

만경 동진강 하구계의 동물플랑크톤의 분포와 염분

서해립 · 서호영 · 차성식

전남대학교 해양학과

Salinity and Distribution of Zooplankton in the Estuarine System of Mankyong River and Dongjin River

HAE-LIP SUH, HO YOUNG SÖH AND SEONG SIG CHA

Department of Oceanography, Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea

만경 동진강 하구계의 표층에 분포하는 동물플랑크톤을 1989년 10월과 1990년 3월, 5월 그리고 7월에 표준 네트로 수평 채집하였다. 우점하였던 주요 분류군은 10월과 3월은 요각류, 5월과 7월은 아광충이었다. 동물플랑크톤의 출현량은 개체수가 12~9,256 ind./m³, 습중량이 2.8~1,889.8 mg/m³ 범위로 상당한 시간간격적인 변동을 보였다. 요각류의 우점종은 10월에 *Pseudodiaptomus inopinus*와 *Paracalanus indicus*, 3월에 *Acartia hudsonica*와 *P. indicus*, 5월에 *A. hudsonica*와 *Centropages abdominalis* 그리고 7월에 *A. pacifica*, *P. indicus*와 *Tortanus spinicaudatus*로 변화하였다. 7월에는 강물의 유입량 증가로 정점간 염분변화가 심하게 나타났으며(0.7~28.9‰), 이것은 요각류의 군집구조를 변화시켰다. 중염기수역(5.0~28.0‰)에서는 *Acartia pacifica*, *A. hudsonica*, *Centropages tenuiremis*, *C. abdominalis*, *Labidocera euchaeta*, *Tortanus spinicaudatus*, *Corycaeus affinis* 그리고 *Paracalanus indicus* 8종이 분포하였다. 저염분에 강한 요각류가 빈염기수역(0.5~5.0‰)에 분포하였으며, 이들은 *Thermocyclops hyalinus*, *Pseudodiaptomus inopinus* 그리고 *Sinocalanus tenellus*의 3종이었다. 고염기수역(>28.0‰)에서는 *Labidocera bipinnata*, *Oithona similis*, *Calanus sinicus*, *Acartia omorii* 그리고 *Tortanus forcipatus*가 나타났다.

Zooplankton were sampled horizontally with a standard net from the surface layer of the estuarine system of Mankyong River and Dongjin River in October, 1989, March, May, and July, 1990. Among dominant taxa of the zooplankton community, copepods were predominant in October, 1989 and March, 1990 and *Noctiluca scintillans* in May and July, 1990. Abundance of zooplankton showed considerable spatial and temporal fluctuations with a range of 12~9,256 ind./m³ or 2.8~1,889.8 mg/m³ in wet weight. In the copepod community, *Pseudodiaptomus inopinus* and *Paracalanus indicus* were predominant in October, 1989; *Acartia hudsonica* and *P. indicus* in March, 1990; *A. hudsonica* and *Centropages abdominalis* in May, 1990; *A. pacifica*, *P. indicus* and *Tortanus spinicaudatus* in July, 1990. In summer (July), there were large seasonal changes in salinity (0.7~28.9‰), due to monsoonal flooding, and associated changes in community structure of copepods. There were eight species of copepods in the mixo-mesohaline zone (5.0~28.0‰), namely *Acartia pacifica*, *A. hudsonica*, *Centropages tenuiremis*, *C. abdominalis*, *Labidocera euchaeta*, *Tortanus spinicaudatus*, *Corycaeus affinis* and *Paracalanus indicus*. On the other hand, *Thermocyclops hyalinus*, *Pseudodiaptomus inopinus* and *Sinocalanus tenellus* occurred in the mixo-oligohaline zone (0.5~5.0‰), showing more tolerant of low salinity than any of the other species. In the mixoeuhaline zone (>28.0‰), *Labidocera bipinnata*, *Oithona similis*, *Calanus sinicus*, *Acartia omorii* and *Tortanus forcipatus* were founded.

서 론

산업화가 진행됨에 따라 한국의 주요 하구의 대부분은 원래의 모습을 잃어가고 있다. 예를 들어, 한강, 낙동강, 금강, 영산강 하구는 댐 건설로, 섬진강 하구는 매립 등으로 수리역학적 환경이 크게 변하였고, 이에 따라 하구 생태계의 플랑크톤 군집 역시 큰 변화가 생기게 된다(Gabriel *et al.*, 1975). 그러나 댐 건설 및 매립공사 이전의 플랑크톤 군집에 대한 자료가 극히 적어 공사 후 플랑크톤 군집이 어떻게 변화하였는가를 추정하는데 어려움을 겪어왔다. 한국 서해안에 위치하는 만경 동진강 하구계는 커다란 조차와 강물의 유입 등으로 염분의 변화가 심한 곳으로, 다른 연안역에서는 흔히 찾아 볼 수 없는 독특한 수리역학적 특성을 갖는다. 또한 두 강의 유역에는 대규모 공장지대와 같은 오염원에 의한 수질오염의 영향도 적어 한국 하구 생태계의 원형을 비교적 잘 보존하고 있을 것으로 여겨진다. 따라서, 만경 동진강 하구계의 동물플랑크톤 군집에 관한 연구는 이미 공사가 진행되어 공사 이전의 자료를 구할 수 없는 다른 하구의 동물플랑크톤 군집의 원래 모습을 엿볼 수 있는 정보를 제공하여 줄 것이다.

매우 약한 운동력 밖에 갖고 있지 않은 동물플랑크톤은 당연히 해류, 조류 등의 흐름에 의존하여 이동하거나 분포하게 된다. 또한 동물플랑크톤의 개체군이 유지되기 위해서는 생식활동에 의한 증가분이 자연사망과 포식에 의한 감소분을 보충할 수 있어야 한다. 일반적으로 동물플랑크톤은 각 종별로 생식활동에 적합한 고유의 환경조건을 가지며, 그 가운데 가장 중요한 것은 생물의 대사속도를 지배하는 수온과 삼투압 조절에 작용하는 염분으로 여기지고 있다(Barlow, 1955; Lance, 1963). 또한, 생식활동을 할 수 있는 환경조건은 단순히 서식 가능한 환경조건보다 훨씬 좁은 범위가 되므로, 호염성 해양 플랑크톤이 기수역에 분포한다 하더라도 개체군을 유지하기에 충분한 생식활동을 하기 어렵다. 따라서 하구에는 기수 환경에서 높은 생식활동을 유지할 수 있는 개체군이 남게되어 기수 생태계 고유의 플랑크톤 군집이 형성된다(Jefferies, 1962). 그러나 하구는 담수와 해수가 만나는 곳이며, 또한 이들이 혼합되어 만들어진 기수(염분 0.5~30‰, Remane and Schlieper, 1971)가 존재하므로 하구에는 담수,

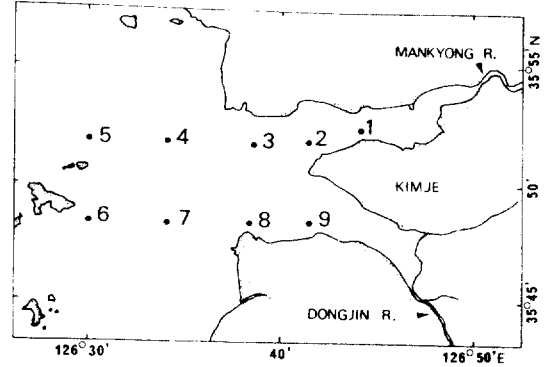


Fig. 1. Chart of the estuarine system near Kimje, western Korea, showing locations of sampling stations at the mouths of Mankyong River and Dongjin River.

해수, 그리고 기수에 서식하는 생물군이 혼재되어 나타난다(Gunter, 1961; Haertel and Osterberg, 1967). 이들의 분포양상은 강물의 유입에 의하여 하구에서 외만쪽으로 변화하는 염분에 크게 영향을 받게 된다(Jones *et al.*, 1990).

만경 동진강 하구계는 강물의 유입과 조류의 영향으로 물리적 환경요인의 변화가 큰 해역이며 하구에서 외만쪽으로 뚜렷한 염분의 변화가 나타나는 곳이므로(차·박, 1991), 동물플랑크톤의 출현종별 서식장소의 특성이 잘 나타나는 곳이다. 본 연구에서는 하구역에 나타나는 동물플랑크톤의 전체 분류군을 대상으로 종조성과 생물량을 밝혀 계절별 특성을 비교하고, 아울러 가장 우점적으로 출현하는 분류군인 요각류의 분포와 이들의 분포에 가장 큰 영향을 미치는 환경요인인 염분과의 관계를 검토하여 요각류의 군집구조의 특성을 밝히고자 하였다.

재료 및 방법

동물플랑크톤의 채집은 1989년 10월과 1990년 3월, 5월과 7월의 총 4회에 걸쳐 조류가 약한 소조 기간을 택하여 만경 동진강 하구계의 9개 정점에서 이루어졌다(Fig. 1). 조사해역의 해황을 파악하기 위하여 T-S bridge(Hydro-Bios Type MC5)를 사용하여 각 정점에서 수심 1m 층의 수온 및 염분을 측정하였다.

동물플랑크톤은 망구 직경 60 cm, 망목 330 μ m인 표준 네트를 사용하여 수심 1m층을 2.5 knots의

속도로 약 5분간 수평 채집하였다. 또한 정량분석을 위하여 망구에 유속계(Hydro-Bios 100H)를 부착하여 여과 해수량을 측정하였는데 그 값은 91~135 m³ (평균 111 m³)이었다(차·박, 1991). 채집된 시료는 선상에서 6%의 중성 포르말린으로 고정하였다. 습중량은 Omori and Ikeda(1984)의 방법에 따라 0.1 mg 단위까지 측정하였으며, 종조성 및 개체수의 조사에 시료의 분할이 필요할 때는 분할기를 사용하였으며(Motoda, 1959), 분할이 끝난 시료는 각 분류군 별로 계수하여 1 m³당 개체수로 환산하였다. 동물플랑크톤 군집의 종다양성을 비교 분석하기 위하여 Shannon-Wiever의 종다양성지수(H')를 구하였다.

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$$

여기서, s = 출현종수

P_i = 총출현개체수에 대한 i종의 개체수 비율.

요각류의 출현종에 따른 분포양상을 비교하기 위하여 유사도 지수를 구하였다. 각 종의 정점별 출현 개체수의 변화가 심하므로 대수변환을 하였다. 유사도 지수는 Bray and Curtis(1957)의 percent similarity를 사용하였다. 각 종간의 유사도 지수 행렬로부터 정점들을 결합시키는 방법으로는 비가중 평균결합법(unweighted pair grouping method analysis, UPGMA)을 사용하여 수상도로 나타내었다.

$$PS = 1 - D / (A + B)$$

여기서, D = 2종간 출현량 차이의 합

A = 1종의 총출현량

B = 다른 1종의 총출현량

종다양성지수 및 유사도지수의 분석에는 Ludwig and Reynold(1988)의 program을 이용하였다.

결 과

1. 수온 및 염분

만경 동진강 하구계의 수심 1 m 층에서 조사기간 동안 관측된 수온은 8.4~27.6°C, 염분은 0.7~30.5‰의 범위로 나타났으며, 조사시기 및 조사정점에

Table 1. Variation of surface water temperature (°C) and salinity (‰) at each station in the estuarine system of Mankyong River and Dongjin River from October, 1989 through July, 1990

Sta.	October 1989		March 1990		May 1990		July 1990	
	Sal.	Temp.	Sal.	Temp.	Sal.	Temp.	Sal.	Temp.
1	25.9	15.9	22.2	10.3	17.6	14.3	0.7	27.6
2	26.2	14.9	24.5	8.7	21.1	17.3	8.5	26.9
3	27.2	15.8	26.8	9.5	25.0	17.7	9.7	27.1
4	27.8	15.8	28.2	8.5	29.7	15.7	21.9	26.0
5	29.0	16.8	29.7	8.4	30.4	14.8	28.6	24.2
6	29.3	17.2	-	-	30.5	14.6	28.9	24.8
7	29.4	17.3	28.5	8.6	30.4	15.1	26.8	25.4
8	29.1	16.8	27.3	9.3	28.0	16.5	26.6	25.4
9	25.3	15.8	26.4	8.4	25.4	16.9	18.5	26.5

따라 뚜렷한 분포양상의 차이를 보였다(Table 1). 수온은 10월에 14.9~17.3°C로 2.4°C의 차이를 보였고, 3월에는 8.4~10.3°C로 차이는 1.9°C로 나타났다. 5월에는 14.3~17.7°C로 3.4°C의 차이를 보였고, 7월에는 24.2~27.6°C로 3.4°C의 차이를 보였다. 염분은 10월에 25.3~29.4‰로 4.1‰의 차이를 보였고, 3월에는 22.2~29.7‰로 7.5‰의 차이를 보였다. 5월에는 17.6~30.5‰로 차이는 12.9‰이었고, 7월에는 0.7~28.9‰로 28.2‰의 차이를 보였다.

수온의 계절변동은 컸으나 조사정점간의 차이는 상대적으로 작았다. 그러나 염분은 하구 외만의 정점 5와 6에서는 계절변화가 작았으며, 내만으로 갈수록 강물의 유입량의 차이에 따라 계절변화가 커졌다. 만경 동진강 하구계는 탁도가 매우 높고, 혼합작용이 활발하여 조사기간 동안 뚜렷한 수온 및 염분의 성층화 현상은 관찰되지 않았다(차·박, 1991).

2. 동물플랑크톤

2.1 종조성 및 생물량

총 4회의 조사에서 46개의 분류군이 나타났으며 종 수준까지 동정된 것은 31개 분류군이었다. 조사기간 동안 동물플랑크톤은 10월에 33개 분류군이 출현하였으나 이듬해 3월에는 15개 분류군으로 줄어들었으며, 수온이 상승함에 따라 분류군수도 5월에는 28개 분류군으로 증가하였으며, 7월에는 36개 분류군으로 가장 높게 나타났다(Table 2). 한편 요각류는 23종이 동정되어 동물플랑크톤의 주요 분류군 가운데 가장 많이 출현한 분류군이었다.

출현 개체수는 10월에는 12~1,987 ind./m³로 정

Table 2. The list of zooplankton observed in this study. Roman numerals alongside species names indicate the months collected: III, V, VII and X represent March, May, July and October, respectively

<i>Noctiluca scintillans</i>	III, V, VII
unidentified Siphonophora sp.	X
unidentified Scyphozoa sp.	III, V, VII, X
unidentified Polychaeta sp.	VII
unidentified <i>Diaphanosoma</i> sp.	VII
<i>Podon polyphemoides</i>	V, VII
<i>Evadne nordmanni</i>	V, VII
<i>Evadne tergestina</i>	VII, X
<i>Penilia avirostris</i>	V, VII, X
<i>Calanus sinicus</i>	III, V, VII, X
<i>Paracalanus indicus</i>	III, V, VI, X
<i>Sinocalanus tenellus</i>	V, VII
<i>Centropages furcatus</i>	X
<i>Centropages abdominalis</i>	III, V, VII, X
<i>Centropages tenuiremis</i>	VII
<i>Pseudodiaptomus marinus</i>	V, X
<i>Pseudodiaptomus inopinatus</i>	III, V, VII, X
<i>Temora discaudata</i>	X
<i>Eurytemora affinis</i>	III
<i>Calanopia thompsoni</i>	X
<i>Labidocera bipinnata</i>	V, VII, X
<i>Labidocera euchaeta</i>	V, VII, X
<i>Acartia pacifica</i>	VII, X
<i>Acartia omorii</i>	III, V, VII, X
<i>Acartia hudsonica</i>	III, V, VII, X
<i>Tortanus forcipatus</i>	VII, X
<i>Tortanus spinicaudatus</i>	V, VII, X
<i>Thermocyclops hyalinus</i>	VII
<i>Oithona nana</i>	III, V
<i>Oithona similis</i>	VII
<i>Corycaeus affinis</i>	III, V, VII, X
unidentified Harpacticoida sp.	X
unidentified Amphipoda sp.	VII
unidentified Mysidacea sp.	V, VII, X
unidentified <i>Lucifer</i> sp.	VII, X
<i>Acetes japonicus</i>	V, VII, X
<i>Sagitta crassa</i>	III, V, VII, X
<i>Sagitta enflata</i>	X
<i>Oikopleura dioica</i>	III, V, VII, X
Gastropoda veliger	V, VII
Bivalvia veliger	V, VII, X
Polychaeta larvae	III, V, VII, X
Cirripede nauplii and cyprii	III, V, VII, X
Decapoda zoea and megalopa	V, VII, X
Pluteus	V, VII, X

점간 평균은 300 ind./m³이었고, 3월에는 336~9,256 ind./m³로 평균은 4,598 ind./m³로 조사기간 중 최

Table 3. Numbers of species and individuals (ind./m³), biomass in wet weight (mg/m³), and diversity index of zooplankton collected in the estuarine system of Mankyong River and Dongjin River from October, 1989 through July, 1990. The numbers in parentheses represent the values of copepod

	1989		1990	
	October	March	May	July
No. of species	32 (17)	15 (9)	28 (13)	36 (16)
No. of individual				
Range	12~1987 (4~1946)	336~9256 (262~9175)	129~1123 (10~293)	14~773 (4~93)
Mean	300 (279)	4598 (4093)	368 (81)	350 (40)
Biomass				
Range	2.8~806.8 (0.8~354.6)	51.8~1889.2 (45.3~1793.6)	16.8~214.4 (1.5~45.7)	15.0~149.8 (0.8~28.4)
Mean	124.7 (56.9)	791.1 (719.7)	85.9 (14.0)	60.3 (6.2)
Diversity index	1.22 (0.91)	0.87 (0.52)	1.42 (1.05)	1.88 (1.86)

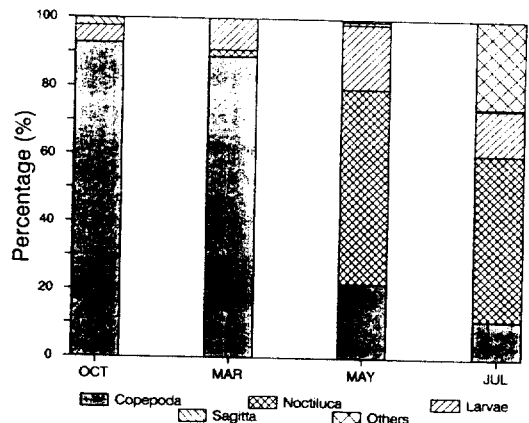


Fig. 2. Composition of the major taxa in zooplankton community collected in this study.

고의 값을 보였다. 5월에는 129~1,123 ind./m³로 평균은 368 ind./m³이었으며, 7월에는 14~773 ind./m³로 350 ind./m³의 평균 값을 보였다(Table 3). 출현 개체수에 의거한 주요 분류군의 조성도 시기별로 커다란 차이를 보였다(Fig. 2). 요각류는 10월의 조성이 92.8%로 가장 높았으며, 3월은 89.3%로 약간 낮아졌으나 여전히 높은 조성을 유지하였다. 그러나 5월에는 요각류의 조성이 22.1%로 더

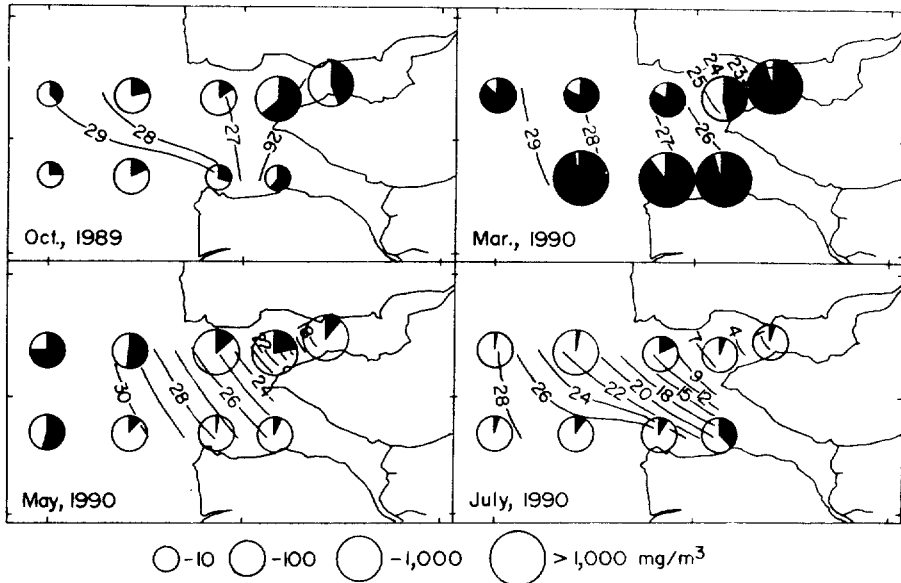


Fig. 3. The horizontal distribution of zooplankton biomass along salinity gradient. The closed portion of the circles represents the percentage of copepods at each station. Numerals within contours denote salinity.

Table 4. Dominant copepods during the study period. Percentage indicates relative abundance of 5 most important species in each month

Dominant copepods	%
October 1989	
<i>Pseudodiaptomus inopinus</i>	66.6
<i>Paracalanus indicus</i>	25.2
<i>Tortanus spinicaudatus</i>	5.6
<i>Tortanus forcipatus</i>	0.4
<i>Centropages abdominalis</i>	0.4
March 1990	
<i>Acartia hudsonica</i>	81.8
<i>Pseudodiaptomus inopinus</i>	17.4
<i>Centropages abdominalis</i>	0.4
<i>Paracalanus indicus</i>	0.2
<i>Calanus sinicus</i>	0.1
May 1990	
<i>Acartia hudsonica</i>	71.2
<i>Centropages abdominalis</i>	15.3
<i>Pseudodiaptomus inopinus</i>	4.4
<i>Acartia omorii</i>	2.2
<i>Corycaeus affinis</i>	1.9
July 1990	
<i>Acartia pacifica</i>	32.6
<i>Paracalanus indicus</i>	29.9
<i>Tortanus spinicaudatus</i>	12.2
<i>Corycaeus affinis</i>	7.1
<i>Centropages tenuiremis</i>	4.5

욱 낮아졌으며, 대신 *Noctiluca scintillans*의 조성이 57.6%로 나타나 최고의 값을 보였다. 일시성 플랑크톤인 패류, 다모류, 만각류, 십각류의 부유 유생이 차지하는 비율은 18.9%로 조사기간 중 최고의 값을 보였다. 7월은 *N. scintillans*가 49.0%로 가장 높은 조성을 보였으며 요각류는 11.5%로 낮아진 반면 일시성 플랑크톤의 조성은 13.5%에 달하였다.

습중량으로 측정된 동물플랑크톤의 생물량은 10월에는 2.8~806.8 mg/m³으로 평균 124.7 mg/m³로 나타났으며, 3월에는 51.8~1,889.8 mg/m³으로 평균 값은 791.1 mg/m³이었다. 5월에는 16.8~214.4 mg/m³로 평균은 85.9 mg/m³이었으며, 7월에는 15.0~149.8 mg/m³로 조사기간 중 최소의 평균값인 60.3 mg/m³를 보였다(Table 3). 동물플랑크톤의 생물량 가운데 요각류가 차지하는 비율을 보면(Fig. 3), 10월에는 18.4~63.3%로 평균은 45.6%이었으며, 3월은 45.9~98.6%로 평균은 91.0%로 조사기간 중 최고의 값을 보였다. 5월은 1.6~75.0%로 평균은 16.3%로 낮아졌으며, 10월은 더욱 낮아져 2.3~36.9%로 평균은 10.3%로 최저였다.

동물플랑크톤의 출현 개체수로부터 계산된 종다양성지수(H')는 0.87~1.88로 1.01의 차이를 보였으

며, 요각류에서는 0.52~1.86으로 차이는 1.34이었다 (Table 3). 이와 같이 요각류에서 차이가 크게 나타난 것은 요각류의 군집구조의 계절변동이 심했음을 대변한다고 하겠다. 32개 분류군이 출현하였던 10월에는 1.22이었는데 28개 분류군이 출현한 5월에는 이보다 높은 값인 1.42이었다. 이러한 현상은 10월에 *Pseudodiaptomus inopinus*와 *Paracalanus indicus*가 우점하였기 때문으로 여겨진다. 겨울을 지난 이듬해 3월은 종다양성지수 값이 0.87로 조사 기간 중 최소이었으며, 이는 출현 분류군 수의 감소와 *Acartia hudsonica*와 *P. inopinus*의 우점적인 출현과 관련이 있을 것으로 판단된다. 5월은 출현 분류군 수가 28개로 증가하면서 *Noctiluca scintillans*가 요각류 대신 우점적으로 출현하면서 종다양성지수 값은 1.42로 높아졌다. 수온이 상승하면서 일서성 플랑크톤의 증가와 더불어 새로운 종이 계속 가입되는 7월에는 36개 분류군이 출현하면서 종다양성지수는 1.88로 최대값을 보였다. 이 때의 우점종은 *N. scintillans*와 지각류인 *Evadne tergestina*이었으나 16종이 출현한 요각류에서는 나타나지 않았다.

2.2 분포

동물플랑크톤 생물량의 분포양상은 Fig. 3과 같다. 10월의 동물플랑크톤은 만경강 하구에 위치한 정점 1과 2에서 집중적으로 나타났으며 이곳에서 채집된 생물량은 습중량으로 각각 806.8 mg/m³와 216.4 mg/m³이었다. 그러나 정점 1과 2를 제외한 나머지 정점은 50 mg/m³ 이하로 낮은 값을 보였다. 이와 같은 경향은 출현 개체수의 분포에서도 볼 수 있는데, 정점 1과 2에 나타난 개체수는 각각 1,987 ind./m³와 441 ind./m³의 값으로 전체의 약 90%가 이곳에서 채집되었다. 요각류의 습중량은 정점 1과 2에서 각각 354.6 mg/m³와 136.9 mg/m³로 높게 나타났는데, 이는 전체 생물량의 43.9%와 63.3%를 차지하는 높은 값이었다. 주요종은 *Pseudodiaptomus inopinus*와 *Paracalanus indicus*이었으며, 후자가 전 조사정점에서 나타났는데 반하여 전자는 정점 1과 2에만 분포하는 특성을 보였다.

3월은 조사기간 중 동물플랑크톤의 생물량이 최고이었다. 습중량은 정점 1에서 1,889.2 mg/m³로 최고였으며, 정점 7, 8, 9에서도 1,000 mg/m³ 이상의 높은 값이 나타났다. 정점 2에서는 438.7 mg/m³가

나타났으나 정점 3, 4, 5에서는 100 mg/m³보다 낮은 값을 보였다. 개체수는 동진강 하구에 위치한 정점 9에서 9,256 ind./m³로 최고였으며, 그 다음은 정점 1로서 8,855 ind./m³이었고, 정점 7과 8도 6,000 ind./m³ 이상의 높은 값을 보였다. 정점 2와 4에서는 각각 3,713 ind./m³와 1,053 ind./m³가 출현하였으나 정점 3과 5에서는 400 ind./m³ 이하로 낮게 나타났다. 요각류는 개체수, 습중량 및 전체 동물플랑크톤 생물량에서 차지하는 비율에서 모두 최고 값을 나타내었다. 요각류의 습중량은 정점 1에서 1,793.6 mg/m³로 최고였으며, 그 다음은 정점 8, 9, 7순으로 이어지는데, 모두 1,000 mg/m³ 이상의 높은 값을 보였다. 이상의 4개 정점은 전체 생물량 중 요각류가 점하는 비율이 90%를 넘는 높은 값을 나타내었다. 요각류 가운데 우점적으로 출현한 종은 *Acartia hudsonica*와 *Pseudodiaptomus inopinus*이었으며 두 종의 분포양상은 뚜렷한 차이를 보였다. *A. hudsonica*는 정점 9에 분포의 중심을 두고 전 정점에서 출현하였으나, *P. inopinus*는 정점 1, 2와 3에만 나타나며 분포의 중심은 정점 1이었다.

5월의 동물플랑크톤은 만경강 하구에 위치한 정점 1, 2, 3에서 습중량이 높게 나타났다. 정점 2에서 214.4 mg/m³로 최고 값을 보였고 정점 3과 1에서는 각각 192.9 mg/m³와 172.3 mg/m³로 나타났다. 습중량이 높았던 정점 1, 2, 3에서는 출현개체수가 각각 226 ind./m³, 361 ind./m³와 393 ind./m³로 나타났다. 정점 8에서 습중량은 90.8 mg/m³이었으나 개체수는 1,123 ind./m³로 최고 값을 보였다. 이와 같이 습중량과 개체수간에 반비례 현상이 나타나는 것은 단위 개체당 중량이 높은 요각류의 조성이 낮아진 대신 단위 개체당 중량이 낮은 *Noctiluca scintillans*가 대량 출현하였기 때문으로 판단된다. 요각류의 습중량은 정점 2에서 45.7 mg/m³로 최고의 값을 보였고 정점 1과 3은 각각 17.7 mg/m³와 24.5 mg/m³를 보였다. 정점 6~9에서 10 mg/m³ 이하로 습중량이 낮은 것은 정점 6, 7, 8에서는 *N. scintillans*가 그리고 정점 9에서는 만각류의 유생이 우점적으로 출현하였기 때문이다. 요각류의 주요 종에 대한 분포양상을 살펴보면, *Acartia hudsonica*가 정점 2를 중심으로 정점 1, 3, 4에 출현하였고, *Centropages abdominalis*는 정점 5에 집중적으로 분포하며, 정점 9를 제외한 전 정점에서 나타났다. 또한 *Pseudodiaptomus*

*inopinus*는 정점 1을 중심으로 정점 2, 3, 9에 출현하였다.

7월은 정점 4에서 습중량이 149.8 mg/m³로 최고였고 정점 1, 5와 9에서 각각 77.5 mg/m³, 75.8 mg/m³, 76.9 mg/m³로 나타났다. 그밖의 정점에서는 15~50 mg/m³로 낮았다. 출현 개체수는 정점 5에서 773 ind./m³의 비교적 높은 값이 나타났다. 그 다음은 정점 7로 514 ind./m³가 출현하였다. 정점 5~7은 *Noctiluca scintillans*가 330~620 ind./m³로 모두 높은 값을 보였다. 요각류의 습중량은 동진강 하구 내만 정점 9에서 28.4 mg/m³로 최고를 보였고 그밖의 정점에서는 모두 10 mg/m³ 이하의 낮은 값이었다. 주요종은 *Acartia pacifica*, *Paracalanus indicus*와 *Tortanus spinicaudatus*이었다. 이 가운데 *A. pacifica*는 정점 3을 중심으로 만경강 하구 내만인 정점 1과 만경 동진강 하구계의 외만인 정점 5와 6을 제외한 나머지 정점에서 고루 분포하였다. *P. indicus*는 정점 7을 중심으로 정점 2를 제외한 전 정점에서 나타났으며, *T. spinicaudatus*는 정점 9에 집중적으로 분포하며 그 외에 정점 2, 3, 7, 8에도 나타났다.

3. 요각류의 분포와 염분

요각류를 대상으로 정점별 출현량에 따라 종간의 유사도를 계산하여 수상도를 작성하여 무리를 나누었다. 하구 생태계에서 요각류의 분포는 염분과 밀접한 관계가 있으므로(Day et al., 1989) 염분의 분포양상과 각종의 계절별 출현 양상을 비교하면, 각 무리에 속하는 종들이 계절에 따라 어떻게 무리를 지어 염분의 변화에 적응하고 있는가를 알 수 있다.

10월에는 집괴분석 결과, 유사도 0.43 수준에서 3무리로 구분되었다(Fig. 4). *Pseudodiaptomus marinus*, *Harpacticoida* sp.와 *Calanopia thompsoni*의 "A" 무리와 *Acartia omorii*, *A. pacifica*, *A. hudsonica*, *Centropages furcatus*, *Tortanus forcipatus*와 *Temora discaudata*의 "B" 무리로 구분되었고, "C" 무리는 *Labidocera bipinnata*, *Calanus sinicus*, *Pseudodiaptomus inopinus*, *Tortanus spinicaudatus*, *Paracalanus indicus*, *Labidocera euchaeta*, *Corycaeus affinis*와 *Centropages abdominalis*의 8종으로 구성된다. "A" 무리에 속한 종의 분포중심은 염분 27.8~29.0‰의 범위로 비교적 고염분인 하구의 외

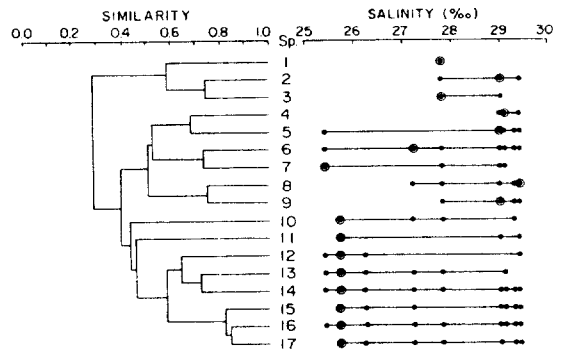


Fig. 4. Dendrogram illustrating the species association and salinity range of copepods collected on October 1989. The salinity ranges are marked with regard to occurrence of species by a dot and maximum population by a circle with dot. Numbers 1~17 refer to species name of copepods: 1. *Pseudodiaptomus marinus*; 2. *Harpacticoida* sp.; 3. *Calanopia thompsoni*; 4. *Acartia omorii*; 5. *Centropages furcatus*; 6. *Acartia pacifica*; 7. *Acartia hudsonica*; 8. *Tortanus forcipatus*; 9. *Temora discaudata*; 10. *Labidocera bipinnata*; 11. *Calanus sinicus*; 12. *Pseudodiaptomus inopinus*; 13. *Tortanus spinicaudatus*; 14. *Paracalanus indicus*; 15. *Labidocera euchaeta*; 16. *Corycaeus affinis*; 17. *Centropages abdominalis*.

만쪽이었다. "B" 무리의 종 가운데 *Acartia* 속의 요각류가 3종 나타났는데 *A. omorii*는 염분 29.1‰에 분포중심을 가지면서 29.0~29.4‰에 분포하였으며, *A. pacifica*는 25.4~29.4‰의 염분범위에 고루 나타났으나 염분 27.2‰에 집중적으로 분포하였고, *A. hudsonica*는 염분 29.1‰에서도 나타났으나 분포중심은 25.4‰이었다. "C" 무리의 종은 모두 염분 25.7‰에 분포의 중심을 갖는 종으로 구성되어 있어 상대적으로 저염분을 좋아하는 요각류의 무리이었다.

3월에는 분명하게 무리지워지는 않았지만, 1개 정점에서만 채집된 3종을 제외한다면 유사도 0.65 수준에서 *Pseudodiaptomus inopinus*의 "A" 무리와 *Corycaeus affinis*와 *Calanus sinicus*의 "B" 무리와 *Acartia hudsonica*, *Centropages abdominalis*와 *Paracalanus indicus*의 "C" 무리로 구분할 수 있었다(Fig. 5). "A" 무리와 *P. inopinus*는 염분 26.8‰ 이하의 곳에 출현하였으며 분포의 중심은 염분 22.2‰의 곳이었다. "B" 무리의 종은 염분 26.4‰ 이상에서만 분포하였지만, "C" 무리의 종은 염분 22.2~29.7‰의 범위에 고루 나타났다. "C" 무리의 종

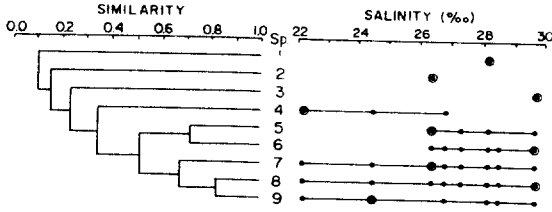


Fig. 5. Dendrogram illustrating the species association and salinity range of copepods collected on March 1990. The salinity ranges are marked with regard to occurrence of species by a dot and maximum population by a circle with dot. Numbers 1~9 refer to species name of copepods: 1. *Oithona nana*; 2. *Eurytemora affinis*; 3. *Acartia omorii*; 4. *Pseudodiaptomus inopinus*; 5. *Corycaeus affinis*; 6. *Calanus sinicus*; 7. *Acartia hudsonica*; 8. *Centropages abdominalis*; 9. *Paracalanus indicus*.

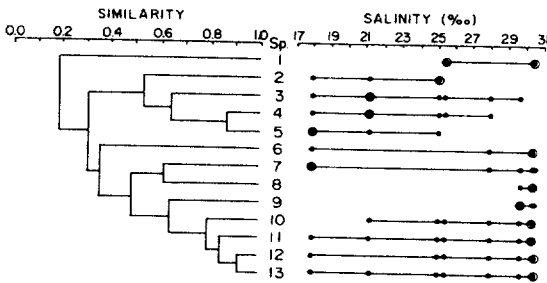


Fig. 6. Dendrogram illustrating the species association and salinity range of copepods collected on May 1990. The salinity ranges are marked with regard to occurrence of species by a dot and maximum population (s) by a circle with dot. Numbers 1~13 refer to species name of copepods: 1. *Sinocalanus tenellus*; 2. *Labidocera euchaeta*; 3. *Acartia hudsonica*; 4. *Tortanus spinicaudatus*; 5. *Pseudodiaptomus inopinus*; 6. *Labidocera bipinnata*; 7. *Oithona nana*; 8. *Pseudodiaptomus marinus*; 9. *Acartia omorii*; 10. *Paracalanus indicus*; 11. *Centropages abdominalis*; 12. *Corycaeus affinis*; 13. *Calanus sinicus*.

가운데 *C. abdominalis*는 외만쪽인 염분 29.7‰의 곳에 분포중심을 보였고, *A. hudsonica*는 염분 26.4‰의 곳에 집중적으로 나타났으며, *P. indicus*의 분포중심은 내만쪽인 염분 24.5‰의 비교적 저염분의 곳이었다.

5월에는 2개 정점에서만 채집된 *Sinocalanus tenellus*를 제외한다면, 유사도 0.35 수준에서 2무리로 구분되었다(Fig. 6). "A" 무리는 *Labidocera euchaeta*, *Acartia hudsonica*, *Tortanus spinicaudatus*와 *Pseudodiaptomus inopinus*의 4종으로 각각 구성되어

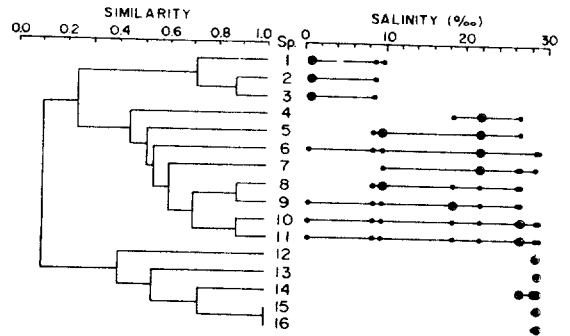


Fig. 7. Dendrogram illustrating the species association and salinity range of copepods collected on July 1990. The salinity ranges are marked with regard to occurrence of species by a dot and maximum population (s) by a circle with dot. Numbers 1~16 refer to species name of copepods: 1. *Thermocyclops hyalinus*; 2. *Pseudodiaptomus inopinus*; 3. *Sinocalanus tenellus*; 4. *Acartia hudsonica*; 5. *Centropages abdominalis*; 6. *Labidocera euchaeta*; 7. *Centropages tenuiremis*; 8. *Acartia pacifica*; 9. *Tortanus spinicaudatus*; 10. *Corycaeus affinis*; 11. *Paracalanus indicus*; 12. *Labidocera bipinnata*; 13. *Oithona similis*; 14. *Calanus sinicus*; 15. *Acartia omorii*; 16. *Tortanus forcipatus*.

있으며, *Labidocera bipinnata*, *Oithona nana*, *Pseudodiaptomus marinus*, *Acartia omorii*, *Paracalanus indicus*, *Centropages abdominalis*, *Corycaeus affinis*와 *Calanus sinicus*의 8종은 "B" 무리로 구분되었다. "A" 무리에 속하는 종의 분포중심은 염분 25.0‰ 이하이었다. 이 가운데 *P. inopinus*는 염분 17.9‰의 가장 저염분의 곳에 분포중심을 가졌으며, *A. hudsonica*와 *T. spinicaudatus*는 모두 염분 21.1‰에 집중적으로 나타났다. 또한 *L. euchaeta*의 분포중심은 염분 25.0‰로 비교적 고염분이었으나 그 이상의 범위에서는 출현하지 않았다. "B" 무리의 종들은 *O. nana*를 제외하고는 모두 염분 29.7~30.5‰의 범위에 분포의 중심을 나타내어, 이들은 비교적 고염분을 좋아하는 무리의 요각류이었다.

7월은 유사도 0.40에서 명확하게 3무리를 구분할 수 있었다(Fig. 7). "A" 무리는 *Thermocyclops hyalinus*, *Pseudodiaptomus inopinus*와 *Sinocalanus tenellus*의 3종, "B" 무리는 *Acartia pacifica*, *A. hudsonica*, *Centropages tenuiremis*, *C. abdominalis*, *Labidocera euchaeta*, *Tortanus spinicaudatus*, *Corycaeus affinis*와 *Paracalanus indicus*의 8종, 그리고 "C"

부리는 *Labidocera bipinnata*, *Oithona similis*, *Calanus sinicus*, *Acartia omorii*와 *Tortanus forcipatus*의 5종으로 구성되었다. "A" 무리의 3종은 모두 염분 10‰ 이하에서만 분포하며, 특히 이들의 분포중심의 염분은 0.7‰로 가장 저염분인 곳이었다. "B" 무리에 속하는 종의 분포중심은 염분 9.7~26.8‰의 넓은 범위에 있다. 이 가운데 *C. affinis*와 *P. indicus*는 염분 26.8‰의 비교적 고염분의 곳에 집중적으로 분포하였으나 *A. hudsonica*, *C. abdominalis*, *L. euchaeta*와 *C. tenuiremis*의 4종은 이보다 저염분인 21.9‰에서 분포중심이 나타났다. "C" 무리의 종은 모두 염분 28.6‰ 이상에서만 나타나며 대부분 분포중심이 염분 28.9‰의 가장 고염분의 곳이었다.

고 찰

동물플랑크톤의 군집을 생태학적으로 연구하기 위해서는 무엇보다도 대상 생물의 분포 및 생물량에 대한 정확한 정보가 필요하다. 이러한 정보는 완벽한 시료 채집에 의하여 얻어질 수 있지만 아직 풀기 어려운 기계적, 생물학적 문제점들이 가로 놓여 있으며, 다양한 동물플랑크톤 분류군을 동시에 정량적으로 채집하는 방법은 현단계에서 존재하지 않는다(Omori and Ikeda, 1984; Park et al., 1989). 본 연구에서 사용한 망목 330 μm는 박(1989)에 의하여 한국연안의 동물플랑크톤 채집용 표준 망목으로 제안된 바 있으나, 망목보다 작은 분류군의 정량적 채집에는 여전히 의문이 남게 된다. 대표적으로, *Noctiluca scintillans*와 같은 종의 생물량은 과소평가될 수 있다. 한국 서해 연안역에 있어 적절한 동물플랑크톤의 채집기기, 채집방법에 대하여는 박(1989)에 의하여 검토가 되어있어 본 연구에서는 기계적 문제점에 대하여는 상당부분 해결할 수 있었다. 그러나 주간 수평채집에만 의존한 본 연구는 patch에 의한 영향은 제거할 수 있었으나 동물플랑크톤의 수직이동에 의한 생물학적 문제점은 극복할 수 없었다. 동물플랑크톤의 일주기 수직이동은 외양에서와 마찬가지로 조류의 혼합작용이 활발한 연안역(Park, 1990) 및 하구역(Barlow, 1955; Cronin et al., 1962; Fulton, 1984)에서도 일어나며, 이들은 주간에 저층 가까이(near bottom)에 분포하였다가 야간에 부상하므로 주간 채집에 의한 생물량 조사는

과소평가될 수 있다(Lee and McAlice, 1979a).

하구의 동물플랑크톤은 기초생산자에 의하여 만들어진 유기물과 강물에서 유입되는 detritus 에너지를 더 높은 영양단계로 옮겨주는 1차 소비자의 역할을 한다(Heinle and Flemer, 1975; Poulet, 1976; Roman, 1984). 최근, Columbia 강 하구에서 먹이망 구조를 조사한 Simenstad et al.(1990)은 동물플랑크톤에 의한 소비율이 전체의 71~83%에 이른다고 보고하여 1차 소비자로서의 중요성을 강조하였다. 본 연구에서는 3월에 동진강 하구쪽의 정점 9에서 개체수 9,256 ind./m³와 습중량 1,889.2 mg/m³로 최고의 생물량이 관찰되었다(Table 3). 이렇게 높은 생물량은 개체수 및 습중량에서 각각 9,154 ind./m³와 약 1,700 mg/m³로 나타난 요각류 *Acartia hudsonica*의 대량 출현에 기인하였다. 요각류의 습중량을 측정할 때에는 동물플랑크톤 시료에서 요각류만 골라내서 측정하였으므로 유기물의 조각에 의한 측정오차는 최소화할 수 있었다. 지금까지 한국 서해안 연안에서 보고된 요각류의 생물량 가운데 최고값은 1981년 4월에 가로림만의 내만(정점 3)에서 관찰된 *Eurytemora pacifica*의 17,524 ind./m³이다(김·허, 1983). *E. pacifica*의 체장이 *A. hudsonica*와 비슷하므로 습중량으로 환산하면 약 3,200 mg/m³에 이르며, 이 값은 본연구에서 나타난 최고값의 거의 2배에 이른다. Raymont(1983)는 전세계의 동물플랑크톤의 생물량의 분포를 종합하여 연안의 용승역에서 높은 값이 관찰되며 최고값은 습중량 1,000~1,200 mg/m³의 범위에 있다고 보고하고 있다. 따라서 본 연구의 최고값은 흔치 않게 높은 값이지만 하구 생태계에서만 나타나는 특이한 현상이라고는 할 수 없다.

열대 하구역의 요각류와 염분 분포 양상을 비교한 연구는 인도의 Cochin Backwater를 비롯한 여러 하구에서 이루어졌다(Tranter and Abraham, 1971; Pillai, 1971; Rao, 1977; Goswami and Selvakumar, 1977). 인도의 하구역은 수온의 변화가 적어 표층수온은 연중 30℃를 중심으로 약 5~6℃의 변동을 보인다. 그러나 우기에 접어들면 염분의 변화는 매우 심하게 나타나 약 30‰에서 거의 담수에 가깝게 희석된다. Tranter and Abraham(1971)은 Cochin Backwater에서 *Acartia* 과에 속하는 9종의 요각류 개체군이 염분 변화에 따라 계절적으로 변동

하고 있음을 보고하고 있다. 한편 온대역에 속하는 하구역의 특징은 우선 수온의 연변동이 크다; 점이다. 따라서 그것에 서식하는 요각류는 1년 동안에 여름은 열대, 겨울은 한대해역과 비슷한 수온을 경험하지 않으면 안된다. 염분 역시 강물의 유입량 변화에 따라 계절적으로 심하게 변하기 때문에 온대 하구역의 요각류는 이러한 환경에 적응하여 각 종은 어느 일정한 수온과 염분 범위 안에서 분포하게 된다. 그 결과로 요각류 군집구조의 계절변동이 나타난다 (Cronin *et al.*, 1962; Jeffries, 1962; Knatz, 1978; Lee and McAlice, 1979b; Durbin and Durbin, 1981; Fulton, 1984).

만경 동진강 하구계에서 우점적으로 나타난 요각류는 10월에 *Pseudodiaptomus inopinus*와 *Paracalanus indicus*, 3월에 *Acartia hudsonica*와 *P. inopinus*, 5월에 *A. hudsonica*와 *Centropages abdominalis* 그리고 7월에 *Acartia pacifica*, *Paracalanus indicus*와 *Tortanus spinicaudatus*이었다(Table 4). 이러한 요각류 군집의 계절변동을 요각류 크기의 변화로 검토하기 위하여 Table 3의 요각류 습중량과 출현 개체수 값으로부터 요각류 1개체당 평균 중량을 구하였다. 그 결과 10월에는 203.9 μg 로 가장 높았고 3월과 5월에는 각각 175.8 μg 과 172.8 μg 이었으며, 7월에는 155.0 μg 으로 가장 낮았다. Fulton(1984)은 미국 동부의 하구역에서 요각류 군집의 체장변화를 조사하여 겨울에 가장 컸으며(2 mm), 봄에는 중간 크기(1.5 mm)이었으며, 여름에는 가장 작았다(0.5 mm)고 보고하였다. 만경 동진강 하구역에서 고수온기에 작은 요각류가 나타나는 현상은 Fulton의 결과와 일치하였으나, 수온이 가장 낮았던 3월보다 10월에 커다란 요각류가 나타난 현상은 Fulton의 결과와 일치하지 않았다. 이러한 현상은 비교적 큰 요각류에 속하는 *P. inopinus*의 대량 출현(66.6%) 때문에 일어났다고 판단된다.

총 4회의 조사기간 중 모두 나타난 요각류는 7종으로 *Calanus sinicus*, *Paracalanus indicus*, *Centropages abdominalis*, *Pseudodiaptomus inopinus*, *Acartia omorii*, *A. hudsonica*, *Corycaeus affinis*이었다(Table 2). 이 가운데 비교적 높은 생물량을 유지하였던 *Pseudodiaptomus inopinus*, *Acartia hudsonica*, *Centropages abdominalis*와 *Paracalanus indicus*의 4종을 만경 동진강 하구계의 요각류를 대

표하는 종으로 꼽을 수 있었다.

본 연구에서 나타난 *Pseudodiaptomus* 속의 종은 *P. marinus*와 *P. inopinus*이었다. *P. marinus*는 대표적 연안종으로(Uye and Kasahara, 1978; Kim, 1985), 만경 동진강 하구역에서는 5월과 10월에 각각 염분 27.8‰와 30.4‰에서 분포의 중심이 나타났다(Figs. 4, 6). 한편 *P. inopinus*는 대표적 기수성 요각류로 영산호와 한강하류계에서도 Yoo and Lim (1989, 1991)에 의하여 확인되었다. 본 조사기간 동안 본 종의 분포중심의 염분은 10월에 25.9‰, 3월에 22.2‰ 또 5월에 17.6‰, 그리고 7월에 0.7‰이었다. 이 값은 10월을 제외하고는 시기별로 최저 염분이 관측된 곳이기도 하다(Figs. 4~7). 따라서 실제 분포중심의 염분농도는 이보다 낮아질 수 있다. 특히 7월의 염분 0.7‰의 곳에서 분포의 중심이 나타난 것은 본 종이 한국의 담수화된 기수역에도 충분히 서식할 수 있음을 보여주고 있다.

Acartia 속의 종은 *A. pacifica*, *A. hudsonica*와 *A. omorii*의 3종이 만경 동진강 하구계에서 나타났다(Table 2). *A. pacifica*는 난류성 연안종으로 한국의 서해안에서 비교적 고수온기에 나타나는 것으로 보고되어 있으나(Kim, 1985), 본 종의 분포해역의 염분에 관한 정보는 드물다. 본 종의 분포중심의 수온 및 염분은 7월에 27.1℃와 9.7‰, 10월에는 15.8℃와 27.2‰이었다(Table 1, Figs. 4, 7). 따라서 본 종은 고수온기에는 저염분을 좋아하다가 수온이 내려감에 따라 고염분으로 분포의 중심을 옮기는 것으로 판단된다. 한편 *A. hudsonica*와 *A. omorii*는 총 4회의 조사기간 중 모두 나타났다(Talbe 2). *A. omorii*는 연안 내만역에 넓게 분포하며, *A. hudsonica*는 폐쇄적인 내만과 기수역에만 분포하는 것으로 알려져 있다(Ueda, 1986; 강·이, 1990). 본 연구에서 *A. hudsonica*의 분포중심은 염분 17.9~26.4‰의 범위이었으나 *A. omorii*는 이보다 높은 28.9~29.7‰의 범위인 것으로 나타났다(Table 1, Figs. 4~7). 그러나 10월과 5월에 측정된 최저 염분의 정점에서 *A. hudsonica*의 분포중심이 나타났기 때문에 실제 분포중심의 염분은 이보다 더 낮아질 수도 있다. 또한 *A. omorii*도 10월, 3월과 7월에 각 시기별 최고 염분에서 분포중심이 나타났기 때문에 본 연구에서 얻어진 값보다 높아질 가능성이 있다. 그러나 *A. omorii*의 분포중심의 염분이 28.9~29.7‰ 범위

로 차이가 0.8‰에 불과하므로 본 연구에서 얻어진 값에서 크게 높아지리라고는 보여지지 않는다. 만경 동진강 하구역에서 *A. hudsonica*와 *A. omorii*는 7월을 제외한 매 시기에 같은 염분의 정점에서 동시에 출현하여 염분으로 두 종을 명확히 구분하기 어렵지만, 대략 27~28‰를 경계로 저염인 곳에서 *A. hudsonica*, 고염인 곳에서 *A. omorii*의 분포중심이 나타나는 것으로 판단된다.

본 연구에서 *Centropages*속은 *C. abdominalis*, *C. tenuiremis*와 *C. furcatus*의 3종이 나타났다. Kim (1985)은 앞의 2종을 한국 연안에서 흔히 볼 수 있는 종이며, *C. furcatus*는 이보다 외양에 분포한다고 보고하였다. 또한 *C. tenuiremis*는 천수만 입구에서 다량 관찰되기도 하였다(김·허, 1983). 만경 동진강 하구계에서는 *C. tenuiremis*와 *C. furcatus*가 각각 7월과 10월에만 나타났으나, *C. abdominalis*는 전 조사기간에 출현하였다. *C. abdominalis*의 분포중심은 7월에 9.7‰와 21.9‰에서 같게 나타났으나, 이 시기를 제외하고는 7월의 염분보다 높은 25.7~30.4‰의 범위에서 관찰되었다.

Shim and Yun(1990)에 의하면 *Paracalanus indicus*가 서해안 천수만에서 연중 출현하였으며, 이 기간의 염분은 28.7~31.7‰ 범위이었다. 만경 동진강 하구계에서 본 종의 분포중심은 조사기간 동안 염분 24.5~30.4‰의 범위에 있었다.

본 조사기간 가운데 7월에 정점간 가장 커다란 염분의 변화가 관찰되었다(Table 1, Fig. 7). 이 때 나타난 염분은 0.7~28.9‰로 그 차이는 28.2‰에 이르렀다. 7월에 나타난 기수역을 Remane and Schlieper(1971)의 분류체계를 참고하여 다시 빈염기수역(0.5~5‰), 중염기수역(5~28‰)과 고염기수역(>28‰)으로 나누어 요각류 분포양상과 비교하여 보았다. 그 결과 Fig. 7과 같이 하구역에서의 염분 변화는 요각류 군집구조에 직접적으로 영향을 주고 있음이 확인되었다. 빈염기수역에 분포의 중심을 갖는 요각류는 3종으로 *Thermocyclops hyalinus*, *Pseudodiaptomus inopinus*와 *Sinocalanus tenellus* 이었다. 이 가운데 *T. hyalinus*와 *S. tenellus*는 영산호와 한강하류계에서 출현이 보고된 바 있다(Yoo and Lim, 1989; 1991). 따라서 이들은 하구의 빈염기수역을 대표하는 요각류로 판단된다. 중염기수역에는 비교적 많은 종이 무리지어 분포하였으며,

이 가운데 *Corycaeus affinis*와 *Paracalanus indicus*는 다른 종에 비하여 분포의 중심이 고염분 해역에 있었다. 만경 동진강 하구계에서는 염분 28‰를 경계로 고염의 해역에 또 다른 무리의 군집이 나타났다. 이 무리에는 *Labidocera bipinnata*, *Oithona similis*, *Calanus sinicus*, *Acartia omorii*와 *Tortanus forcipatus* 등 6종이 속하여 있으며, 이들은 하구의 고염기수역을 대표하는 종으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 부분적으로 문교부 기초과학연구소 학술연구조성비의 지원에 의하여 이루어졌다. 시료의 처리를 도와준 전남대 해양학과 한명원, 오정순, 박명정에게 감사드린다.

참고문헌

강영실, 이삼석, 1990. 한국 연안의 요각류 중 *Acartia clausi*로 분류되어지고 있는 종에 대한 재검정 및 분포에 대한 연구. 한국수산학회지, 23: 378-384.
 김동엽, 허형택, 1983. 가로림만 요각류의 계절변화에 대하여. 해양연구, 5: 29-35.
 박철, 1989. 연안역 동물 플랑크톤 시료의 변이: 반복 채집 및 시간별 채집의 필요성. 한국해양학회지, 24: 165-171.
 차성식, 박광재, 1991. 만경 동진강 하구의 부유성 난 자치의 분포양상. 한국해양학회지, 26: 47-58.
 Barlow, J.P., 1955. Physical and biological processes determining the distribution of zooplankton in a tidal estuary. Biol. Bull., 109: 211-225.
 Bray, J.R. and J.T. Curtis, 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. Ecol. Monogr., 27: 325-349.
 Cronin, L.E., J.C. Daiber and E.M. Hulbert, 1962. Quantitative seasonal aspects of zooplankton in the Delaware River estuary. Chesapeake Sci., 3: 63-93.
 Day, J.W. Jr, C.A.S. Hall, W.M. Kemp and A. Yanez-Arancibia, 1989. Estuarine ecology. Wiley-Interscience, N.Y., 558pp.
 Durbin, A.G. and E.G. Durbin, 1981. Standing stock and estimated production rates of phytoplankton and zooplankton in Narragansett Bay, Rhode Island. Estuaries, 4: 24-41.
 Fulton, R.S. III, 1984. Distribution and community structure of estuarine copepods. Estuaries, 7: 38-50.
 Gabriel, P.L., N.S. Dias and A. Nelson-Smith, 1975. Temporal changes in the plankton of an industrialized estuary. Estuarine Coastal Mar. Sci., 3: 145-151.
 Goswami, S.C. and R.A. Selvakumar, 1977. Plankton studies in the estuarine system of Goa. Proc. Symp. Warm Water Zooplankton, Goa, India, 226-241.

- Gunter, G., 1961. Some relations of estuarine organisms to salinity. *Limnol. Oceanogr.*, **6**: 182-190.
- Haertel, L. and C. Osterberg, 1967. Ecology of zooplankton, benthos and fishes in the Columbia River estuary. *Ecology*, **48**: 459-472.
- Heinle, D.R. and D.A. Flemer, 1975. Carbon requirement of a population of the estuarine copepod *Eurytemora affinis*. *Mar. Biol.*, **31**: 235-247.
- Jeffries, H.P., 1962. Copepod indicator species in estuaries. *Ecology*, **43**: 730-733.
- Jones, K.K., C.A. Simenstad, D.L. Higley and D.L. Bottom, 1990. Community structure, distribution, and standing stock of benthos, epibenthos, and plankton in the Columbia River estuary. *Prog. Oceanog.*, **25**: 211-241.
- Kim, D.Y., 1985. Taxonomical study on calanoid copepod (Crustacea: Copepoda) in Korean waters. Ph. D. Thesis, Hanyang Univ., 187pp.
- Knatz, G., 1978. Succession of copepod species in a middle Atlantic estuary. *Estuaries*, **1**: 68-71.
- Lance, J., 1963. The salinity tolerance of some estuarine planktonic copepods. *Limnol. Oceanogr.*, **8**: 440-449.
- Lee, W.Y. and B.J. McAlice, 1979a. Sampling variability of marine zooplankton in a tidal estuary. *Estuarine Coastal Mar. Sci.*, **8**: 565-582.
- Lee, W.Y. and B.J. McAlice, 1979b. Seasonal succession and breeding cycles of *Acartia* (Copepoda: Calanoida) in a Maine estuary. *Estuaries*, **2**: 228-235.
- Ludwig, J.A. and J.F. Reynolds, 1988. Statistical ecology. Wiley-Interscience, N.Y., 337pp.
- Motoda, S., 1959. Devices of simple plankton apparatus. *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, **7**: 73-94.
- Omori, M. and T. Ikeda, 1984. Methods in marine zooplankton ecology. Wiley-Interscience, N.Y., 332pp.
- Park, C., 1990. Day-night differences in zooplankton catches in the coastal area of active tidal mixing. *J. Oceanol. Soc. Korea*, **25**: 151-159.
- Park, C., J.H. Wormuth and G.A. Wolff, 1989. Sample variability of zooplankton in the nearshore off Louisiana with consideration of sampling design. *Continental Shelf Res.*, **9**: 165-179.
- Pillai, P.P., 1971. Studies on the estuarine copepods of India. *J. mar. biol. Ass. India*, **13**: 162-172.
- Poulet, S.A., 1976. Feeding of *Pseudocalanus minutus* on living and non-living particles. *Mar. Biol.*, **34**: 117-125.
- Rao, T.S.S., 1977. Salinity and distribution of brackish warm water zooplankton in Indian estuaries. Proc. Symp. Warm Water Zooplankton, Goa, India, 196-204.
- Raymont, J.E.G., 1983. Plankton and productivity in the oceans. Vol. 2. Zooplankton. Pergamon, Oxford, 465 pp.
- Remane, A. and C. Schlieper, 1971. Biology of brackish water. Wiley-Interscience, N.Y., 372pp.
- Roman, M.R., 1984. Utilization of detritus by the copepod, *Acartia tonsa*. *Limnol. Oceanogr.*, **29**: 949-959.
- Shim, J.H. and K.H. Yun, 1990. Seasonal variation and production of zooplankton in Chonsu Bay, Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, **25**: 229-239.
- Simenstad, C.A., L.F. Small and C.D. McIntire, 1990. Consumption processes and food web structure in the Columbia River estuary. *Prog. Oceanog.*, **25**: 271-297.
- Tranter, D.J. and S. Abraham, 1971. Coexistence of species of Acartiidae (Copepoda) in the Cochin Backwater, a monsoonal estuarine lagoon. *Mar. Biol.*, **11**: 222-241.
- Ueda, H., 1986. Taxonomic reexamination and geographic distribution of copepods known as *Acartia clausi* in Japanese and inlet waters. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **42**: 134-138.
- Uyc, S. and S. Kasahara, 1978. Life history of marine copepods in neritic region with special reference to the role of resting eggs. *Bull. Plankton Soc. Japan*, **25**: 109-122.
- Yoo, K.I. and B.J. Lim, 1989. Systematic studies on the freshwater Copepoda (Crustacea) in Lake Yongsan, Korea. *Kor. J. Limn.*, **22**: 127-146.
- Yoo, K.I. and B.J. Lim, 1991. Seasonal variation in the zooplankton community structure of the lower Han River system. *Kor. J. Limn.*, **24**: 85-91.

Received April 8, 1991

Accepted July 15, 1991