

## 가막만에 출현하는 동물플랑크톤의 종조성과 계절별 출현 양상

서호영\* · 이인태<sup>1</sup> · 윤양호<sup>2</sup> · 최상덕<sup>3</sup> · 이삼노<sup>4</sup>  
한명일<sup>2</sup> · 김병섭<sup>2</sup> · 강윤호<sup>3</sup> · 이우범<sup>4</sup>

여수대학교 수산과학연구소, <sup>1</sup>전남대학교 해양연구소, <sup>2</sup>여수대학교 해양시스템학부,  
<sup>3</sup>여수대학교 수산생명과학부, <sup>4</sup>여수대학교 건설·환경공학부

## Species Composition and Occurrence Patterns of Zooplankton in Gamag Bay

Ho Young Soh\*, In-Tae Lee<sup>1</sup>, Yang Ho Yoon<sup>2</sup>, Sang Duk Choi<sup>3</sup>, Sam No Lee<sup>4</sup>,  
Myeong Il Han<sup>2</sup>, Byeong Seob Kim<sup>2</sup>, Yun Ho Kang<sup>3</sup> and Woo Beom Lee<sup>4</sup>

*Fisheries Science Institute, Yosu National University, Yeosu 550-749, Korea*

<sup>1</sup>*Institute of Marine Sciences, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea*

<sup>2</sup>*Division of Ocean System, Yosu National University, Yeosu 550-749, Korea*

<sup>3</sup>*Division of Aqua Life Science, Yosu National University, Yeosu 550-749, Korea*

<sup>4</sup>*Division of Civil and Engineering, Yosu National University, Yeosu 550-749, Korea*

**Abstract** - Zooplankton was sampled vertically with a Norpac net from Gamag Bay in April, July, September and December, 2001. Copepods were predominant in April and December, and cladocerans in July and *Noctiluca scintillans* in September, respectively. There are high spatio-temporal fluctuations in the abundance of zooplankton with a range of 22~17,197 indiv./m<sup>3</sup>. In the copepod community, neritic species, *Eurytemora pacifica*, *Acartia omorii*, *Centropages abdominalis* and *Calanus sinicus* were predominant in April; *Labidocera rotunda* and *A. erythraea* in July; *A. erythraea* and *Paracalanus parvus* s. l. in September; *A. omorii* and *E. pacifica* in December. However, oceanic species *Eucalanus* sp. and *Neocalanus* sp. were abundant in September. It indicates that although Gamag Bay is semi-closed, the distribution pattern of zooplankton is seasonally strongly affected by oceanic waters in addition to neritic ones.

**Key words** : Gamag Bay, zooplankton, neritic species

### 서 론

해양생태계에서 동물플랑크톤은 기초생산자로 대표되는 식물플랑크톤을 먹이로 하여 보다 상위 영양단계인

어패류, 어류 등에 에너지를 전달하는 중간고리로서 중요한 역할을 수행한다. 그러나, 동물플랑크톤 중에는 식물플랑크톤을 주 먹이로 하는 입자식자 이외에도 해파리류같은 전형적인 육식자와 중간식자들도 함께 포함되어 있어, 동물플랑크톤 군집구조는 보다 복잡한 양상을 나타내고 있다. 이러한 복잡한 에너지 전달 구조는 동물플랑크톤 서식지 환경에 따라 커다란 차이를 나타낸다.

\* Corresponding author: Ho Young Soh, Tel: 061-659-2743,  
E-mail: hysoh@yosu.ac.kr

특히, 여수반도 남쪽에 위치한 가막만은 수하식 굴양식이 전체 수면적의 9.9%를 차지하고 있을 뿐만 아니라, 인접도시로부터 산업폐수와 도시하수 등에 의한 오염물질이 유입되고 있으므로 동물플랑크톤의 종조성 및 출현 양상은 이곳의 수질환경과 해수 순환에 커다란 영향을 받을 가능성이 매우 높다.

지금까지 가막만에 관한 연구는 물리환경 파악(이와 조 1990; 이와 장 1982; Kim 1983; 이와 최 1985), 식물플랑크톤 분포 및 군집특성(양 1977; Shim 1980; 심 등 1981; 윤 1995, 2000a, b), 그리고 굴양식장 환경 특성(Cho *et al.* 1982) 등 다수가 발표되었으나, 동물플랑크톤에 관한 연구는 심과 노(1982)의 연구를 제외하고는 매우 빈약하다.

본 연구에서는 고수온기에 각종 생활하수와 산업폐수 유입으로 인한 저산소화와 적조 발생 등, 매우 복잡하고 다양한 해양환경 특성을 갖는 가막만에 출현하는 동물플랑크톤의 종조성과 분포 특성을 살펴보고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 조사지역

가막만은 여수반도 남단과 돌산도에 의해 둘러 쌓여 있는 내만으로 남북과 동서 방향의 길이가 각각 15 km와 9 km로 타원형의 모습을 보여준다(Fig. 1). 평균 수심은 9 m로, 분지형태의 북서지역과 남쪽 만입구는 수심 10 m 이상으로 비교적 깊은 반면, 중앙부는 돌출하여 수심이 5 m 이하로 상대적으로 얕다(Kang 1981). 대조시 조차는 약 3 m에 달하며, 해수의 소통은 북동쪽의 여수항과 남쪽의 만 입구를 통하여 원활히 이루어지고 있다(국립수산진흥원 1978). 이러한 흐름의 특징은 가막만 내에 3개의 수괴를 형성하는 것으로 알려져 있다(이와 조 1990). 또한, 가막만 전체 면적의 9.9%를 차지하는 수하식 굴양식장은 만 중앙부를 중심으로 남쪽과 동쪽에 집중되어 있으며, 만 남쪽입구에는 가두리 양식장이 밀집되어 있어, 연안해류의 원활한 소통을 방해하고 있다. 그러나, 해수 유동량의 약 80%가 남쪽 입구로 유입하며, 20% 정도가 여수항 협수도를 통과하는 것으로 추정된다(이와 장 1982).

### 2. 재료 및 방법

동물플랑크톤 채집은 가막만 선소를 기점으로 하여 14개 정점에서 계절별로 4월(봄), 7월(여름), 9월(가을), 12월(겨울)의 4회에 걸쳐 실시하였다(Fig. 1). 조사해역

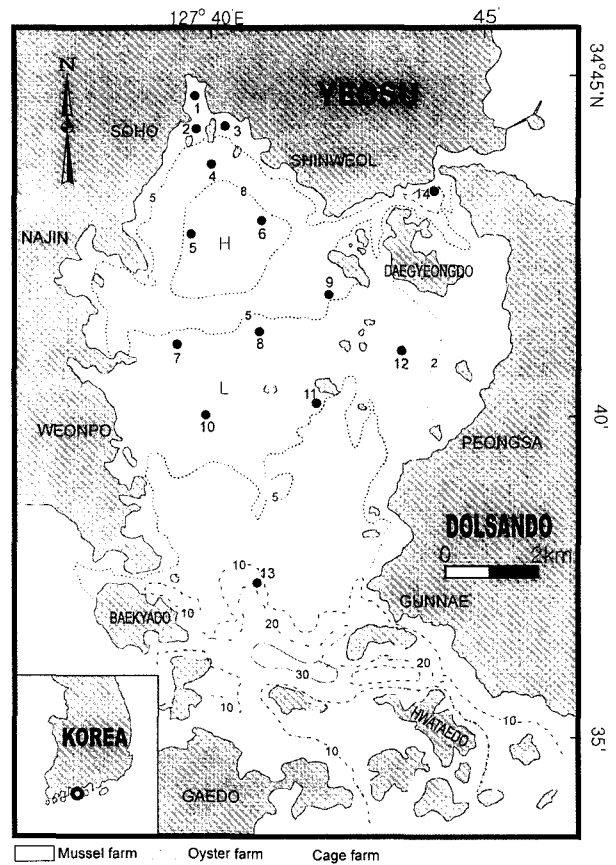


Fig. 1. A map showing sampling stations in Gamag Bay.

의 해황을 파악하기 위하여 DO meter (YSI #58)를 사용하여 각 정점에서 표층과 저층의 수온 및 염분을 측정하였다. Chl-*a*의 자료는 조사시기와 거의 비슷한 시기의 자료를 참고하였다(Figs. 2, 3).

동물플랑크톤은 NORPAC 네트(망목 320  $\mu$ m, 망구직경 45 cm)를 이용하여 1 m/sec의 속도로 수직 채집하였다. 채집된 시료는 즉시 선상에서 중성포르말린을 사용하여 5%가 되도록 고정하였다. 정량분석을 위하여 네트 망구에 유속계 (Hydro-Bios Kiel 438115)를 부착하여 여과 해수량을 측정하였다. 종조성 및 출현개체수의 조사에 시료의 분할이 필요할 때는 Folsom식 분할기를 이용하여 1/2~1/8까지 분할한 후, Bogorov 계수판에서 해부현미경 (Olympus SZ40)을 사용하여 종수준까지 동정하였으며, 출현개체수는 1 m<sup>3</sup>당 개체수로 환산하였다. 동물플랑크톤을 동정할 때 보다 세밀한 관찰이 필요한 경우는 동정에 필요한 부속지를 해부하여 고배율 광학현미경 (Nikon Axiophot) 하에서 관찰하였다. 동물플랑크톤 군집의 종다양성을 비교 분석하기 위하여 Shannon-Wiever (1963)의 종다양성지수 (*H'*)를 다음 식에 의하여

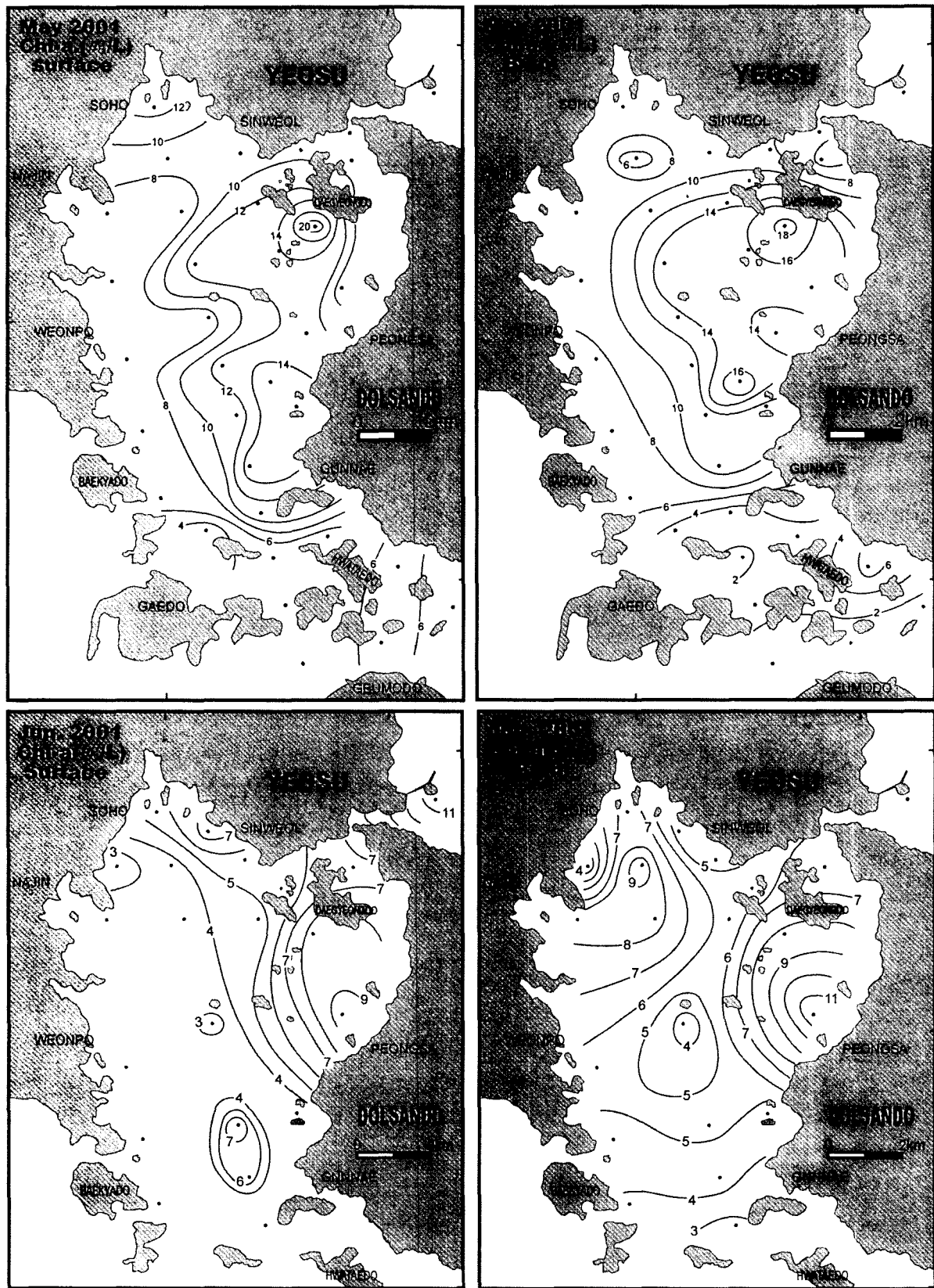


Fig. 2. Spatio-temporal distributions of chlorophyll *a* concentration in Gamag Bay on May and June 2001.

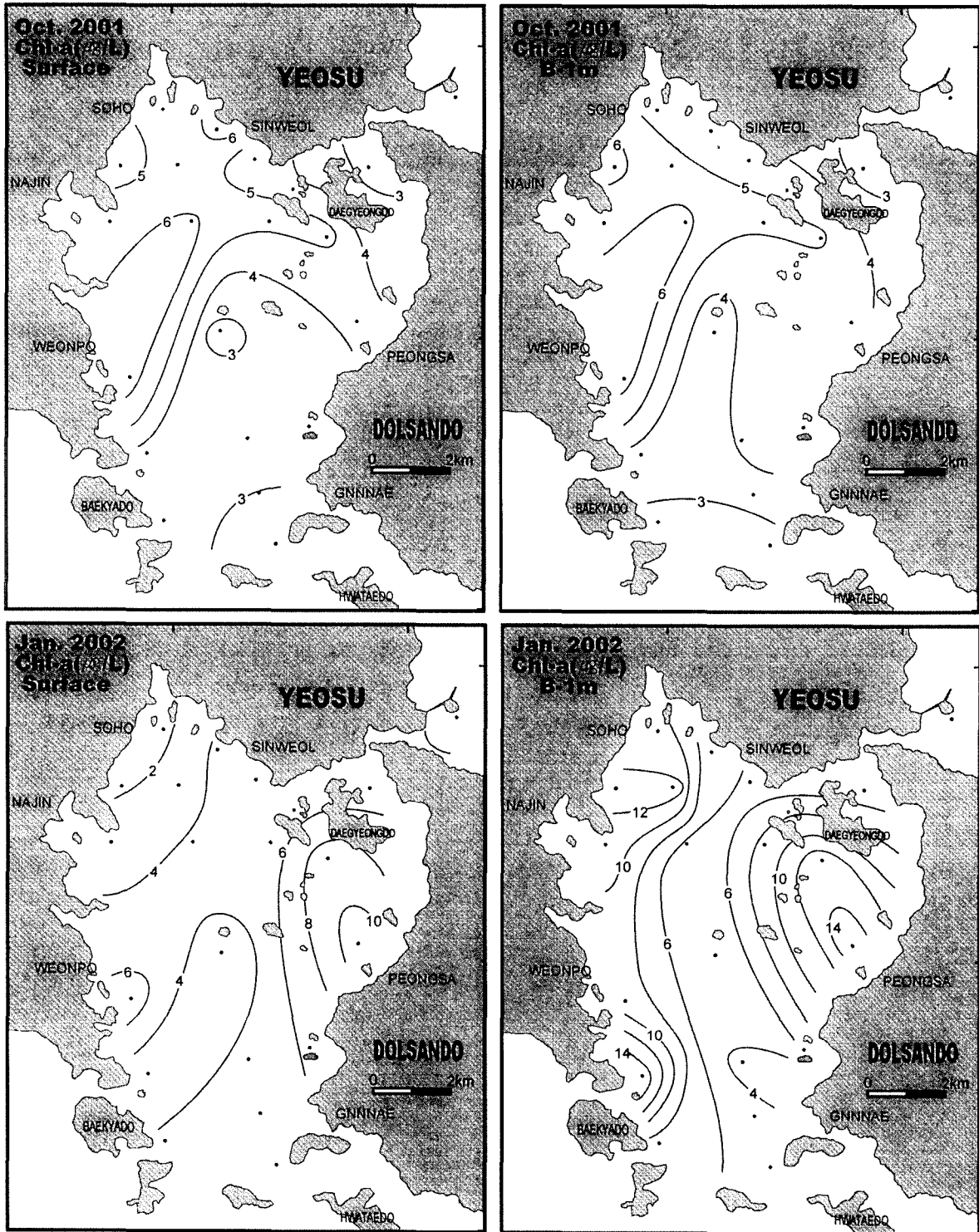


Fig. 3. Spatio-temporal distributions of chlorophyll *a* concentration in Gamag Bay on October 2001 and January 2002.

구하였다.

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

여기서, *s* = 출현종수,

*P<sub>i</sub>* = 총출현개체수에 대한 *i*종의 개체수 비율.

또한, 조사정점간 동물플랑크톤 군집의 유사성을 비교

하기 위하여 각 출현종의 개체수를  $\log_{10}+1$  변환한 후, 통계프로그램 SPSS (version 8.0)를 이용하여 집괴분석을 실시하였다.

## 결 과

### 1. 수온, 염분, Chl-a 농도

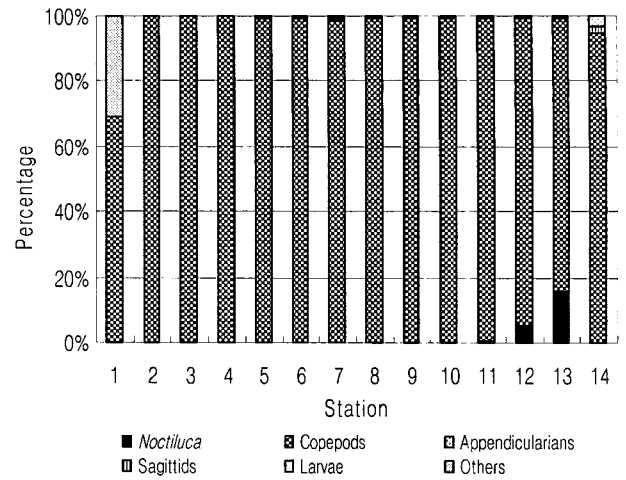
가막만에서 조사기간 동안 관측된 수온은 11.5~30.1 °C의 범위로 정점간에는 비슷하였으나, 계절간 뚜렷한 차이를 보였다 (Table 1). 7월에 상·하층 사이에 수심이 깊은 정점들을 중심으로 성층화 (3.3~6.3°C)를 나타내었으나, 그 밖의 조사시기에는 0.5°C 이하로 거의 균일하였다. 염분은 27.6~32.4 psu.의 범위로 수온과 달리, 시·공간적으로 뚜렷한 차이를 보이지 않았다. 그러나, 대체적으로 수온이 낮은 12월과 남쪽 수로에서 다소 높게 나타났다. Chl-a농도의 변동폭은 시·공간적으로 조사시기에 따라 다소 차이가 있지만, 저층에 비해 표층에서 크게 나타났다 (Figs. 2, 3). 가장 낮은 값 (<2  $\mu\text{g l}^{-1}$ )은 1월에 소호지역 표층에서 나타나며, 가장 높은 값 (>20  $\mu\text{g l}^{-1}$ )은 대경도 인접 남쪽쪽 해역에서 나타났다. 그러나, 조사 대부분의 시점에서 2.0  $\mu\text{g l}^{-1}$  이상의 비교적 높은 Chl-a농도를 보였다.

### 2. 동물플랑크톤 조성율과 출현량

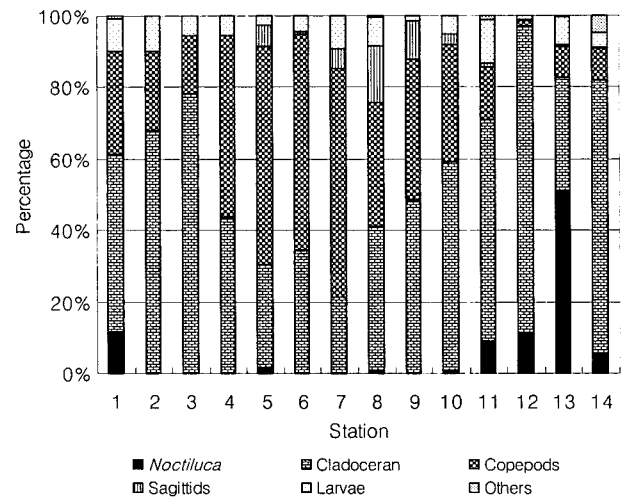
봄철에 조사된 동물플랑크톤의 출현개체수는 986~15,762 indiv.  $\text{m}^{-3}$ 로 만의 북쪽 입구(정점 14)에서 가장

**Table 1.** Variation of mean water temperature (°C) and salinity (psu) at each station in Gamag Bay from April, 2001 through December, 2001.

T-S Stations	Temperature				Salinity			
	Apr.	Jul.	Sep.	Dec.	Apr.	Jul.	Sep.	Dec.
1	14.2	28.6	24.9	11.5	27.6	31.9	30.8	31.5
2	14.1	26.9	24.5	11.7	31.0	31.9	31.8	32.2
3	13.8	27.7	24.7	11.6	31.4	31.8	31.8	32.2
4	14.1	26.9	24.1	11.7	31.4	31.7	31.7	32.1
5	13.4	26.7	24.0	11.7	31.4	31.9	31.8	32.2
6	13.3	26.8	24.0	11.7	31.3	31.9	31.7	32.2
7	13.7	30.1	23.4	12.2	31.1	31.9	31.6	32.4
8	13.5	25.4	23.5	11.9	31.3	32.1	31.7	32.3
9	13.5	25.8	23.6	11.9	31.3	32.0	31.6	32.3
10	12.5	25.5	23.6	-	31.2	31.9	31.5	-
11	12.7	23.8	23.6	-	31.2	32.1	31.5	-
12	12.9	27.0	23.5	-	31.3	31.9	31.5	-
13	12.7	23.9	23.8	-	31.3	32.2	31.4	-
14	12.6	24.0	23.9	-	31.0	31.5	30.9	-



**Fig. 4.** Compositions of zooplankton in Gamag Bay on April 2001.



**Fig. 5.** Compositions of zooplankton in Gamag Bay on July 2001.

낮게 나타난 반면, 만의 안쪽지역(정점 2)에서 가장 높았다. 가장 우점하는 분류군은 요각류로 정점 1과 13을 제외하고는 전체 출현개체수의 94.0% 이상을 나타내었다.

그러나, 해파리류가 735 indiv.  $\text{m}^{-3}$  출현한 정점 1과 야광충 (*Noctiluca scintillans*)이 654 indiv.  $\text{m}^{-3}$  출현한 정점 13에서는 각각 69.1%와 83.8%의 상대적으로 낮은 출현 비율을 보였다 (Fig. 4).

여름철에는 22~16,330 indiv.  $\text{m}^{-3}$ 로 정점간 출현개체수의 차이는 봄철에 비해 더욱 컸다. 그러나, 이러한 차이는 21.2~85.6%의 높은 출현 비율을 보인 지각류의

대량번식에 기인한 것이며, 상대적으로 지각류의 출현 비율이 감소한 정점 7~11에서는 요각류의 출현 비율이 50% 이상으로 높게 나타났다. 야광충은 만 입구를 중심으로 다수 출현한 반면, 화살벌레류는 만 중앙부에서 다소 높은 출현 비율을 보였다. 유생 중에서는 십각류 유생이 만 중앙부에서 높은 출현 개체수를 보였으나, 출현 비율에 따른 중요도는 각 정점에 따라 다르게 나타났다 (Fig. 5).

가을철에는 봄철과 비슷한 537~15,285 indiv. m<sup>-3</sup>가 출현하였다. 야광충은 정점 1을 제외한 지역에서 대량번식하여 60% 이상의 높은 출현 비율을 보였다. 여름철에

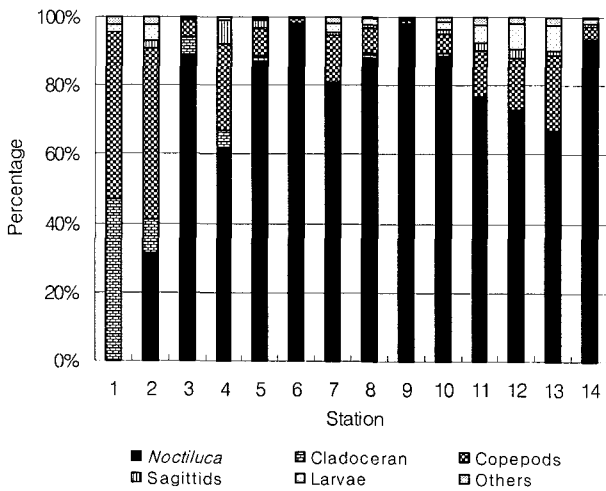


Fig. 6. Compositions of zooplankton in Gamag Bay on September 2001.

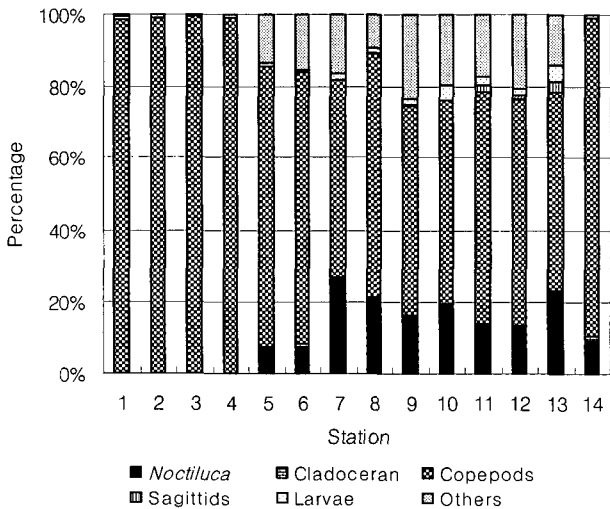


Fig. 7. Compositions of zooplankton in Gamag Bay on December 2001.

대량 번식하였던 지각류는 정점 1을 중심으로하는 선소해역에서 요각류 다음으로 높은 출현 비율을 나타내었다. 한편, 요각류는 45% 이상의 높은 출현 비율을 보인 정점 1, 2를 제외하고는 25% 이하의 상대적으로 낮은 출현 비율을 보였다. 이외에 화살벌레류, 십각류 및 따개비 유생이 만 중앙부를 중심으로 우점적으로 출현하였다 (Fig. 6).

Table 2. The list of zooplankton observed in Gamag Bay. Roman numeric IV, VII, IX and XII represent April, July, September and December, respectively

Species	Month			
	IV	VII	IX	XII
<i>Noctiluca scintillans</i>	IV	VII	IX	XII
unidentified Siphonophorid spp.		VII	IX	
unidentified Trachymedusa spp.	IV	VII	IX	
unidentified Ctenophorid sp.			IX	
<i>Evadne tergestina</i>		VII	IX	
<i>Podon polyphemoides</i>				XII
<i>Penilia avirostris</i>		VII	IX	
<i>Acartia erythraea</i>		VII	IX	
<i>A. omorii</i>	IV			XII
<i>A. sp.</i>		VII		
<i>Calanopia thompsoni</i>			IX	
<i>Calanus pacificus</i>		VII	IX	
<i>C. sinicus</i>	IV			XII
<i>Centropages abdominalis</i>	IV			XII
<i>C. dorsispinatus</i>			IX	
<i>C. furcatus</i>			IX	
<i>Eurytemora pacifica</i>	IV			XII
<i>Eucalanus sp.</i>			IX	
<i>Euchaeta rimana</i>			IX	
<i>Labidocera acuta</i>			IX	
<i>L. rotunda</i>		VII	IX	
<i>Neocalanus sp.</i>			IX	
<i>Paracalanus parvus s. l.</i>	IV	VII	IX	XII
<i>Pseudodiaptomus marinus</i>	IV	VII	IX	XII
<i>Temora turbinata</i>		VII	IX	XII
<i>Tortanus forcipatus</i>		VII	IX	
<i>Undinula vulgaris</i>			IX	
<i>Corycaeus affinis</i>	IV	VII	IX	XII
<i>Oithona sp.</i>				XII
<i>Euterpina sp.</i>				XII
unidentified Amphipod sp.			IX	XII
unidentified Isopod sp.				XII
<i>Squilla sp.</i>		VII		
<i>Lucifer sp.</i>		VII	IX	
<i>Sagitta crassa</i>	IV	VII	IX	XII
<i>S. enflata</i>			IX	
<i>Oikopleura dioica</i>	IV	VII	IX	XII
unidentified Dololium spp.			IX	
Gastropod larvae	IV	VII	IX	
Cirriped nauplii and cyprii	IV	VII	IX	XII
Decapod zoea and mysids	IV	VII	IX	XII
Polychaet larvae			IX	XII
<i>Ophiopluteus</i> larvae		VII	IX	

겨울철에는 야광충의 출현 비율이 가을철과 비교하여 대량 감소하였으나, 만 중앙부와 남쪽 입구를 중심으로 여전히 높게 나타났다(>15%). 그러나, 겨울철에는 상대적으로 요각류의 출현 비율이 높아져, 전 조사지점에서 55% 이상의 높은 출현 비율을 나타냈다. 이외에 미충류가 봄철과 마찬가지로 만 중앙부를 중심으로 높은 출현 비율을 나타낸 반면, 화살벌레류와 유생들의 출현 비율은 상대적으로 낮게 나타났다(Fig. 7).

### 3. 동물플랑크톤 종조성 및 분포

조사기간 동안 나타난 동물플랑크톤은 종 수준까지 동정한 25종을 포함하여 총 43개 분류군이었다(Table 2). 조사시기별 출현 분류군 수는 14~31개로 가을철이 가장 다양한 분류군이 나타난 반면, 봄철이 가장 낮았다. 이 중 요각류는 총 23종이 출현하여 가장 다양한 분류군이었다. 그러나, 종다양도 지수는 0.504~1.367로 여름철에 가장 높은 값을 보인 반면, 가장 다양한 분류군이 출현한 가을에 가장 낮았다. 전 조사기간에 출현한 종은 *Noctiluca scintillans*, *Paracalanus parvus* s. l., *Pseudodiaptomus marinus*, *Corycaeus affinis*, *Sagitta crassa*, *Oikopleura dioica*, 그리고 따개비와 십각류 유생 등이었다(Table 3-6). 해파리류와 복족류 유생은 14.0°C 이상의 수온에서 출현한 반면, *Acartia omorii*, *Calanus sinicus*, *Centropages abdominalis*, *Eurytemora pacifica*는 15.0°C 이하의 수온을 나타낸 봄철과 겨울철에 출현하였다. 관수모류, 빗해파리류, *Evadne tergestina*, *Penilia avirostris*, *A. erythraea*, *C. pacificus*, *Labidocera rotunda*, *Tortanus forcipatus*, *Lucifer* sp., 불가사리 유생은 20°C 이상의 수온을 나타낸 여름철과 가을철에 나타났

다. 이외에 빗해파리류, *Acartia* sp., *Calanopia thompsoni*, *Eucalanus* sp., *Euchaeta rimana*, *L. acuta*, *Neocalanus* sp., *Undinula vulgaris*, *Squilla* sp., *S. enflata*가 수온이 높은 시기에 출현하였으며, *Podon polyphemoides*와 부유성 등각류가 수온이 낮은 겨울철에 출현하였다.

이들의 시·공간적 분포 특성을 살펴보면, 봄철에 야광충인 *Noctiluca scintillans*는 외양수의 영향을 받는 남쪽 입구의 정점 13을 중심으로 하는 남서해역에서 600 indiv. m<sup>-3</sup> 이상의 높은 출현 개체수를 보인 반면, 그 밖의 해역에서는 거의 출현하지 않았다. 해파리류는 북쪽의 폐쇄 정점 1에서 특징적으로 735 indiv. m<sup>-3</sup>의 높은 출현 개체수를 보였다. 요각류 중에서는 입자식자인 *Eurytemora pacifica*와 잡식성인 *Acartia omorii*가 북쪽의 정점 2를 중심으로 만 중앙부에서 대량 번식하여 각각 13,085와 1,530 indiv. m<sup>-3</sup>의 출현 개체수를 보였다. 대형 잡식성인 *Centropages abdominalis*는 남쪽 입구를 중심으로 남서 해역에서 1,000 indiv. m<sup>-3</sup> 이상의 높은 개체수를 보였으며, 대형 초식성인 *Calanus sinicus*는 수심이 깊은 북쪽 정점 4와 6에서 400 indiv. m<sup>-3</sup> 이상이 나타났다. 한편, 소형 입자식자인 *Paracalanus parvus* s. l.은 북쪽 조사정점 1~3을 제외한 해역에서 50~403 indiv. m<sup>-3</sup>으로 고르게 분포하였다.

여름철에 야광충은 봄철과 달리 거의 모든 조사정점에서 발견되지만, 가장 높은 개체수는 여전히 만 입구 정점 13(1,952 indiv. m<sup>-3</sup>)에서 나타났다. 그러나, 수온의 상승과 함께 지각류인 *Evadne tergestina*와 *Penilia avirostris*가 각각 13,312와 672 indiv. m<sup>-3</sup>의 최고 개체수를 나타낸 정점 12를 분포 중심으로 남쪽 해역에서 다수 출현하였다. 요각류 중에서는 봄철에 우점하였던 종들이 수온 상승과 함께 사라지고 잡식성인 *Acartia*

**Table 3.** Species composition and abundance (%) of zooplankton in Gamag Bay on April, 2001

Species	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Noctiluca scintillans</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	5.4	15.5	0.0
unidentified Cnidaria	30.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Acartia omorii</i>	6.8	9.7	6.1	10.6	9.0	10.1	9.4	11.3	13.4	16.4	15.7	23.0	27.4	14.3
<i>Calanus sinicus</i>	1.3	2.2	0.8	5.6	4.6	8.9	4.4	2.8	2.0	2.0	6.4	6.1	8.1	56.1
<i>Centropages abdominalis</i>	5.1	4.9	6.6	6.3	8.4	9.6	7.5	10.3	12.2	22.7	33.8	42.0	37.0	10.2
<i>Eurytemora pacifica</i>	55.9	83.0	86.2	73.9	73.2	66.2	75.9	73.4	70.7	56.0	39.3	18.6	3.6	6.1
<i>Paracalanus parvus</i> s. l.	0.0	0.0	0.0	3.5	4.5	4.5	1.0	1.0	1.0	2.0	3.0	4.1	7.2	8.2
<i>Pseudodiaptomus marinus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Corycaeus affinis</i>	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.1	0.2	0.2	0.5	0.0
<i>Sagitta crassa</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	2.0
<i>Oikopleura dioica</i>	0.0	0.0	0.3	0.0	0.2	0.3	0.4	0.7	0.7	0.8	0.7	0.6	0.5	0.0
Gastropod larvae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cirripediid larvae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0
Decapod larvae	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	.0	0.0	0.0	1.0
Total abundance (indiv. m <sup>-3</sup> )	2375	15762	7891	11434	6480	4901	4841	6413	8254	4794	3480	3167	4217	986

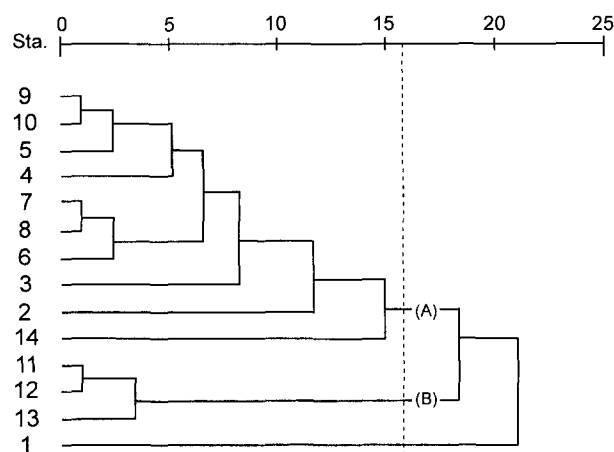
**Table 4.** Species composition and abundance (%) of zooplankton in Gamag Bay on July 2001.

Species	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Noctiluca scintillans</i>	11.9	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.6	0.1	0.7	9.0	11.6	51.0	5.3
unidentified Siphonophora	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	4.3
unidentified Trachymedusae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.4
<i>Evadne tergestina</i>	5.5	5.6	6.0	21.3	11.6	12.1	11.6	14.5	35.3	55.6	52.2	81.5	29.9	27.5
<i>Penilia avirostris</i>	44.0	62.6	72.4	22.4	17.7	22.5	9.7	26.2	13.0	2.8	9.8	4.1	1.7	49.0
<i>Acartia erythraea</i>	4.6	6.7	4.5	33.6	46.3	42.3	18.9	20.3	25.6	2.8	0.6	0.3	0.5	2.2
<i>Acartia</i> sp.	1.8	1.1	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Calanus pacificus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
<i>Centropages</i> sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Labidocera rotunda</i>	1.8	5.6	2.5	14.5	13.6	16.1	44.8	12.8	13.5	29.9	11.3	0.9	8.4	2.0
<i>Paracalanus parvus</i> s. l.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.5	0.4	0.6	0.4	0.1	0.8	0.0	0.0	0.5
<i>Pseudodiaptomus marinus</i>	2.8	4.5	6.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3
<i>Temora turbinata</i>	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Tortanus forcipatus</i>	2.8	1.1	0.8	0.0	0.7	0.0	0.0	0.3	0.1	0.1	0.3	0.2	0.2	0.0
<i>Corycaeus affinis</i>	1.8	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	1.0
<i>Oithona</i> spp.	12.8	2.2	1.0	2.2	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.1	0.8	0.0	0.0	0.0
<i>Squilla</i> sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.3	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
<i>Lucifer</i> sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0
<i>Sagitta crassa</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7	0.6	5.4	15.7	10.4	2.9	1.0	0.1	0.2	0.3
<i>Oikopleura dioica</i>	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.1	0.3
Gastropod larvae	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0
Cirrepediid larvae	3.7	6.7	2.0	1.1	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.1	1.7	0.1	0.0	1.5
Decapod larvae	4.6	3.4	3.5	4.5	2.5	4.0	9.3	8.1	1.5	4.8	9.6	1.2	7.9	2.3
Ophiuroiid larvae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.1
Total abundance (indiv. m <sup>-3</sup> )	22	36	199	89	1174	124	829	550	860	2301	1065	16330	3827	1258

*erythraea*와 육식성인 *Labidocera rotunda*가 만 중앙부를 중심으로 다수 출현하였다. 또한, 전형적인 육식성 동물플랑크톤인 *Sagitta crassa*의 개체수가 만 중앙부를 중심으로 증가한 반면, 입자식성의 *Oikopleura dioica*의 개체수가 봄철에 비해 급속히 감소하였다. 한편, 육식자인 십각류 유생은 남쪽 입구를 중심으로 다수 출현하였다.

가을철에는 여름철에 가장 우점하였던 지각류가 정점 1~3의 북쪽 해역을 제외한 해역에서 급속도로 감소한 반면, 야광충이 정점 6과 7을 분포의 중심으로 폭발적으로 증식하였다 (> 15,000 indiv. m<sup>-3</sup>). 요각류 중에서는 *Acartia erythraea*가 분포의 중심을 북쪽 해역으로 이동하였으며, 여름철에 개체수가 급속히 감소하였던 *Paracalanus parvus* s. l.가 만 중앙부에서 입구쪽을 중심으로 다수 출현하였다. 한편, *Sagitta enflata*는 *S. crassa*를 대체하여 만 중앙부에서 다수 출현한 반면, 따개비 유생과 십각류 유생은 만 입구를 중심으로 다수 나타났다.

겨울철에는 야광충과 지각류의 출현 개체수가 급속도로 감소하고 봄철과 마찬가지로 요각류와 미충류의 개체수가 상대적으로 증가하였다. 요각류 중에는 가을철에 대량 출현한 *Acartia erythraea*를 대체하여 *A. omorii*가 전 조사해역에서 다수 출현한 반면, *Eurytemora pacifica*



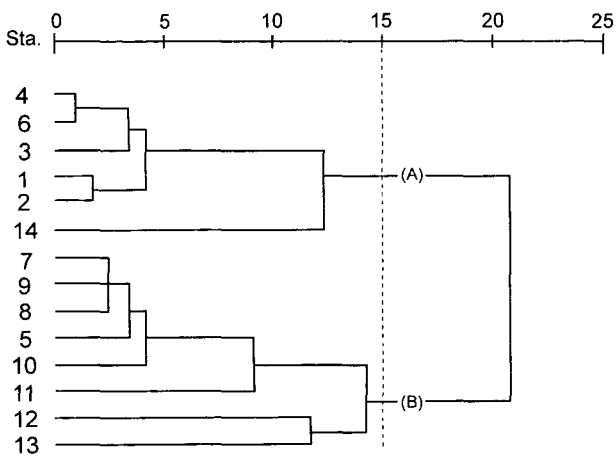
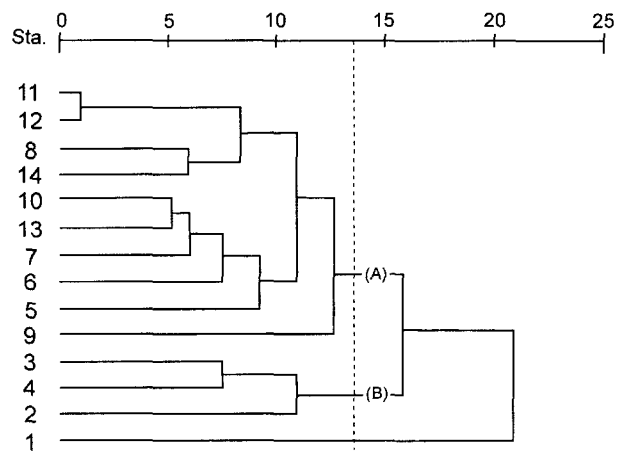
**Fig. 8.** Dendrogram showing each station by clustering with squared euclidian distance, within-groups linkage on April 2001.

가 선소를 중심으로 하는 북쪽 해역에서 다수 출현하였다. 또한, *Centropages abdominalis*와 *Paracalanus parvus* s. l.가 만 중앙부를 중심으로 다수 출현하였다. 미충류는 만 중앙부를 중심으로 높은 출현 개체수를 보였다.



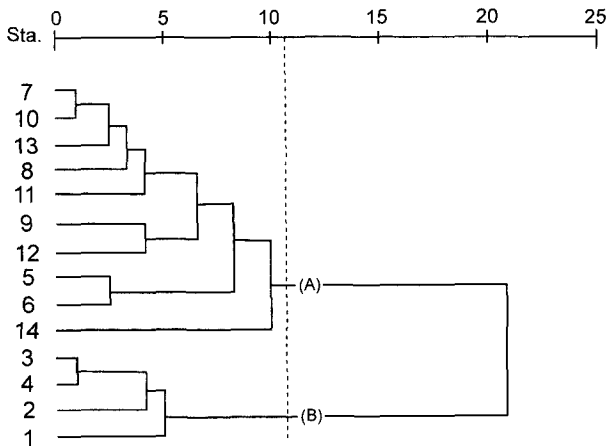
**Table 5.** Species composition and abundance (%) of zooplankton in Gamag Bay on September, 2001.

Species	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Noctiluca scintillans</i>	0.0	31.4	88.8	61.9	86.9	98.4	80.2	88.1	97.9	88.7	76.6	72.7	66.6	93.3
unidentified Siphonopora	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.9	0.3	0.0	0.3	1.3	1.1	0.9	0.1
unidentified Trachymedusae	2.2	1.3	0.0	0.0	0.2	0.0	0.5	0.3	0.0	0.1	0.3	0.2	0.0	0.3
unidentified Ctenophora	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1	0.2	0.0	0.0
<i>Evadne tergestina</i>	46.7	9.6	5.5	4.9	1.6	0.0	0.6	1.1	0.3	0.7	0.3	0.5	0.3	0.1
<i>Penilia avirostris</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Acartia erythraea</i>	48.4	47.8	4.4	22.8	4.9	0.4	2.7	1.9	0.1	2.6	5.9	4.8	4.4	1.7
<i>Calanopia thompsoni</i>	0.0	0.3	0.0	0.0	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
<i>Calanus pacificus</i>	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.1	0.8	0.0	0.2	0.3	0.5	0.0	0.0
<i>Centropages dorcipinatus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.0	0.0
<i>Centropages furcatus</i>	0.0	0.0	0.1	0.2	0.5	0.0	0.2	0.3	0.0	0.3	0.7	1.2	0.6	0.1
<i>Eucalanus</i> sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.2	0.0	0.1
<i>Euchaeta</i> sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0
<i>Labidocera acuta</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Labidocera rotunda</i>	0.0	0.3	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Neocalanus</i> sp.	0.0	0.0	0.1	0.0	0.8	0.1	1.6	0.1	0.1	0.3	0.4	0.3	0.9	0.1
<i>Paracalanus parvus</i> s. l.	0.5	0.3	0.1	1.2	1.1	0.4	8.7	4.5	0.7	1.9	4.8	6.4	15.0	2.0
<i>Pseudodiaptomus marinus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.6	0.3	0.0
<i>Temora turbinata</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.3	0.6	0.0
<i>Tortanus forcipatus</i>	0.0	1.0	0.0	0.6	0.5	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.3	0.2	0.0	0.0
<i>Undinula vulgaris</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Corycaeus affinis</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
unidentified Amphipods	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Lucifer</i> sp.	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.3	0.0
<i>Sagitta crassa</i>	0.0	1.0	0.2	1.0	0.3	0.1	0.0	0.2	0.1	0.9	0.4	0.8	0.6	0.2
<i>Sagitta enflata</i>	0.0	1.3	0.3	5.9	2.1	0.3	0.9	0.4	0.1	0.8	2.1	1.8	0.6	0.3
<i>Oikopleura dioica</i>	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.3	0.7	0.5	0.9	0.1
unidentified Dololium	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Gastropod larvae	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	0.0	0.0
Cirreped larvae	0.0	2.6	0.0	0.4	0.2	0.1	1.4	0.9	0.2	0.9	2.1	4.2	4.7	1.1
Decapod larvae	1.6	1.9	0.3	0.4	0.2	0.1	1.1	0.6	0.2	1.3	2.6	2.3	2.5	0.2
Polychaet larvae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.3	0.6	0.3	0.0
<i>Ophiopleuteus</i> larvae	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total abundance (indiv. m <sup>-3</sup> )	636	934	5793	664	1895	15285	1296	3148	17197	1405	1686	1785	537	5306

**Fig. 9.** Dendrogram showing each station by clustering with squared euclidian distance, within-groups linkage on July 2001.**Fig. 10.** Dendrogram showing each station by clustering with squared euclidian distance, within-groups linkage on September 2001.

**Table 6.** Species composition and abundance (%) of zooplankton in Gamag Bay on December, 2001.

Species	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Noctiluca scintillans</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9	7.3	26.4	21.2	16.0	18.7	14.0	13.3	23.4	9.4
<i>Podon polyphemoides</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.9	0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	1.1
<i>Acartia omorii</i>	53.3	72.3	78.5	80.5	63.9	60.3	23.3	40.0	37.0	27.5	32.3	41.2	27.1	81.6
<i>Calanus sinicus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.5	1.0	3.5	2.0	3.8	5.4	2.4	7.5	0.8
<i>Eurytemora pacifica</i>	45.5	26.6	20.9	18.4	1.7	1.4	1.6	4.7	4.0	1.6	3.2	2.4	1.9	1.1
<i>Centropages abdominalis</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	8.8	10.6	5.2	4.7	6.0	2.7	3.2	5.2	6.5	1.9
<i>Paracalanus parvus</i> s. l.	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	1.2	21.2	14.1	7.0	17.6	16.1	8.5	8.4	1.5
<i>Pseudodiaptomus marinus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	1.1	1.1	1.4	0.9	0.0
<i>Temora turbinata</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	1.1	0.0	0.5	1.9	0.0
<i>Corycaeus affinis</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5	1.1	1.1	0.5	0.0	0.0
<i>Oithona</i> sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.2	1.0	1.2	1.5	0.5	2.2	0.9	0.9	1.5
unidentified harpacticoids	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.7	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.4
unidentified amphipods	0.0	0.0	0.5	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0
unidentified isopods	0.2	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Sagitta crassa</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	2.2	0.9	2.8	0.0
<i>Oikopleura dioica</i>	0.2	0.0	0.0	0.0	13.5	15.1	16.1	9.4	23.0	19.2	16.1	20.4	14.0	0.0
Cirreped larvae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.7	1.0	1.2	1.0	1.6	1.1	0.5	1.9	0.0
Decapod larvae	0.2	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.8
Polychaet larvae	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	2.7	1.1	1.4	1.9	0.0
Total abundance (indiv. m <sup>-3</sup> )	1609	3108	517	1850	2437	876	360	620	1242	359	520	1474	193	1715



토 의

가막만은 수심이 얇고, 육지로 둘러 싸여 있어 대기와 내륙의 영향을 강하게 받을 뿐만 아니라, 북동쪽의 여수항과 남쪽의 만 입구를 통하여 다른 성질의 해수가 유입되고 있다(수로국 1978). 또한, 북서부 지역은 수심이 깊은 분지형태의 해저지형 때문에 해수의 수렴이 일어나는 해역이다(여수시 2001). 이와 같은 특징은 가막만이 작은 면적에도 불구하고 북서부의 정체성 내만수와 연동천과 섬진강 하구역의 영향을 강하게 받는 여수항수, 그리고 남쪽 만구에 근접하여 외해수의 특징을 보이는 만외수와 같은 다양한 수괴 특성을 나타내게 한다(이와 조 1990). 그러나, 가막만이 3가지의 수괴특성을 갖는 것과는 달리 동물플랑크톤의 분포 특성은 선소 해역을 중심으로 하는 북서부 해역과 남쪽 입구로부터의 만외수의 영향을 강하게 받는 남쪽 해역이 이분되어 나타난다(Figs. 8-11). 수해역의 수괴 분석결과와 동물플랑크톤 분포에 의한 집괴분석 결과의 차이는 생물군집의 생태적 특성에 기인하는 부분도 있겠으나, 특성을 달리하는 수괴의 계절변동 특성이나 조사 정점수 차이에 의해서 나타날 수도 있다. 봄철 북서부 해역은 해파리류가 대량 번식한 정점 1을 제외하고는 만외수의 영향을 강하게 받아 다른 정점과 거의 비슷한 출현양상을 보인다. 여름철로 접어들면서 수온상승과 함께 *Evadne tergestina*, *Penilia avirostris*, *Acartia erythraea*, *Labi-*

**Fig. 11.** Dendrogram showing each station by clustering with squared euclidian distance, within-groups linkage on December 2001.

조사정점 사이의 유사성을 살펴보기 위해 동물플랑크톤 종조성과 출현량을 토대로 집괴분석을 실시한 결과, 계절적으로 약간의 차이는 존재하지만 수온과 염분의 변동폭이 상대적으로 크고, 해수의 순환이 상대적으로 정체되어 있는 북서부 해역과 외양수와의 소통이 원활하게 이루어지고 있는 남쪽해역으로 크게 구분할 수 있었다(Figs. 8-11).

*docera rotunda*, *Sagitta crassa*가 만외수의 영향을 강하게 받는 남서해역을 중심으로 대량 출현한 반면, 북서부 해역에서는 이들 중 뿐만 아니라 다른 분류군의 개체수도 다소 적게 나타난다.

가을철에는 남쪽 입구를 통한 만외수의 영향이 더욱 강해져 *Eucalanus* sp., *Neocalanus* sp. *Undinula vulgaris* 같은 외양종 이외에 *Noctiluca scintillans*가 가막막의 남쪽해역을 중심으로 다수 출현하고 있으며, 여름철에 남서부 해역에서 대량 출현하였던 *E. tergestina*와 *A. erythraea*는 분포의 중심을 북서부 해역으로 이동하여 다수 출현하고 있다. 겨울철로 접어들면서 *A. omorii*와 강내만성 종인 *Eurytemora pacifica*가 북서부 해역을 중심으로 대량 출현하였으며, 남쪽 해역에서는 *Oikopleura dioica*가 다수 출현하였다. 이와 같은 우점종의 시·공간적 출현 양상은 선행 연구 자료 미비로 정확히 비교하기는 어려우나 1979년에 행하여졌던 심과 노(1982)의 결과와 비슷하였다. 그러나, 1979년 조사에서 출현하지 않았던 *E. pacifica*가 겨울과 봄철에 북서부 지역을 중심으로 대량 출현한 점과 가을철에 외양종인 *Eucalanus* sp.와 *Neocalanus* sp.이 남서쪽 해역에서 다수 출현한 점은 심과 노(1982)의 결과와 구별된다. 특히, *E. pacifica*의 대량 출현은 김과 허(1983)에 의해 가로림만의 내만에서 보고된 적이 있으나, 인접하는 여자만과 광양만에서는 보고되지 않았다(서와 서 1993; 최 등 1997). 이처럼 가막막에서 *E. pacifica*가 대량 번식할 수 있게 된 것은 내만에 특징적인 이 종의 출현 특성을 살펴볼 때(Ueda 1982), 최근 수년간 연안해역의 산업화와 도시화에 의해 지속적인 생활하수 및 산업폐수의 유입이 북서부 해역의 부영양화를 진행시켜 높은 생물량을 지속적으로 유지할 수 있게 함과 아울러 지형적인 영향으로 해수의 수렴현상이 일어나 결과적으로 수질의 악화를 초래한 것으로 판단된다(조 등 1994; 윤 2000a, b; Figs. 2, 3). 그러나, 외양종인 *Eucalanus* sp.과 *Neocalanus* sp.의 만 내 다수 출현은 일시적인 현상인지, 아니면 만외수의 영향이 강화되고 있기 때문인지 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 여겨진다.

이상의 결과를 종합해 보면, 가막막에 출현하는 일부 종들을 제외한 대부분의 종들은 환경이 악화되었을 때 휴면란을 생성할 수 있는 강내만성의 종들로 구성되어 있다. 그러므로, 정체성 해역인 북서부 지역의 여름철 성층화로 인한 저질환경의 악화는 겨울철에 대량 출현하는 *Acartia omorii*와 *Eurytemora pacifica*의 휴면란의 부화를 자극했을 가능성이 매우 높다.

이러한 사실은 가막막이 년 중  $2 \mu\text{g l}^{-1}$  이상의 높은 Chl-*a* 농도의 기초생산잠재력을 보이는 해역임을 고려

해 볼 때(Figs. 2, 3), 가막막에 출현하는 동물플랑크톤의 분포 특성에 대한 보다 정확한 연구는 각 구성종들의 휴면란에 대한 체계적인 연구를 통해 이루어질 것으로 사료된다.

## 적 요

가막막에 출현하는 동물플랑크톤을 계절별(2001년 4월, 7월, 9월, 12월)로 Norpac 네트를 이용하여 수직 채집하였다. 우점적으로 출현한 분류군은 4월과 12월에 요각류, 7월에 요각류와 지각류, 9월에 야광충이었다. 출현 개체수는  $22 \sim 17,197 \text{ indiv. m}^{-3}$ 으로 시·공간적으로 변동폭이 매우 컸다. 요각류의 우점종은 4월에 *Eurytemora pacifica*, *Acartia omorii*, *Centropages abdominalis*, *Calanus sinicus*, 7월에 *Labidocera rotunda*와 *A. erythraea*, 9월에 *A. erythraea*와 *Paracalanus parvus* s. l., 12월에 *A. omorii*와 *E. pacifica*로 주로 내만종으로 변화하였다. 그러나, 9월에 외양종인 *Eucalanus* sp.와 *Neocalanus* sp. 또한 다수 출현하였다. 이와 같은 출현 경향은 가막막이 폐쇄성 내만임에도 불구하고 동물플랑크톤의 분포 특성은 내만수 이외에 계절적으로 외만수의 영향을 강하게 받고 있음을 암시하고 있다.

## 사 사

동물플랑크톤 채집을 도와준 여수대학교 수산생명과학부 윤호섭, 안치형에게 감사드린다.

“이 논문은 2001년도 한국학술진흥재단의 지원에 의해 연구되었음”(KRF-2001-050-D00039).

## 참 고 문 헌

- 국립수산진흥원. 1978. 연안어장 및 임해공업단지 주변해역의 해수유동. pp. 89-92.
- 김동엽, 허형택. 1983. 가로림만 요각류의 계절변화에 대하여. 해양연구. 5:29-35.
- 서호영, 서해립. 1993. 광양만의 부유성 요각류 출현량의 계절 변동. 한국환경생물학회지. 11:26-34.
- 수로국. 1978. 수로기술연보-1977년도 여수항 일대 조류 관측 결과. pp. 91-122.
- 심재형, 노 일. 1982. 여수 근해산 동물플랑크톤의 종조성과 양적 분포. 서울대학교 자연과학연구 논문집. 7:165-183.
- 심재형, 신은영, 최중기. 1981. 여수 근해의 쌍편모조류에 관

- 한 분류학적 연구. 한국해양학회지. 16:57-98.
- 양한춘. 1977. 봄철 여수연안 규조류의 양과 조성. 여수수전 논문집. 11:71-81.
- 여수시. 2001. 오염해역(신소) 준설공사에 따른 사전해양환경 모니터링 조사 보고서.
- 윤양호. 1995. 가막만 북부해역의 해양환경과 식물플랑크톤 군집의 변동특성 1. 식물플랑크톤 군집의 계절동태와 적조원인생물. 여수대학교 수산과학연구소 연구보고. 4:1-15.
- 윤양호. 2000a. 가막만 북부해역의 해양환경과 식물플랑크톤 군집의 변동특성 2. 수질환경과 엽록소 *a*량의 변동특성. 한국환경과학회지. 9:429-436.
- 윤양호. 2000b. 가막만 북부해역 식물플랑크톤 군집의 시공간적 분포특성. 여수대학교 수산과학연구소논문집. 9:34-47.
- 이규형, 조규대. 1990. 가막만의 수온과 염분의 분포. 한국수산학회지. 23:25-39.
- 이규형, 장선덕. 1982. 가막만의 해수 교환. 한국해양학회지. 17:12-18.
- 이규형, 최규정. 1985. 6월 중 가막만의 수온, 염분 및 투명도 분포. 한국수산학회지. 18:157-165.
- 조현서, 유영석, 이규형. 1994. 가막만 수질 및 저질 환경의 계절별 변동특성. 여수수산대학교 수산과학연구소 연구보고. 3:21-33.
- 최상덕, 김영식, 한경호. 1998. 광양만의 동물성 플랑크톤 군집구조 특성에 관한 연구. 여수대학교 논문집. 13:959-971.
- Cho CH, KY Park, HS Yang and JS Hong. 1982. Eutrophication of shellfish farms in Deukyang and Gamagyang Bays. Bull. Korean Fish. Soc. 15:233-240.
- Kang HJ. 1981. Late quaternary sedimentary processes in the Gamagyang Bay, south coast of Korea. MD thesis, Seoul National University.
- Kim K. 1983. Water characteristics and circulation in the Kamak Bay. Pro. of college of National Sciences, Seoul National Univ. 8:109-120.
- Shannon CE and W Weaver. 1963. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana, p.117.
- Shim JH. 1980. Biological oceanography of Kamak Bay, the Yoja Bay water system (I). J. Ocean. Soc. Korea. 15:89-99.
- Ueda H. 1982. Zooplankton investigations in Shijiki Bay-II. Zooplankton communities from September 1975 to April 1976, with special reference to distributional characteristics of inlet copepods. Bull. Seikai Reg Fish. Res. Lab. 58:1-22. (in Japanese with english abstract).

(Received 15 April 2002, accepted 4 May 2002)