 출현하고 있었음을 알 수 있는데, 유생을 제외하면 32속 58종의 요각류가 확인되었다. 다음으로 연체동물문의 복족류 (Gastropoda), 모약동물 (Chaetognatha), 절지동물문의 십각류 (Decapoda), 단각류 (Amphipoda) 등이 각각

3~5개 분류군 출현하였다. 다음 해인 1995년 11월의 경우에는 총 101개 분류군이 검색되었는데 (Appendix), 역시 요각류가 가장 많은 종류로 나타났으며 확인된 분류군수는 3속 62종이었다. 다음으로 모악동물문이 8종, 복족류 3속 등이 검색되었다. 두해의 연중 같은 시기에 매우 비슷한 정도의 종류가 출현하고 있었다.

이렇게 많은 종류가 동해 전선역인 대상 해역에서 출현하고 있는 것은 우리나라 서해나 남해의 경우와 크게 대비되는 양상이었다. 동물플랑크톤의 출현 종수는 동정의 계급 수준에 따라 크게 좌우되기 때문에 직접적인 비교가 쉽지 않으나, 각 분류군에 대하여 비슷한 계급 수준까지 동정한 과거의 결과와 비교하면, 본 연구의 대상 지역에 출현한 동물플랑크톤의 종류는 서해 [아산만, Choi and Park (1993)]나 남해 [남해 전해역, Park et al. (1990)]의 어떤 계절 보다도 많은 종류이며, 동해 서남해역 (Shim and Lee, 1986)에서 가장 많은 종이 출현한 시기의 종수와 비슷한 종수였다. 전선역에 출현하는 동물플랑크톤의 종류가 매우 다양함은 대상 해역의 수온 범위가 매우 넓다는 점과도 매우 밀접한 관계가 있을 것으로 여겨진다.

3. 동물 플랑크톤의 풍도

각 정점에서 채집된 동물플랑크톤의 풍도 (전체 개체수 분포)는 Fig. 5에 제시되었다. 1994년 11월, 상층 20 m만을 봉고네트로 사행 채집한 경우는 총 719~2722개체/㎡로 비교적 높은 개체수 분포를 보였으나, 수심 250 m에서 표층까지를 채집한 경우는 129~742개체/㎡로 나타났다. 이는 곧 상층에 많은 동물플랑크톤이 밀집되어 있음을 말한다. 한편, 1995년 11월의 경우에는 수층별 채집이 가능하였는데, 94년의 경우와 비교하기 위하여 우선 전 수층을 평균한 값 (Fig. 5)을 보면 61~110개체/㎡로 전년도에 비하여 상당히 낮은 개체수 분포를 보였다.

1995년 11월의 수층별 개체수 분포 (Fig. 6)를 살펴보면, 전년도 봉고 네트로 얻은 자료에서 추정된, 하층보다 높은 상층의 개체수 분포가 세 정점 모두에서 확인되고 있다. 특히 수온의 구배가 50~100 m에서 두드러짐을 고려하면 (Fig. 4) 대상 해역인 전선역에서는 상대적으로 높은 수온의 상층에 동물플랑크톤이 밀집되어 있음을 알 수 있다.

해양의 동물플랑크톤 전체 개체수의 절대적 비교는 쉽지 않다. 단위 체적당 개체수는 사용한 채집 기기의 입구 면적과 동물플랑크톤의 도피 (Wiebe et al., 1982), 망목 크기 (Park, 1989), 해수 여과량의 정확한 측정 (UNESCO, 1968) 등 많은 변수에 의해 좌우되기 때문이다.

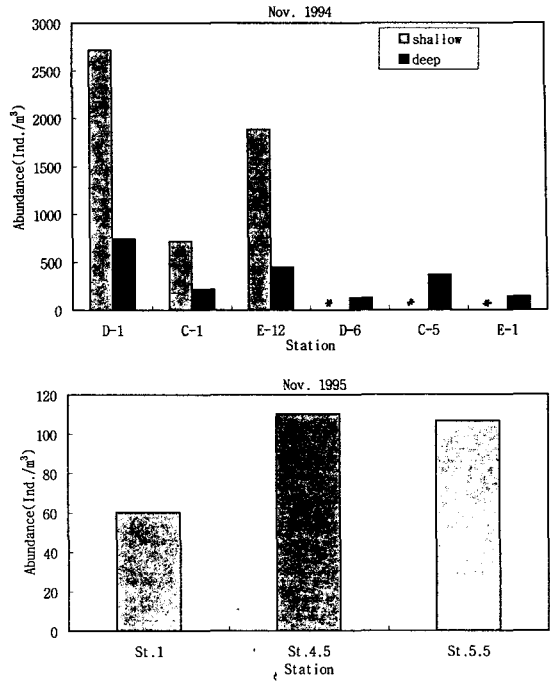


Fig. 5. Total zooplankton abundance in the study area (shallow=0~20, deep=0~250 m depth, *: no data) Vertical strata (0~250) were pooled in lower chart.

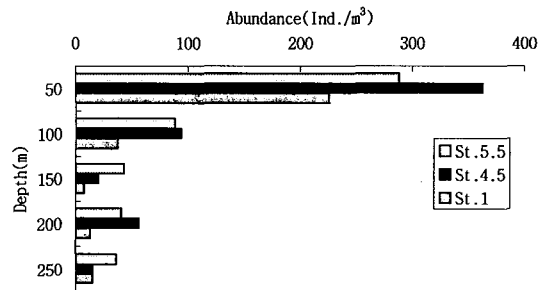


Fig. 6. Vertical distribution of total zooplankton in the study areas in November, 1995.

또한 동물 플랑크톤의 분포 특성인 patchiness를 고려하면 (Wiebe, 1971; Wiebe and Holland, 1968), 구체적인 자료변이 정도에 관한 정보가 제시되지 않은 경우에는 통상 단위 (order)에 차이가 나는 경우이나 많고 적음을 말할 수 있다. 우리나라 주변 해역의 경우, 대체로 여과량의 측정이 믿을만 하고, 네트의 해수 여과율을 80~90%로 간주하며, 망목 333 um, 직경 50 cm 이상의 채집기기를 사용하였을 때, 통상 단위 체적 (1m³) 당 수백 개체, 많을 경우 2~4천 개체, 적을 경우 수십 개체로 나타

났다. 이러한 관점에서 보면, 대상 해역의 1994년의 자료는 비교적 많은 개체수 분포에 해당되고, 1995년의 개체수 분포는 표층을 제외한 하층에서는 비교적 낮은 생물량으로 판단할 만 하다.

4. 주요 우점종의 분포

1994년의 주요 우점종은 Table 1에 나타난 바와 같이 채집 수층의 두께와 정점에 따라 다소 차이가 있었다. 모든 시료를 포함하였을 때에는, 가장 많은 생물량을 보인 난류 수역 (정점 D1, C1, E12) 표층 20 m 층의 자료가 대부분 반영되어 *Paracalanus parvus*, *Oikopleura* spp., *Noctiluca scintillans* 등이 우점하였으며, 같은 정점들의 250 m 수층까지의 시료에서는 절대량만 감소하였을 뿐 역시 이들 세 분류군이 우점하였다. 전선을 경계로, 상대적으로 높은 표층 수온을 보인 세 정점 D1, C1, E12의 표층 20 m와 수심 250 m까지의 두 자료 (Table 1)를 비교하면, 전체 출현 종수는 비슷한 반면, 개체수 분포는 250 m까지의 시료가 표층 20 m까지의 시료보다 훨씬 적은 개체수 (약 1/4)를 나타내고 있다. 이는 곧, 수직적으로 수온 변화가 큰 이 해역에서 많은 양의 동물플랑크톤이 수온이 높은 상층에 집중되어 있음을 의미한다.

가장 우점한 분류군은 *P. parvus*, *Oikopleura* spp., *N. scintillans* 등 이었으며, 이들은 표층 20 m만을 채집하였

을 때 보다 250 m까지 채집하였을 때 단위 체적당 개체수가 약 1/5~1/6로 감소하였다. 표층 20 m에서 88.5 개체/m³를 보였던 *Calanus sinicus*는 250 m 수층까지의 시료에서는 약 14개체/m³로 현격히 감소하여 분포의 중심이 수온이 상대적으로 높은 상층에 있음을 보이고 있다. 이러한 경향은 *Oncaea venusta*, *Eucalanus*의 copepodid 유생 등 그밖의 우점 분류군에서 비슷한 양상을 보였다.

반면에, 유공충류 (Foraminifera)는 반대의 경향을 보였는데, 단위 체적당 개체수에서는 다소 감소하지만 개체수의 순위에서는 250 m까지의 시료에서 오히려 상위에 위치하여, 다른 분류군과 달리 오히려 상대적으로 낮은 수온에서 높은 조성을 보임을 알 수 있다. 이러한 경향은 상대적으로 수온이 낮은 정점 D6, C5, E1의 250 m 수심까지의 자료와 상대적으로 수온이 높은 정점 D1, C1, E12의 250 m 수심까지의 자료 비교 (Table 1)에서도 확인되고 있다. 즉, 상대적으로 수온이 낮은 정점 D6, C5, E1의 250 m 수심까지 에서는 유공충류가 야광충인 *N. scintillans*를 대신하여 주 우점종으로 나타났고, 이 정점들에서는 *N. scintillans*가 극히 소량 출현하였다. 패충류 (Ostracoda)인 *Conchoecia* spp.도 이와 비슷한 양상이었다. 순위에서는 높아지나, 절대량에서는 여전히 감소하여 결과적으로 조성률만 높아지는 양상을 보인 이들 종류는 따라서 난류 수역을 선호하는 종들로 생각할 수 있다.

Table 1. Abundances and ranks of abundances of major zooplankton taxa appeared in the study area in November 1994. Samples were collected with a bongo net so that depth strata were pooled

Rank of Abundance	From all samples		From the samples of shallow tows (0~20 m) at warmer sites D1, C1 and E12		From the samples of deep tows (0~250 m) at warmer sites D1, C1 and E12		From the samples of deep tows (0~250 m) at colder sites D6, C5 and E1	
	Taxon	abundance (ind./m ³)	Taxon	abundance (ind./m ³)	Taxon	abundance (ind./m ³)	Taxon	abundance (ind./m ³)
1	<i>Paracalanus parvus</i>	124.4	<i>Paracalanus parvus</i>	295.6	<i>Paracalanus parvus</i>	53.9	<i>Oikopleura</i> spp.	27.2
2	<i>Oikopleura</i> spp.	109.9	<i>Oikopleura</i> spp.	253.2	<i>Noctiluca scintillans</i>	50.8	Foraminifera	27.0
3	<i>Noctiluca scintillans</i>	93.9	<i>Noctiluca scintillans</i>	223.8	<i>Oikopleura</i> spp.	49.3	<i>Paracalanus parvus</i>	23.5
4	<i>Calanus sinicus</i>	39.4	<i>Calanus sinicus</i>	88.5	Foraminifera	27.3	<i>Calanus tenuicornis</i>	16.4
5	Foraminifera	32.2	<i>Oncaea venusta</i>	58.2	<i>Conchoecia</i> spp.	23.4	<i>Calanus sinicus</i>	15.8
6	<i>Oncaea venusta</i>	24.9	<i>Eucalanus</i> copepodite	52.4	<i>Parathemisto japonica</i>	19.6	Copepodites unid.	14.1
7	Copepodites unid.	24.8	Copepodites unid.	51.8	<i>Oithona setigera</i>	19.3	<i>Oithona setigera</i>	13.1
8	<i>Eucalanus</i> copepodite	22.7	<i>Corycaeus speciosus</i>	48.6	<i>Eucalanus</i> copepodite	15.6	<i>Metridia lucens</i>	11.9
9	<i>Parathemisto japonica</i>	18.5	<i>Acrocalanus gibber</i>	43.5	Unid. eggs	15.4	<i>Conchoecia</i> spp.	7.8
10	<i>Oithona setigera</i>	18.0	Foraminifera	42.3	<i>Calanus sinicus</i>	14.0	<i>Parathemisto japonica</i>	7.6
Number of samples	27		9		9		9	
Total number of taxa occurred	111		97		99		72	
Total number of individuals/m ³	819.6		1775.1		469.1		214.6	

수심별 채집이 되지 못한 1994년의 자료와는 달리 1995년의 자료는 수심별 분포를 비교할 수 있는 자료였다. 1995년의 정점들은 표층 수온을 기준으로 살펴볼 때 전선역 인근 한류수 영향권에 위치한 정점들로 유추되었다. 종 조성이나 우점종의 종류에서도 이를 지지하는 결과를 보였는데, 전년도에 소량 출현한 한류수 종인 *Metridia lucens*의 조성률이 가장 높았으며, *Calanus copepodid* 유생, 미성숙 *Sagitta*, 갑각류 난(egg)들, *Parathemisto japonica*, *Conchoecia* spp. 등이 우점종으로 나타났다. 반면에 전년도 분포에서 우점종으로 나타났던 *P. parvus*, *N. scintillans* 등이 현격히 감소하였으며, 특히 상대적으로 수온이 낮은 정점 4.5, 5.5에서는 거의 나타나지 않아 이들이 난류 수역을 선호하는 종임을 보이고 있다.

이들 우점종의 수심별 분포를 살펴보면 (Fig. 7), 가장 우점한 한류수 종 요각류 *M. lucens*는 세 정점 (정점 1, 4.5, 5.5) 중 수온이 낮은 정점 5.5에서는 표층에 가장 많은 양이 분포하였고, 표층 수온이 점차 증가한 정점 4.5, 정점 1에서는 각각 150~200, 200~250 m 층에서 최대 출현량을 보였다. 미성숙 요각류 (*Calanus copepodite*) 및 모약동물 (immature *Sagitta*), 갑각류 난, 그리고 단각류인 *Parathemisto japonica* 등은 세 정점 모두 상층 50 m 층에 집중적으로 분포하고 있었으며, 한류 수역에서 조성률이 높았던 *Conchoecia* spp.는 수온이 가장 낮았던 북서쪽의 정점 5.5에서만, 50 m 수심 아래에서 집중적으로 나타나고 있었다. 그밖의 대부분의 분류군은 전년도와 같이 표층 50 m에 분포의 중심이 위치하였다.

따라서, 대상 해역인 동해 전선역에서는 범세계종으로 알려진 *P. parvus*, *N. scintillans*, *Oikopleura* spp. 등이 상대적으로 높은 수온의 해역 및 수층에서 주요 우점군으로 위치하는 가운데, 상대적으로 낮은 수온의 해수층에서는 한류수 종인 *Metridia lucens*, Foraminifera와 *Conchoecia* 속의 한류수 종, 그리고 성장이 완전히 이루어지지 않은 *Calanus*, *Sagitta* 등이 주요 우점군으로 나타났다. 또한, 난류 수역을 선호하는 종류들은 많은 종이 낮은 개체수 (조성률)로 출현하며, 한류 수역을 선호하는 종류들은 적은 종류가 다량 출현하는 특성을 보였다.

5. 중간 유사성과 군집 구조

수심별로 채집된 1995년의 자료중 전체 시료를 망라하여 단위 체적당 개체수가 5개체 이상인 38개 분류군을 대상으로, 이들의 공분산 구조에 바탕한 중간 출현의 유사성을 파악한 결과를 Fig. 8에 나타내었다. 가장 우점하면서 표층수온이 낮은 정점 5.5에서는 표층에서, 그밖의 정점에서는 150~250 m 수심에 집중 출현하고, 1994년

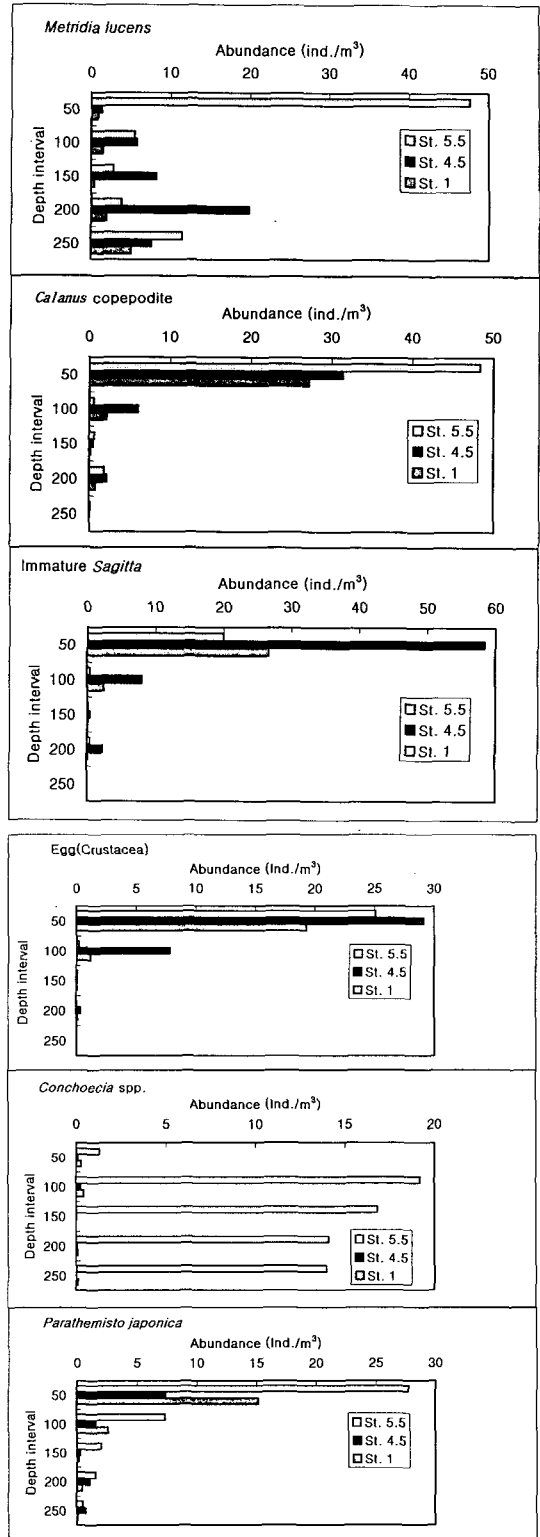


Fig. 7. Vertical distribution of the major taxa appeared in the study area in November, 1995

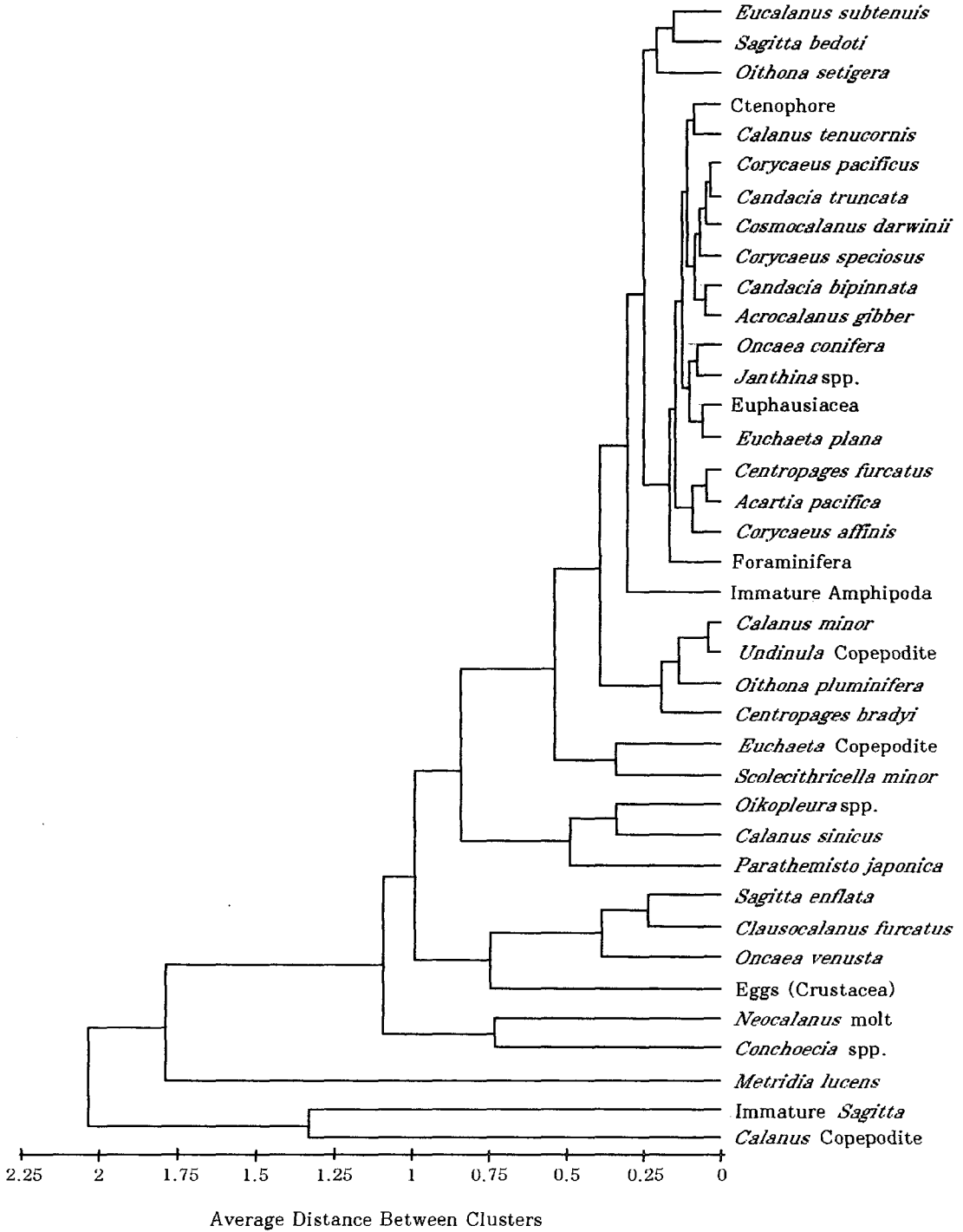


Fig. 8. Zooplankton species association based on covariances of abundances in the study area in November, 1995.

의 경우에도 상대적 저온 수역에서만 소량 출현하였던 한류수 중 요각류 *Metridia lucens*와 아직 성장이 완성되지 않은 미성숙 *Sagitta*, *Calanus copepodid* 유생 등이 다른 분류군과는 유사도가 낮아 별개의 그룹으로 분리될 수 있었으며, 그밖의 많은 분류군이 유사한 출현 양상을 보이고 있다. 약 30여 분류군이 매우 높은 동시 출현의 가능성을 보이고 있으며, 이들의 분포 중심이 상대적으로 고온인 상층부에 집중되고 있었다.

이러한 결과는 위 우점종의 분포에서 언급된 바와 같이, 이 지역 전선역에서는 난류 수역을 선호하는 종류들은 많은 종이 낮은 개체수(조성률)로 출현하며, 한류 수역을 선호하는 종류들은 적은 종류가 다량으로 출현하는 분포 특성이 있음을 의미한다. 즉, 난류를 따라 올라온 난류수 종들의 북방 한계가 바로 전선역에 해당함을 보이는 결과이기도 하다.

이들 38개 분류군의 개체수 분포의 공분산을 바탕으로 주성분 분석을 한 결과는 제1성분이 전체 변이의 약 68.6%를 설명하는 것으로 나타났는데, 이 성분에 대하여 큰 영향을 미치는 종류는 요각류 후기 유생, 미성숙 화살벌레, 갑각류 알들로 나타나고 있다 (Table 2). 그리고, 전체 변이의 약 20.2%를 설명하고 있는 제2주성분에 대한 기여도는 한류수 중이며 중간 유사도에서, 요각류 후기 유생, 미성숙 화살벌레 등과 같이, 타 종류와 유사성이 크게 떨어지는 *Metridia lucens* 한 종으로 국한되고 있었다. 따라서, 중간 유사도와 주성분 분석 결과를 종합하면, 난류

수역을 선호하는 30여 종류의 동물 플랑크톤 그룹은: 1) 양적으로는 매우 낮은 분포를 보고, 2) 동시 출현의 확률이 높은 양상을 보이며, 3) 이 지역 전체 플랑크톤의 군집 형성에 미미한 영향을 미치고 있는 것으로 나타났고, 한류 수역을 선호하는 *Metridia lucens*나, 낮은 수온으로 인하여 성숙이 덜된 요각류 유생, 미성숙 화살벌레, 갑각류 알들은: 1) 다른 종들과 동시 출현의 확률은 떨어지지만, 2) 양적으로 우세하여, 결과적으로 3) 이 지역 동물 플랑크톤 군집의 형성에 오히려 큰 영향을 주는 것으로 나타났다.

요 약

동해 전선역에 분포하는 동물 플랑크톤의 분포 특성을 파악하였다. 우리나라 서해나 남해의 어떤 지역에서 보더라도 많은 종류인 101~111개 분류군이 출현하였다. 1994년의 경우에는 *Paracalanus parvus*, *Oikopleura* spp., *Noctiluca scintillans* 등의 난류수 선호종이 주요 우점군으로 나타났고, 상대적으로 수온이 약 2°C 낮았던 1995년에는 한류 수역을 선호하는 *Metridia lucens*와 낮은 수온으로 인하여 아직 성장이 완전히 이루어지지 않은, *Calanus copepodid*, 미성숙 *Sagitta*, 갑각류 난 등과 *Parathemisto japonica*, *Conchoecia* spp. 등이 우점종으로 나타났다. 수심에 따른 수온 변화가 큰 이지역에서 주요 우점종의

Table 2. Summary of the results of Principal Component (PC) Analysis based on covariance structure of the abundances of 38 taxa in the study area in November 1995

	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4
(Cumulative) proportion of variance explained by each PC	68.6 (68.6)	20.2 (88.8)	6.5 (95.3)	2.5 (97.7)
	Eigenvectors (descending order of abundances)			
<i>Metridia lucens</i>	0.140	0.695	-0.129	0.587
<i>Calanus copepodites</i>	0.487	0.322	-0.004	-0.294
Immature <i>Sagitta</i>	0.534	-0.317	0.075	0.254
Eggs (Crustaceans)	0.353	0.031	0.008	-0.085
<i>Parathemisto japonica</i>	0.197	0.288	0.150	-0.377
<i>Conchoecia</i> spp.	-0.082	0.040	0.729	0.085
<i>Oncaea venusta</i>	0.200	-0.160	-0.013	-0.058
<i>Clausocalanus furcatus</i>	0.241	-0.174	0.027	0.222
<i>Scolecithricella minor</i>	-0.002	0.142	0.169	0.162
<i>Sagitta enflata</i>	0.236	-0.263	0.056	0.220
<i>Calanus sinicus</i>	0.165	0.178	0.059	-0.240
<i>Oikopleura</i> spp.	0.180	0.026	0.019	-0.276
<i>Neocalanus</i> molt	-0.045	0.035	0.587	0.020
Other taxa	< 0.127	< 0.110	< 0.177	< 0.149

수층별 분포 양상도 종류에 따라 다른 양상을 띠었다. 대체로 난류 수역을 선호하는 종류들은 많은 종이 동시에 적은 개체수로 표층에 주로 분포하는 특성을 보이고, 한류 수역을 선호하는 종은 적은 종류가 많은 양 집중적으로 나타나는 특성을 보였다. 따라서, 전선역의 높은 종 다양성은 난류수의 영향, 높은 생물량은 한류수의 영향이라고 할 수 있었다.

사 사

이 연구는 교육부 학술연구조성비 (해양·수산분야) 중 동해 극전선 생물 생산력에 대한 특정연구과제 (1994~1997년)로 지원되었음. 본 연구를 위하여 애써준 부경대학교 해양공동조사선 탐양호 선원 (선장, 김정창 교수) 여러분의 탁월한 선상 지원에 깊은 감사를 드리며, 수온 및 염분 자료를 제공하여준 부경대학교 해양학과 이재철 교수에게 감사드립니다.

참 고 문 헌

Cho, K. D., S. Y. Hong, H. J. Kim and Y. R. Yang. 1983. Structure of shelf front distribution of plankton in the eastern part of the Yellow Sea. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 16, 316~326 (in Korean).

Choi, J. K. 1991. The influence of the tidal front on primary productivity and distribution of phytoplankton in the mid-eastern coast of Yellow Sea. *J. Oceanol. Soc. Kor.*, 26, 223~241 (in Korean).

Choi, K. H. and C. Park. 1993. Seasonal fluctuation of zooplankton community in Asan Bay, Korea. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 26, 424~437.

Gong, Y. 1971. A study on the south Korean coastal front. *J. Oceanol. Soc. Kor.*, 6, 25~36 (in Korean).

Horne, E. P. W., M. J. Bowman and A. Okubo, 1978. Cross-frontal mixing and cabbelling. In: *Oceanic Fronts in Coastal Processes*. M. J. Bowman and W. E. Esaias eds., Springer Verlag, Berlin, pp. 105~113.

Kang, Y. S. and S. S. Lee. 1991. Seasonal fluctuation of zooplankton biomass in the adjacent areas of Korea. *Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Agency*, 45, 1991 (in Korean).

McGowan, J. A. and D. M. Brown. 1966. A new opening-closing paired zooplankton net. *Univ. Calif. Scripps Inst. Oceanogr.*, SIO Ref. 66-23, 56pp.

Park, C. 1989. Zooplankton sample variability in the coastal area: the necessity for the replicate and time dependent sampling. *J. Oceanol. Soc. Kor.*, 24, 165~171 (in Korean).

Park, J. S., S. S. Lee, Y. S. Kang, B. D. Lee and S. H. Huh. 1990. The distribution of copepods and chaetognaths in the southern waters of Korea and their relationship to the characteristics of water masses. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 23, 245~252 (in Korean).

Pingree, R. D., G. R. Forster and G. K. Morrison. 1974. Turbulent convergent tidal fronts. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 54, 469~479.

Pingree, R. D., P. M. Holligan and G. T. Mardell. 1978. The effects of vertical stability on phytoplankton distributions in the summer on the northwest european shelf. *Deep-Sea Res.* 25, 1011~1028.

Pingree, R. D., G. P. Mardell and L. Maddock. 1983. A marginal front in Lyme Bay. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 63, 9~15.

Shim, J. H. and T. S. Lee. 1986. Studies of the plankton in the southwestern waters of the East Sea (Sea of Japan) (III) Zooplankton standing stock, composition and distribution. *J. Oceanol. Soc. Kor.*, 21, 146~155.

Simpson, J. H., P. B. Tett, M. L. Argote-Espinoza, A. Edwards, K. J. Jone and G. Savidge. 1982. Mixing and phytoplankton growth around an island in a stratified sea. *Continental Shelf Res.*, 1, 15~31.

UNESCO, 1968. *Zooplankton Sampling. Monographs on Oceanographic Methodology 2.* Paris, 174 pp.

Wiebe, P. H. 1971. A computer model study of zooplankton patchiness and its effects on sampling error. *Limnol. Oceanogr.*, 16, 29~38.

Wiebe, P. H., S. H. Boyd, B. M. Davis and J. L. Cox. 1982. Avoidance of towed nets by the euphausiid *Nematoscelis megalops*. *Fish. Bull.*, 80, 75~91.

Wiebe, P. H. and W. R. Holland. 1968. Plankton patchiness: effects on repeated net tows. *Limnol. Oceanogr.*, 13, 315~321.

1996년 7월 30일 접수

1997년 3월 5일 수리

Appendix. List of zooplankton taxa appeared in the study area (the present study, Nov. 1994 and 1995) and Southeastern Sea of Korea (Shim and Lee, 1986)

Taxon		1994	1995	Shim and Lee (1986)
PROTOZOA				
Dinoflagellida	<i>Noctiluca scintillans</i>	*		*
Foraminifera		*	*	
Sarcodina	<i>Acanthometron pellucidum</i>			*
	<i>Pleurospis costata</i>			*
	<i>Sphaerozoum germinativum</i>			*
	<i>S. verticillatum</i>			*
CNIDARIA				
Hydroida	<i>Aglanta digitale</i>	*		
	<i>Bougainvillia bitentaculata</i>			*
	<i>Crossota brunnea</i>			*
	<i>Liriope tetraphylla</i>			*
	<i>Obelia</i> spp.	*		
	<i>Solmundella bitentaculata</i>			*
Siphonophora	<i>Abylopsis eschscholtzi</i>			*
	<i>Bassia bassensis</i>			*
	<i>Diphyes contorta</i>			*
	<i>Diphyes</i> spp.	*	*	
	<i>Muggiaea atlantica</i>			*
	<i>Muggiaea</i> spp.	*		
CTENOPHORA		*	*	
	<i>Hormiphora palmata</i>			*
MOLLUSCA				
Gastropoda	<i>Atlanta</i> spp.	*	*	
	<i>Creseis</i> spp.	*		
	<i>Euclio</i> spp.	*		
	<i>Janthina</i> spp.	*	*	
	<i>Limacina</i> spp.	*	*	
Cephalopoda		*	*	
Larva	<i>Littorivaga brevicula</i>	*		
	Bivalve larva	*	*	
ANNELIDA				
Polychaeta	<i>Pelagobia longicirrata</i>			*
	larva	*	*	
ARTHROPODA				
Cladocera	<i>Evadne spinifera</i>	*		*
	<i>E. tergestina</i>			*
	<i>Evadne</i> spp.	*	*	
	<i>Penilia avirostris</i>			*
	<i>Podon schmackeri</i>			*
	<i>P. leukarti</i>			*
	<i>Podon</i> spp.	*	*	
Ostracoda	<i>Conchoecia serrurata</i>			*
	<i>Conchoecia</i> spp.	*	*	*
Copepoda	<i>Neocalanus plumchrus</i>	*		*
	<i>Neocalanus cristatus</i>		*	*
	<i>Calanus sinicus</i>	*	*	*
	<i>C. tenuicornis</i>	*	*	*(<i>Mesocalanus</i>)
	<i>C. minor</i>	*	*	*

<Appendix> continued

Taxon	1994	1995	Shim and Lee (1986)
<i>Canthocalanus pauper</i>			*
<i>Undinula vulgaris</i>	*	*	*
<i>Cosmocalanus darwinii</i>	*	*	*
<i>Eucalanus crassus</i>	*	*	*
<i>E. attenuatus</i>	*	*	*
<i>E. subtenuis</i>	*	*	*
<i>E. mucronatus</i>		*	*
<i>E. elongatus</i>		*	*
<i>E. subcrassus</i>	*		*
<i>E. bungii bungii</i>			*
<i>Rhincalanus cornatus</i>	*	*	*
<i>R. nasutus</i>		*	*
<i>Mecynocera clausi</i>			*
<i>Paracalanus parvus</i>	*	*	*
<i>P. aculeatus</i>	*	*	*
<i>P. crassirostris</i>	*		*
<i>Microcalanus pygmaeus</i>			*
<i>Acrocalanus gibber</i>	*	*	*
<i>A. gracilis</i>			*
<i>Ctenocalanus vanus</i>			*
<i>Clausocalanus furcatus</i>	*	*	*
<i>C. pergens</i>		*	*
<i>C. arcuicornis</i>			*
<i>Calocalanus pavo</i>	*	*	
<i>Euaetideus acutus</i>		*	
<i>Aetideus armatus</i>		*	*
<i>Pseudocalanus elongatus</i>	*	*	
<i>P. minutus</i>			*
<i>Gaetanus minor</i>	*		
<i>G. armiger</i>			*
<i>Gaidius pungens</i>			*
<i>Euchaeta marina</i>	*	*	*
<i>E. plana</i>	*	*	*
<i>E. concinna</i>	*	*	*
<i>E. longicauda</i>			*
<i>Pareuchaeta russelli</i>	*	*	*
<i>P. elongata</i>	*		*
<i>P. simplex</i>			*
<i>Metridia lucens</i>	*	*	*
<i>Scolecithricella minor</i>	*	*	*
<i>S. bradyi</i>		*	
<i>S. longispinosa</i>		*	
<i>Scolecithrix danae</i>	*	*	*
<i>Pleuromamma robusta</i>	*	*	*
<i>P. gracilis</i>			*
<i>Temora discaudata</i>	*	*	
<i>T. stylifera</i>	*	*	*
<i>T. turbinata</i>	*		*
<i>Centropages furcatus</i>	*	*	*
<i>C. abdominalis</i>			*

〈Appendix〉 continued

Taxon	1994	1995	Shim and Lee (1986)
<i>C. bradyi</i>	*	*	*
<i>C. elongatus</i>		*	
<i>C. tenuiremis</i>			*
<i>C. gracilis</i>			*
<i>C. violaceus</i>			*
<i>Lucicutia flavicornis</i>			*
<i>L. clausi</i>			*
<i>Heterohabdus papilliger</i>			*
<i>Labidocera japonica</i>		*	
<i>L. euchaeta</i>	*		
<i>L. pavo</i>	*		
<i>L. bipinnata</i>	*		*
<i>L. acuta</i>	*		*
<i>Calanopia thompsoni</i>		*	
<i>C. elliptica</i>			*
<i>Candacia bipinnata</i>	*	*	*
<i>C. truncata</i>	*	*	*
<i>C. catula</i>		*	*
<i>C. longimana</i>		*	
<i>C. curta</i>		*	
<i>Candacia</i> spp.	*		
<i>Pontella chierchiaie</i>			*
<i>Pontellina plumata</i>		*	
<i>Acartia clausi</i>	*	*	*
<i>A. pacifica</i>	*	*	*
<i>A. negligens</i>	*		*
<i>A. danae</i>			*
<i>A. spinicauda</i>			*
<i>A. hamata</i>			*
<i>Acartia</i> spp.	*		
<i>Oithona plumifera</i>	*	*	*
<i>O. setigera</i>	*	*	*
<i>O. similis</i>	*	*	*
<i>O. falax</i>			*
<i>O. nana</i>			*
<i>O. rigida</i>			*
<i>O. brevicornis</i>			*
<i>Oithona</i> spp.	*		
<i>Paroithona pulla</i>			*
<i>Corycaeus affinis</i>	*	*	*
<i>C. longistylis</i>	*	*	*
<i>C. pacificus</i>	*	*	*
<i>C. speciosus</i>	*	*	*
<i>C. gibbulus</i>	*	*	*
<i>C. latus</i>		*	
<i>C. flaccus</i>		*	
<i>C. carinatus</i>		*	
<i>C. rostratus</i>	*		
<i>C. catus</i>	*		*

〈Appendix〉 continued

Taxon	1994	1995	Shim and Lee (1986)
	*	*	
			*
			*
			*
Thaliacea	*		*
	*	*	
Salpa	*		
Fish larva	*	*	
Fish egg	*	*	
Unidentified eggs	*	*	