

## 부산항 해역의 지표성 요각류 분포 및 동물플랑크톤 군집

홍성윤 · 마재우 · 강영실\*

국립부산수산대학교 해양생물학과

\*국립수산진흥원 해양과

### Distribution of Copepod Indicator Species and Zooplankton Communities in Pusan Harbor, Korea

SUNG YUN HONG, CHAE WOO MA AND YOUNG SHIL KANG\*

National Fisheries University of Pusan, Pusan 608-737, Korea

\*Fisheries Research and Development Agency, Kyungsangnam-do 626-900, Korea

부산항 해역의 지표성 요각류의 분포 및 11~12개의 분류군에 속하는 동물플랑크톤 군집을 다양도 및 집괴분석으로 분석하였으며 이들 생물학적 결과를 수온, 염분, COD, TIN의 분포와 연관시켜 부산항 해역의 해양환경을 고찰하였다.

네 무리의 요각류들이 출현하였으며, 이들은 난류성 외양종무리인 *Acrocalanus gracilis*, *Euchaeta plana*, *Pareuchaeta russelli*, *Pleuromamma gracilis*, 연안성 저온종인 *Centropages abdominalis*, 한류성 종인 *Metridia lucens*, 오염지표종인 *Acartia omorii*였다. 부산항 외항의 경우, 10월에는 난류 외양성 종들이, 1월과 4월에는 연안 저온성종들이 우세하였다. 내항으로 접근할수록 오염지표종인 *Acartia omorii*의 분포가 우세하였으며 COD 및 TIN의 분포 또한, 외항에서 내항으로 가면서 높아지는 경향을 나타내었다. 반면에 다양도는 외항에서 내항으로 가면서 낮아지는 경향을 나타내었다.

집괴분석에서 10월과 7월에는 3개의 해역으로 그리고 1월과 4월에는 2개의 해역으로 나뉘어졌다. 해역 I로 대별되어진 부산 외항 해역은 외양수의 영향을 받는 해역으로 다양도가 높으며, *A. omorii*의 밀도가 낮고 요각류의 조성률이 높게 나타났다. 외항에서 내항으로 가면서 대별되어진 해역 II와 III은 해역 II에서 III으로 가면서 점차적으로 다양도가 낮아지며, *A. omorii*의 밀도는 높아지는 특성을 나타내었다. 또한, 요각류의 조성률이 낮아지며, 4월에는 해역 II에서 원생동물인 *Noctiluca scintillans*가 최우점군이였다. 그리고 7월에 해역 III에서는 지각류가 최우점군이였다. 지표성 종들의 분포와 집괴 분석에서 나뉘어진 해역은 해양 환경과 밀접한 관계를 나타내었다.

The relationship of zooplankton communities and distributions of copepods as indicator species to environmental variables, such as temperature, salinity, chemical oxygen demand (COD) and total inorganic nitrogen (TIN) was studied in Pusan harbor in October 1990 and January, April and July 1991. Zooplankton communities were analysed by using cluster analysis and species diversity index. Four groups of copepods as indicator species were *Acrocalanus gracilis*, *Euchaeta plana*, *Pareuchaeta russelli* and *Pleuromamma gracilis* as the oceanic warm water species; *Centropages abdominalis* as the neritic cold water species; *Metridia lucens* as the oceanic cold water species; *Acartia omorii* as the polluted water species. The offshore waters of Pusan harbor was dominated by the oceanic warm water species in October and by the neritic cold water species in January and April. This area showed the low values of COD and TIN. The inshore waters of Pusan harbor, where the high values of COD and TIN and the low value of diversity were recorded, was represented by *A. omorii*. Cluster analysis of the zooplankton community revealed two or three regional areas in Pusan harbor. Area I, the offshore area of Pusan harbor, not only was represented high species diversity and low density of *A. omorii* but also was dominated copepods in zooplankton groups. Areas II and III were grouped horizontally from offshore to inshore of Pusan harbor. Area II was showed intermediate values in diversity, density of *A. omorii* and percentage composition of copepods.

Area III was revealed the lowest diversity, density of *A. omorii* and percentage composition of Cladocera. Copepoda was a dominant zooplankton group in each area during the study periods except two special cases. Area II was dominated by *Noctiluca scintillans* in April, and Area III was occupied by Cladocera in July. Distribution of indicator species and areas demarcated based on cluster analysis showed a close relationship with environments.

서론

도시의 발달과 항만시설의 증가에 따라 도시에 인접한 연안환경은 빠른 속도로 변화하고 있다. 특히, 인공적으로 축조된 항만시설과 도시 하수의 유입은 연안 환경변화를 가속시키고 있으며, 이에 따라 연안생태계 또한 급격한 변화를 보이고 있다.

부산항은 이러한 급격한 변화를 일으키는 연안환경을 가진 해역으로써 10.0~11.0 m의 수심분포를 나타내며 수면적은 약 24 km<sup>2</sup>이다. 부산항은 영도를 중심으로 하여 좌측의 남향과 북-동측의 북향으로 구분되며, 북향은 항의 중앙에 위치한 방파제를 경계로 북내향과 북외향으로 분리되어 진다.

부산항은 인접 해역의 해양생태계에 직·간접적으로 영향을 미치고 있으며 이에 대한 연구가 시급하다. 그러나 부산항 및 그 인접해역에 대한 해양환경 및 해양생물학적인 연구는 거의 없다. 주로 낙동강 인접해역의 환경평가의 관점에서 본 단편적인 해양환경적 변화에 관한 연구 (Park et al., 1986)와 수산생물의 환경과 자원생물학적 연구 (Lee et al., 1985)가 있으며, 그리고 부산 근해역의 해조류상에 관한 연구 (Kim, 1991), 수염만의 저서생물상에 관한 연구 (Lee, 1976; Hong et al., 1982) 등이 있다. 그러나, 부산항 해역의 해양환경 변화에 크게 영향을 받는 지표성 요각류의 분포나 동물플랑크톤 군집상상의 변동에 관한 연구는 전무한 실정이다.

본 연구에서는 부산항 해역의 지표성 요각류의 분포 및 동물플랑크톤 군집상상을 파악하고 이로부터 해양환경 특성을 밝혔다.

재료 및 방법

본 연구에서는 부산항 및 인접해역의 6개 정점에서 4계절을 대표할 수 있는 1990년 10월과 1991년 1월, 4월, 7월 총 4회에 걸쳐 채집된 동물플랑크톤을 분석하였다 (Fig. 1).

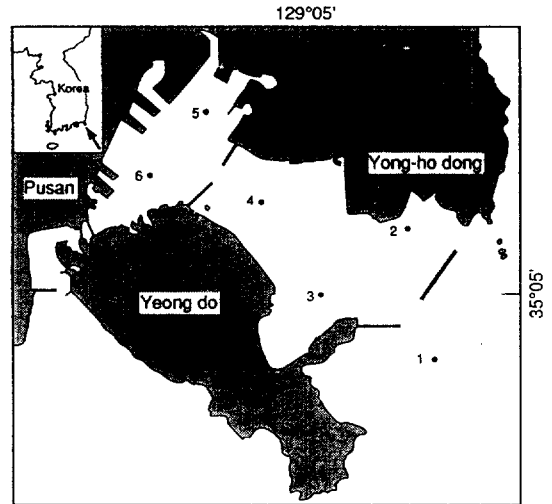


Fig. 1. Zooplankton sampling stations in Pusan harbor, Korea.

동물플랑크톤은 Norpac net(구경 45 cm, 망목 0.33 mm)로 저층에서 표층까지 수직채집되었다. 채집된 동물플랑크톤은 선상에서 5% 중성포르말린으로 고정시킨 후, 실험실에서 분류 및 계수하였다. 요각류는 종까지 분류하였으며 그의 동물플랑크톤은 대분류하였다. 환경요인으로는 수온, 염분, COD (화학적 산소요구량) 그리고 TIN (총 무기 질소)을 표층과 저층에서 측정된 Maritime and Port Authority (1991)의 자료를 사용하였다. 오염 지표종으로서의 가치를 평가하기 위하여 요각류 중 *Acartia omorii*의 출현량과 표층 및 저층의 평균 COD와의 상관관계를 각 조사월별로 구하였다.

동물플랑크톤을 대분류한 자료와 요각류 자료를 이용하여 Shannon-Wiener의 다양도지수로 다양도를 구하였으며, 절대 상대거리 (Relative Absolute Distance)를 구하여 비가중 평균결합법으로 집괴분석 (Cluster analysis)하였다.

집괴분석 결과 대별되어진 해역별로 환경요인의 평균값을 구하였으며 또한, 대별되어진 해역별로 해역내 총 조사 정점에 대한 지표성 요각류의 출현

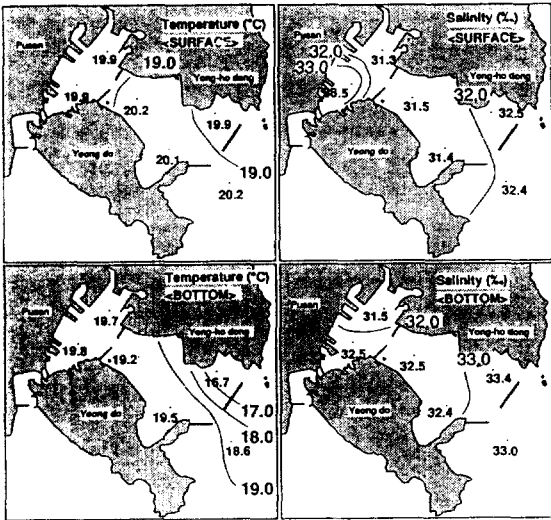


Fig. 2. Distribution of temperature (°C) and salinity (%) of surface and bottom waters in Pusan Harbor, in October, 1990.

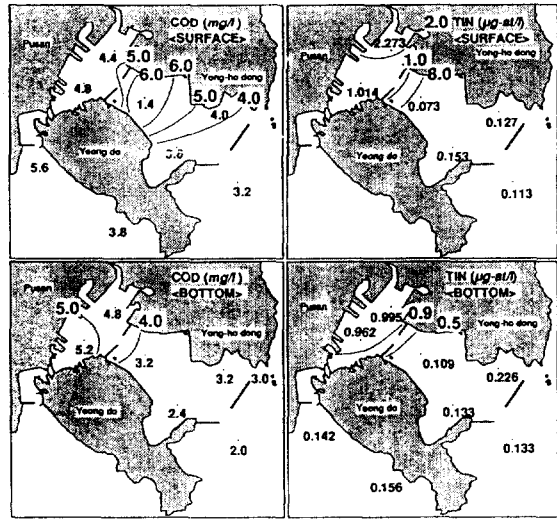


Fig. 3. Distribution of COD (mg/l) and TIN (µg-at/l) of surface and bottom waters in Pusan Harbor, in October, 1990.

정점의 비로써 지표성 요각류의 출현률을 구하였다.

### 결 과

#### 해양환경

해양환경요인으로는 표층과 저층의 수온, 염분, COD (화학적 산소요구량) 그리고 TIN (총 무기 질소)이 분석되었다.

1990년 10월의 경우, 표층수온은 19.9~20.2°C 범위로 거의 차가 없는 반면에 저층수온은 16.7~19.8°C로 약 3°C의 수온차를 보였다 (Fig. 2). 저층수온은 외항에서 내항으로 가면서 높아졌다. 염분의 경우, 표층은 30.3~32.5‰ 범위로 외항과 영도대교 근해역이 32.0%이상의 염분분포를 나타냈으며 내항의 동쪽에 위치한 정점이 30.3%로 가장 낮은 염분을 보였다. 저층은 31.5~33.4‰ 범위로 표층과 마찬가지로 외항에서 내항으로 가면서 낮아졌다. COD는 표층에서는 3.2~4.4 mg/l 범위로 항내 중앙부가 6.4 mg/l로 가장 높게 나타났으며, 저층에서는 2.0~5.2 mg/l 범위로 외항에서 내항으로 가면서 높아졌다 (Fig. 3). TIN는 표층에서는 0.073~2.273 µg-at/l의 범위로 외항에서 내항으로 가면서 높아졌으며, 저층에서는 0.109~0.995 µg-at/l의 범위로 표층과 유사한 분포경향을 나타내었다.

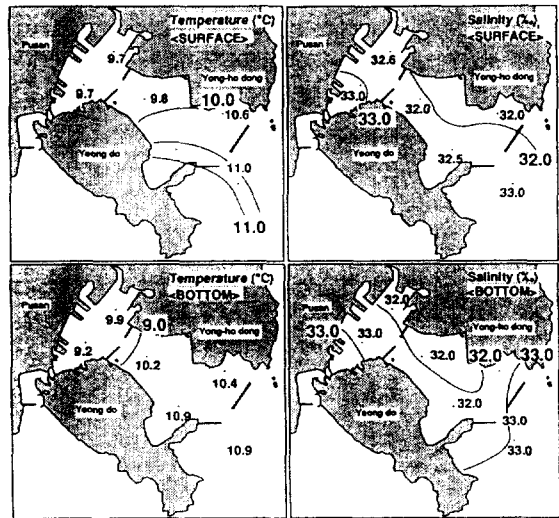


Fig. 4. Distribution of temperature (°C) and salinity (%) of surface and bottom waters in Pusan Harbor, in January, 1991.

1991년 1월의 경우, 표층수온은 9.7~11.0°C, 그리고 저층수온은 9.2~11.8°C 범위였으며, 외항에서 내항으로 가면서 점차적으로 낮아지는 경향을 나타내었다 (Fig. 4). 염분은 표층에서는 32.0~33.0‰ 범위였으며 영도대교 근해역 및 외항의 서쪽해역에서 33.0%의 높은 염분을 나타내었다. 저층은 32.0~

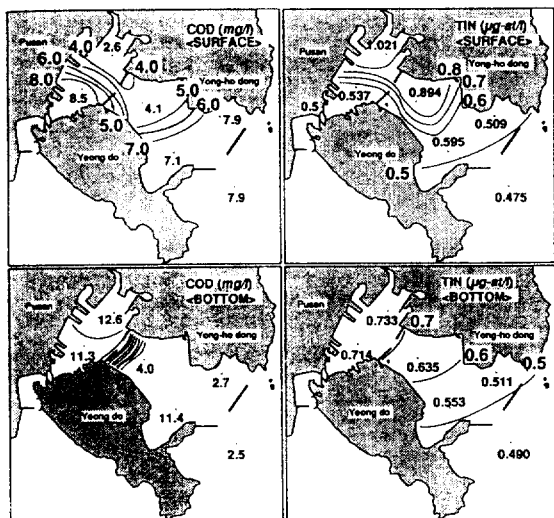


Fig. 5. Distribution of COD (mg/l) and TIN ( $\mu\text{-at/l}$ ) of surface and bottom waters in Pusan Harbor, in January, 1991.

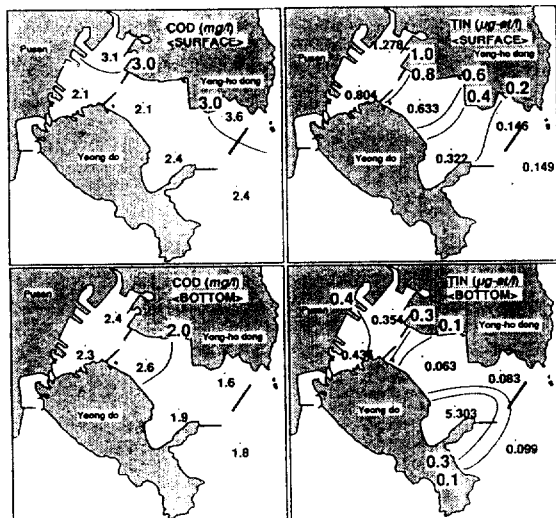


Fig. 7. Distribution of COD (mg/l) and TIN ( $\mu\text{-at/l}$ ) of surface and bottom waters in Pusan Harbor, in April, 1991.

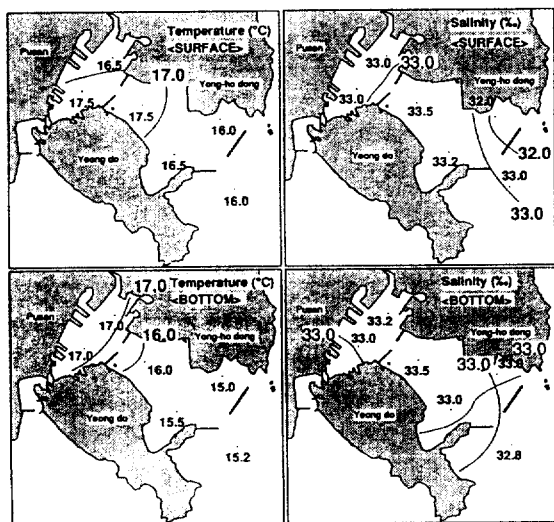


Fig. 6. Distribution of temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) and salinity ( $\text{‰}$ ) of surface and bottom waters in Pusan Harbor, in April, 1991.

33.0% 범위로 역시 영도대교 근해역과 외항에서 33.0%의 높은 염분을 나타내었다. COD는 표층에서 2.6~8.5 mg/l 범위이며 영도대교 근해역과 외항에서 항내 중앙역까지의 해역에서 7.0 mg/l 이상의 높은 값을 나타내었다 (Fig. 5). 저층은 2.5~12.6 mg/l 범위로 내항과 항내 중앙부의 좌측해역에서 11.0 mg/l

이상의 높은 값을 나타내었다. TIN의 경우, 표층은 0.475~1.021  $\mu\text{-at/l}$ 의 범위를 나타내었으며 저층은 0.490~0.733  $\mu\text{-at/l}$ 의 범위를 나타내었다. 이들은 외항에서 내항으로 가면서 높아지는 경향을 보였다.

1991년 4월의 경우, 표층수온은 16.0~17.5 $^{\circ}\text{C}$  범위이며, 저층수온은 15.0~17.0 $^{\circ}\text{C}$ 로 외항에서 내항으로 가면서 높아지는 경향을 나타내었다 (Fig. 6). 염분은 표층에서 32.0~33.5%, 저층에서는 32.8~33.5%의 범위로 역시, 외항에서 내항으로 가면서 높아지는 경향을 나타내었다. COD는 표층에서는 2.1~3.6 mg/l의 범위를, 저층에서는 1.6~2.6 mg/l의 범위를 나타내었다 (Fig. 7). TIN의 경우, 표층에서는 0.146~1.278  $\mu\text{-at/l}$ 의 범위로 외항에서 내항으로 가면서 높아지는 경향을 나타내었다.

1991년 7월의 경우, 표층수온은 19.1~20.5 $^{\circ}\text{C}$ 의 범위를, 그리고 저층수온은 17.3~19.0 $^{\circ}\text{C}$ 의 범위를 보였다 (Fig. 8). 표·저층 모두 항내 중앙부에서 가장 높은 수온을 나타내었다. 염분은 표층에서는 32.3~33.7%의 범위를, 저층에서는 32.5~33.2%의 범위를 나타내었으며 외항에서 내항으로 가면서 낮아지는 경향을 나타내었다. COD는 표층에서는 3.3~4.5 mg/l의 범위를, 저층에서는 2.5~5.0 mg/l의 범위를

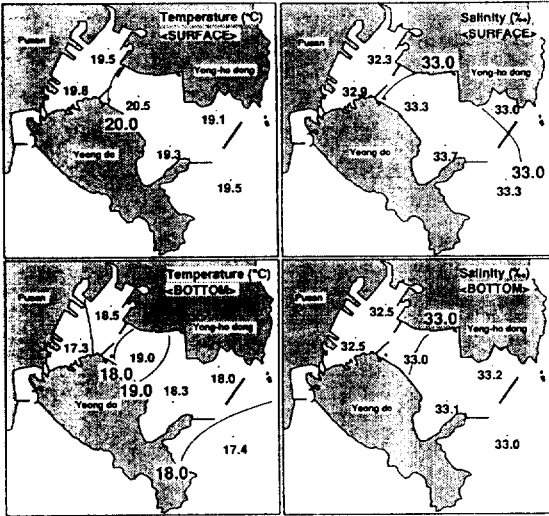


Fig. 8. Distribution of temperature (°C) and salinity (‰) of surface and bottom waters in Pusan Harbor, in July, 1991.

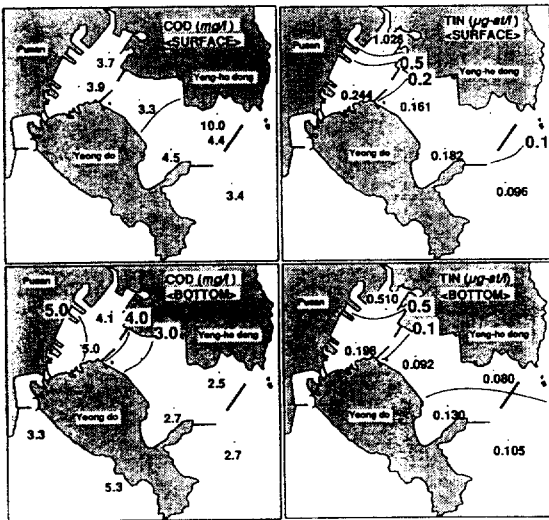


Fig. 9. Distribution of COD (mg/l) and TIN ( $\mu\text{g-at/l}$ ) of surface and bottom waters in Pusan Harbor, in July, 1991.

보였다 (Fig. 9). 표층의 경우 내향에서 외향으로 가면서 높아지는 경향을 나타내었으나 저층에서는 반대 경향을 나타내었다. TIN는 표층에서는 0.016~1.028  $\mu\text{g-at/l}$  범위를 저층에서는 0.080~0.510  $\mu\text{g-at/l}$  범위를 나타내었으며 외향에서 내향으로 가면서 높아지는 경향을 나타내었다.

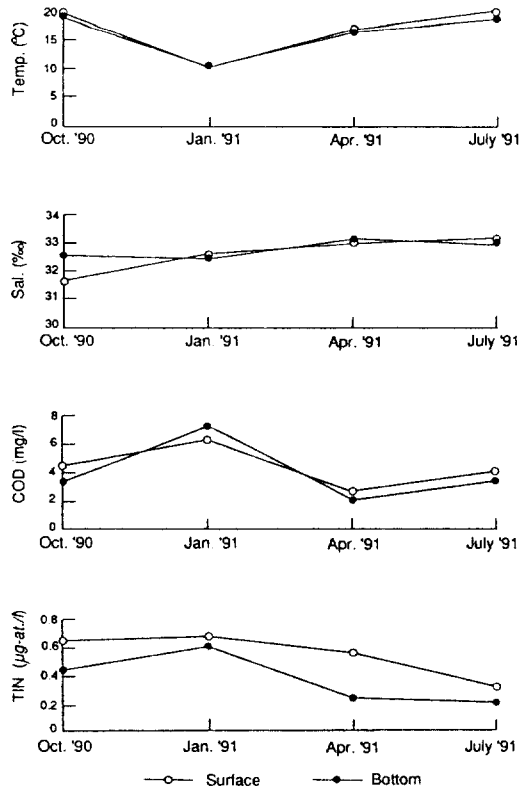


Fig. 10. Variation of mean temperature, salinity, COD and TIN at all sampling stations in October 1990 and January, April and July, 1991.

해양환경요인의 계절적인 변동을 분석하기 위하여 조사월별 평균값을 구하였다 (Fig. 10). 수온의 경우, 전 조사월의 표층수온이 저층수온보다 높았으며 약 1°C 내외의 온도차를 나타내었다. 특히, 1월의 경우는 표·저층간에 0.1°C의 온도차를 나타내어 표·저층간에 혼합이 잘되고 있음을 나타내었다. 조사월별 평균수온의 변화를 보면 10월에 19.5°C로 가장 높았으며 1월에 10.3°C로 가장 낮았다. 염분의 경우, 10월과 4월에는 저층염분이 높았으며 1월과 7월에는 표층염분이 높았다. 표·저층간의 염분차는 1월과 4월, 7월에는 약 0.2%내외로 작았으나 10월에는 1.85%로 크게 나타났다. COD의 경우는 표·저층간에 1 mg/l 이하의 차를 보였으며 1월을 제외한 전조사월에 표층이 저층보다 높은 값을 나타내었다. 조사월별 변동을 보면 1월에 가장 높은 값을 나타내었으며 그외 조사월은 비슷한 양상을 나타내

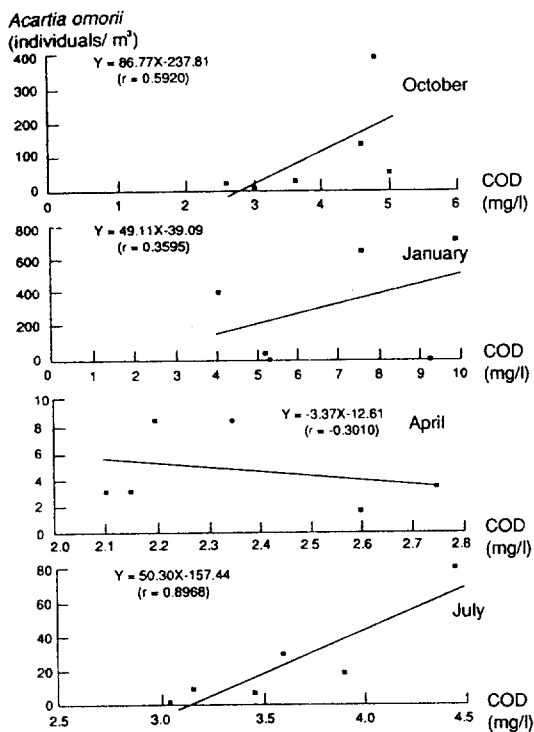


Fig. 11. Correlation between density of *Acartia omorii* (individuals/m<sup>3</sup>) and COD (mg/l) in each month.

었다. TIN는 표·저층간에 0.200 µg-at/l 내외의 차를 보였으며 전조사월에 표층이 저층보다 높은 값을 나타내었다. 조사월별 변동을 보면 1월에 가장 높은 값을 나타내었으며 7월에 가장 낮은 값을 나타내었다.

지표성 요각류의 분포

부산항 및 인접해역에서는 한국 근해역에서 뿐만 아니라 일본 근해역 및 적도해역 등에서 Grice (1962), Lee (1972), Kang (1992)에 의하여 난류 외양성종인 것으로 밝혀진 *Acrocalanus gracilis*, *Euchaeta plana*, *Pareuchaeta russelli*, *Pleuromamma gracilis*와 한국 근해역에서 Lee (1972), Park and Lee (1982), Park et al. (1990)에 의하여 연안 저온성종으로 밝혀진 *Centropages abdominalis*가 출현하였다. 또한 부산항 해역에서 다량 출현하는 *Acartia omorii*는 일본 근해역의 부영양화된 해역과 진해만 및 인접해역에서 다량 출현하는 것으로 밝혀진

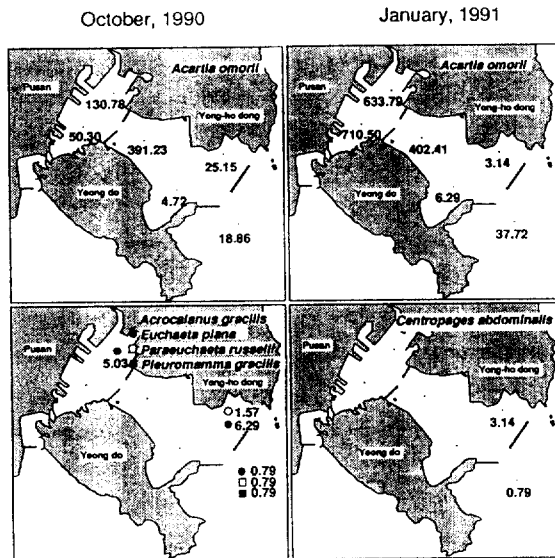


Fig. 12. Distribution of indicator species (individuals/m<sup>3</sup>) of copepods (*Acartia omorii*, *Acrocalanus gracilis*, *Euchaeta plana*, *Pareuchaeta russelli*, *Pleuromamma gracilis* and *Centropages abdominalis*) in Pusan Harbor, in October, 1990 and January, 1991.

*Acartia* 군집(Yamazi, 1956; Lee, 1972; Park and Lee, 1982)에 속하는 종이다. 따라서 *Acartia omorii*가 부영양화된 해역에서 다량 출현하는 경향이 있는지를 밝히기 위하여 COD와의 상관관계를 구하였다 (Fig. 11). *A. omorii*의 밀도와 COD와의 관계는 조사월에 따라 차이는 있었으나, 4월을 제외한 전 조사월에 양의 상관관계를 보였다.

각 지표성종의 분포양상을 살펴보면 10월의 경우 *A. omorii*와 난류 외양성종인 *Acrocalanus gracilis*, *Euchaeta plana*, *Pareuchaeta russelli*, *Pleuromamma gracilis*가 출현하였다 (Figs. 12, 13). *A. omorii*는 전 조사해역에서 출현하였으며 평균 103.5개체/m<sup>3</sup>의 출현량을 나타내었다. 특히 내항 동쪽해역과 항내 중앙부에서 각각 130.8개체/m<sup>3</sup>, 391.2개체/m<sup>3</sup>의 높은 출현량을 나타내었다. 난류 외양성종들은 10개체/m<sup>3</sup> 이하의 낮은 출현량을 나타내었으며 주로 외항해역에서 출현하였다.

1월의 경우, 10월에 출현하였던 난류 외양성종들은 출현하지 않았으며 연안 저온성종인 *Centropages abdominalis*가 10개체/m<sup>3</sup> 이하의 낮은 출현량을 나타내며 외항에서 출현하였다. *A. omorii*는 평균 299.0

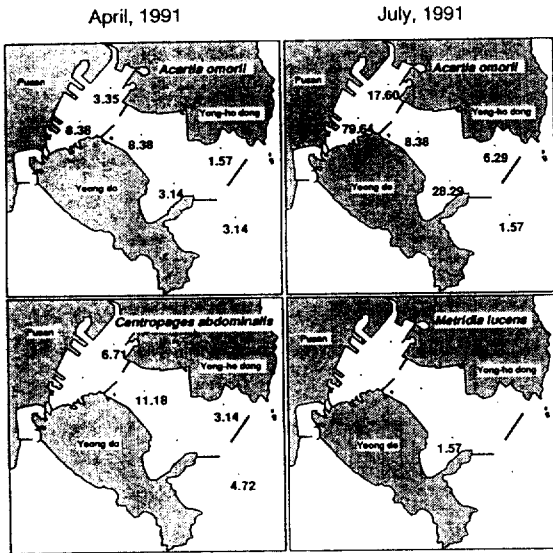


Fig. 13. Distribution of indicator species (individuals/m<sup>3</sup>) of copepods (*Acartia omorii*, *Centropages abdominalis* and *Metridia lucens*) in Pusan Harbor, in April and July, 1991.

개체/m<sup>3</sup>의 출현량을 나타내며 역시, 전 조사해역에서 출현하였다. 이종은 내항에서 600개체/m<sup>3</sup> 이상의 높은 출현량을 나타내었으며 항내 중앙부에서 402.4 개체/m<sup>3</sup>로 높은 출현량을 나타내었다. 그러나 외항에서는 50개체/m<sup>3</sup> 이하의 낮은 출현량을 나타내었다.

4월의 경우, 역시 난류성 외양종은 출현하지 않았으며 1월에 출현하였던 *C. abdominalis*가 내항까지 확장되어 소량 출현하였다. *A. omorii*는 역시 전 조사해역에서 출현하였으며 평균 출현량은 4.7개체/m<sup>3</sup>로 낮게 나타났다.

7월의 경우, *A. omorii*와 냉수성 종인 *Metridia lucens*가 출현하였다. *A. omorii*는 평균 23.6개체/m<sup>3</sup>의 출현량을 나타내며 전 조사해역에서 출현하였는데 내항 좌측해역에서 79.6개체/m<sup>3</sup>로 가장 높은 출현량을 나타내었다. *M. lucens*는 외항의 한 정점에서 소량 출현하였다.

동물플랑크톤 군집 분석

1990년 10월에는 11개의 동물플랑크톤군과 23종의 요각류가, 그리고 1991년 1월에는 12개의 동물플랑크톤군과 9종의 요각류가 분류되었다. 1991년

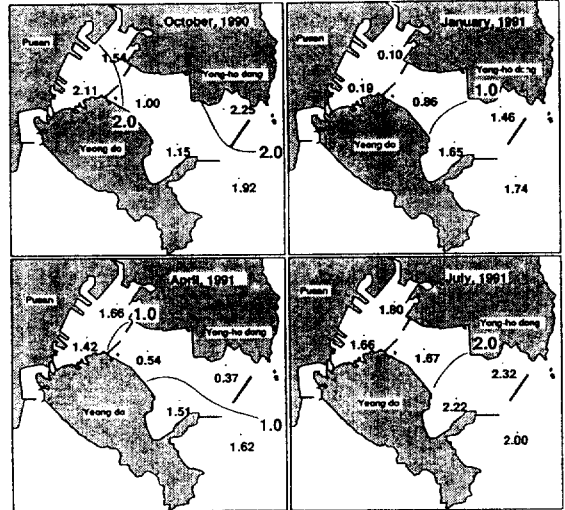


Fig. 14. Diversity distribution based on the data of the major zooplankton groups and copepods species in October, 1990 and January, April and July, 1991 in Pusan Harbor.

4월의 경우 12개의 동물플랑크톤군과 10종의 요각류가, 1991년 7월에는 13개의 동물플랑크톤군과 8종의 요각류가 분류되었다. 이들 자료로써 다양도 및 집괴분석을 하였다. 다양도는 7월에 평균 1.95로 가장 높았으며 10월에는 1.66, 4월에는 1.19 그리고 1월에는 1.00으로 나타났다. 분포양상을 보면 10월의 경우 내항 좌측해역과 외항의 우측해역에서 2.00 이상의 높은 다양도를 나타내었다 (Fig. 14). 1월에는 외항이 1.00 이상이였으며 내항으로 가면서 점차적으로 낮아져 내항 우측해역에서 0.10으로 가장 낮은 다양도를 나타내었다. 4월의 경우, 항내 중앙해역이 0.5 내외의 낮은 다양도를 나타내었으며 내항과 외항은 1.00 이상의 다양도를 나타내었다. 7월에는 항내 중앙해역 및 내항은 2.00 이하의 다양도를 나타내는 반면 외항은 2.00 이상의 높은 다양도를 나타내었다.

집괴분석의 결과를 보면, 10월의 경우, 절대상대거리(Relative Absolute Distance) 0.79에서 정점 2, 5, 6이 묶어져 해역 I으로 대별되었으며 해역 II는 정점 3, 해역 III은 정점 4로 대별되었다 (Fig. 15). 1월에는 절대상대거리 0.48에서 정점 4, 5, 6이 그리고 0.72에서 정점 1, 2, 3이 묶어져 해역 I, II로 나뉘어졌다. 4월의 경우 절대상대거리 0.61에서 정점

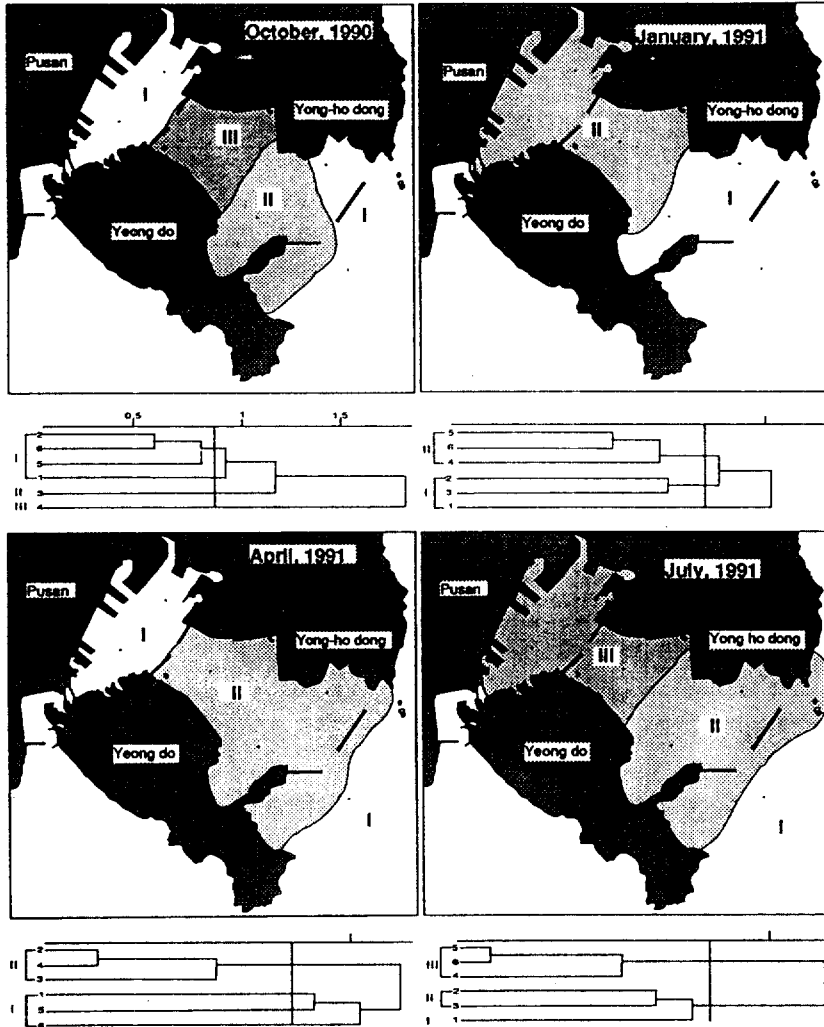


Fig. 15. Dendrograms and maps showing the ecological areas demarcated according to faunal groups by cluster analysis in Pusan Harbor, in October, 1990 and January, April and July 1991.

2, 3, 4가 그리고 1.16에서 정점 1, 5, 6이 묶어져 해역 I, II로 각각 대별되었으며, 7월에는 절대상대 거리 0.65에서 정점 4, 5, 6이 묶어져 해역 III으로, 0.67에서 정점 2, 3이 묶어져 해역 II로, 정점 1은 해역 I로 대별되었다. 10월과 4월에는 내항과 외항이 하나의 해역으로 묶어져 해역 I로 나타났으며 그 중앙해역이 외항에서 내항으로 가면서 해역 II, III 나뉘어져 나타났다. 이와달리, 1월과 7월에는 외항에서 내항으로 가면서 해역이 대별되어졌다.

집괴분석에 의해 대별되어진 각 해역의 물리·화학적 특성 및 생물학적 특성을 밝히기 위해 수은,

염분, COD, TIN, 다양도의 해역별 평균값을 구하였으며 *A. omorii*의 평균 밀도 그리고 지표성 요각류의 출현율을 각 해역의 총 정점에 대한 출현 정점의 비로써 구하였다 (Table 1). 또한, 동물플랑크톤의 조성을 해역별로 구하였다 (Table 2).

각 조사월별, 해역별 수온차는 1°C 내외로 거의 변화를 나타내지 않았으며 염분 또한, 뚜렷한 해역별 특성을 찾아볼 수 없었다.

해역 I의 경우 10월과 1월에 염분이 가장 높았으며 7월을 제외한 전 조사월에 TIN의 농도가 가장 높았다. 그리고 COD는 10월을 제외한 전 조사월에



Table 1. Mean temperature, salinity, COD, TIN, diversity and density of *Acartia omorii* and distributional frequency of indicator species in each area defined by cluster analysis

Month	Area	Temp. (°C)	Sal. (%)	COD (mg/l)	TIN (µg-at/l)	Frequency of Indicator species							Density (ind./m <sup>3</sup> )	Diversity
						<i>Acartia omorii</i>	<i>Centropages abdominalis</i>	<i>Acrocalanus gracilis</i>	<i>Euchaeta plana</i>	<i>russelli</i>	<i>gracilis</i>	<i>lucens</i>		
O	I	19.4	32.28	4.0	0.743	1.00	0	0.25	0.75	0.25	0.25	0	56.28	1.96
C	II	19.8	31.90	3.0	0.143	1.00	0	0	0	0	0	0	4.72	1.15
T	III	19.7	32.00	4.8	0.091	1.00	0	0	0	0	0	0	391.23	1.00
J	I	10.8	32.60	6.6	0.522	1.00	0.67	0	0	0	0	0	15.7	1.62
A	II	9.6	32.43	7.2	0.756	1.00	0	0	0	0	0	0	582.2	0.38
N	III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A	I	16.6	33.0	2.4	0.520	1.00	0.67	0	0	0	0	0	5.0	1.57
P	II	16.1	33.03	2.4	0.259	1.00	0.67	0	0	0	0	0	4.4	0.81
R	III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
J	I	18.5	33.20	3.1	0.101	1.00	0	0	0	0	0	0	1.57	2.00
U	II	18.7	33.25	3.6	0.132	1.00	0	0	0	0	0	0.50	17.29	2.27
L	III	19.1	32.76	3.9	0.372	1.00	0	0	0	0	0	0	35.21	1.71

Table 2. Percentage composition of zooplankton at station in each area defined by cluster analysis

Month		October						January					
Area		I		II		III		I		II			
Zooplankton	St.	1	2	5	6	3	4	1	2	3	4	5	6
Protozoa				0.13		1.66				17.96			
Coelenterata		0.41	2.24	0.26	1.16	1.66		1.21	0.94	1.59	3.09		
Polychaeta				0.13									
Chaetognatha		3.63	11.24	0.26	11.63	2.77	5.43	1.21		1.59	1.03		0.28
Cladocera						0.28				1.59	17.53	1.56	0.28
Copepoda		94.76	77.52	97.23	80.23	86.70	83.70	92.72	98.10	76.17	77.32	98.18	99.14
Cirripedia		0.81		1.45		0.28	4.35						
Amphipoda		0.41	5.62								1.03		
Decapoda						0.83	1.09	1.21		0.79		0.26	
Oikopleuridae			3.37	0.40	3.49	1.66	5.43	1.21		0.40			0.28
Euphausiid									0.94				
Pteropoda								1.21					

---

Month		April						July					
Area		I		II		III		I		II		II	
Zooplankton	St.	1	5	6	2	3	4	1	2	3	4	5	6
Protozoa		21.43	37.60	6.49	92.31	62.38	89.00		2.09				
Coelenterata				1.30		1.98	2.44		2.09	7.34		0.41	5.20
Polychaeta		1.34			0.53	0.99		2.01	0.70	3.67		1.64	
Chaetognatha				1.30				7.99			3.84	2.06	5.20
Cladocera		28.12	12.80	62.34	4.77	13.86	3.42	13.99	25.00	22.01	50.00	33.74	33.77
Ostracoda						1.98			0.70	1.83			
Copepoda		46.42	49.60	23.38	2.39	9.90	4.16	51.98	37.49	30.27	19.23	15.64	27.27
Cirripedia				2.60		0.99	0.49	10.00	10.42	16.51	11.53	31.69	23.38
Amphipoda						1.98		2.01			3.84		
Decapoda				2.60		3.96		12.01	10.42	11.01	3.84	9.88	2.60
Oikopleuridae		1.34				0.99	0.49		9.03	7.34	3.84	3.29	2.60
Fish egg		1.34				0.99			1.39		3.84	1.23	
Fish larva									0.70		1.16		

낮게 나타났으며 *A. omorii*의 밀도도 비교적 낮았다. 그러나 다양도는 7월을 제외한 전 조사월에 가장 높게 나타났다. 지표성 요각류 중 *A. omorii*는 전 조사월에 1.00의 출현율을 나타내었다. 난류 외양성 종은 10월에만 출현하였는데 *Acrocalanus gracilis*, *Pareuchaeta russelli*와 *Pleuromamma gracilis*는 0.25의 출현율을 그리고 *Euchaeta plana*는 0.75의 출현율을 나타내었다. 1월과 4월에는 연안 저온성종인 *Centropages abdominalis*만이 0.67의 출현율을 나타내었다.

해역 I에서 우점적인 동물플랑크톤군은 요각류(Copepoda)로서 10월과 1월에는 평균 80% 이상의

조성률을 그리고 4월과 7월에는 20~30% 내외의 평균 조성률을 보였다. 4월에는 *Noctiluca scintillans*가 주 종인 원생동물(Protozoa)과 지각류(Cladocera)가 그리고 7월에는 지각류가 비교적 높은 조성률을 나타내었다.

해역 II에 있어서 특징적인 양상은 10월을 제외한 조사월에 COD는 해역 I보다 높으나 해역 III보다는 낮게 나타났다. 1월의 경우 *A. omorii*의 밀도가 해역 I보다 월등히 높았다. 다양도는 7월을 제외한 전 조사월에서 해역 I보다 낮게 나타났다. 지표성 요각류의 출현율을 보면 해역 I과 같이 *A. omorii*가 전 조사월에 1.00을 나타내었으며 4월에 *C. abdomi-*

*nalis*만이 0.67의 출현율을 나타내었다. 10월에 해역 I에서 출현하였던 난류 외양성종은 출현하지 않았다. 또한, 7월에는 한류성 종인 *Metridia lucens*가 0.50의 출현율을 나타내었다. 동물 플랑크톤의 경우, 해역 I과 같이 해역 II에서도 요각류가 우점적이었으나, 4월에만 *Noctiluca scintillans*가 주 종인 원생동물이 81.23%로 최우점군이였다. 해역 II의 요각류 평균 조성률은 1월을 제외한 전 조사월에 해역 I보다 낮았으며 해역 III보다는 높았다.

해역 III은 10월과 7월에만 대별되어지는 해역으로, COD의 농도 및 *A. omorii*의 밀도가 해역 I과 II에 비해 높으며 다양도는 가장 낮게 나타났다. TIN의 경우 10월에는 다른 해역에 비해 낮은 반면, 7월에는 가장 높게 나타났다. 지표성 요각류는 *A. omorii*만이 출현하였으며 전 조사월에 1.00의 출현율을 나타내었다. 해역 III에 출현하는 동물플랑크톤군의 경우, 10월에는 요각류가 최우점군이였으나, 조성률은 해역 I과 II보다 낮았다. 7월에는 지각류가 최우점군이며 이외에 요각류, 만각류 유생(*Cirripedia larva*)등이 평균 20% 이상의 높은 조성률을 보였다.

## 고 찰

동·식물플랑크톤, 저서생물 등 각종 해양 무척추동물의 분포생태 및 군집 양상은 그 해역의 해양환경에 영향을 받고 있다. 특히, 이들 중 특정환경이나 해역에 제한되어 분포하는 지표성 종들의 분포양상은 분포해역의 해양환경 변동상태를 잘 설명해준다 (Bary, 1963a,b,c; Johnson and Brinton, 1963; Colebrook, 1964).

육지에 인접한 연안 해역의 경우, 외양과는 달리 환경 변화가 심하여, 각종 생물의 분포 및 군집이 환경과 밀접한 관계를 보인다. Collins and Williams (1982)는 영국 남서부 연안에 분포하는 동물플랑크톤 군집이 염분의 영향을 강하게 받는다고 보고하였다. Lee (1972)는 진해만 및 그 인접 해역에 분포하는 요각류 군집상이 계절별 난류세력의 변화에 따라 달라진다고 밝혔다.

본 연구에서는 부산항 인접해역에 출현하는 요각류중 주요 지표성 종들의 계절적 분포 및 동물플랑크톤 군집양상을 연구하였으며, 또한 해양환경과

의 관계를 고찰하였다. 해양환경을 보면 전 조사월에 표·저층간의 온도차가 1°C 내외로 나타나 표·저층간에 수직혼합이 활발이 이루어지고 있는 것으로 나타났다. 염분의 분포양상 중 특이한 것은 내항인 영도대교 근해역의 표층 염분농도가 다른 내항의 정점보다 높게 나타난다는 것이다. 이는 영도대교를 통하여 외양수가 서쪽으로부터 유입되기 때문으로 생각된다. 이러한 조류의 양상은 영도대교 근해역의 경우 최강유속이 70 cm/sec로 부산항 외항의 최강유속 46 cm/sec보다 크다고 (Maritime and Port Authority, 1991) 밝혀진 사실로써도 잘 입증되고 있다. COD 및 TIN은 조사월중 1월에 가장 높은 평균값을 나타내었다. Park and Lee (1982)는 남해안의 환경오염 진행과 모약류 및 요각류의 생물학적 오염지표성에 관한 연구에서 진해만 및 인접해역의 COD값 및 아질산염 농도가 하계인 8월에 가장 높으며 동계인 1월에 가장 낮다고 보고하였다. 또한, Park and Lee (1982)는 하계에 진해만 및 인접해역에서 성층이 강하게 형성되며 하계의 성층형성이 COD 및 각종 영양염류의 농도를 높게 하는데 주된 원인이라고 보고하였다. 즉, 이는 하계에 형성된 성층이 저층의 영양염류가 기초생산이 활발히 일어날 수 있는 표층으로 전달되는 것을 차단함으로써 영양염류의 소비가 적어져 부영양화를 가속화시킨다고 고찰하였다. 부산항 해역의 경우에는 하계에도 성층이 형성되지 않고 활발한 수직혼합이 이루어지므로써 저층의 각종 영양염류가 표층으로 수송되어 기초생산에 의해 소비되는 것으로 생각된다. 또한, 부산항 해역의 기초생산력이 하계인 7월에는 1.51 gC/m<sup>2</sup>/day로 연중 가장 높으며 동계인 1월에는 0.08 gC/m<sup>2</sup>/day로 가장 낮다고 밝혀진 바 있어 (Maritime and Port Authority, 1991) 하계에 기초 생산에 의한 영양염류의 소비가 많은 것으로 나타났다. 따라서 Park and Lee (1982)의 연구 결과와는 달리 부산항에서는 하계보다는 오히려 동계에 TIN농도가 높게 나타난 것으로 여겨진다. 또한, 부산항이 동계에 COD 및 TIN의 농도가 높은 것은 부산항이 동계에는 외양수의 영향을 거의 받지않는 반폐쇄된 환경이기 때문인 것으로 여겨진다. 이와 같이 동계에 외양수의 영향을 거의 받지않는다는 사실은 지표성 요각류의 출현 및 분포양상에서도 잘 나타나고 있다. 즉, 4월에는 연안 저온성 종인 *Cent-*

*ropages abdominalis*가 전 조사정점에서 다량 출현하고 있으며, 7월에는 한류성 종인 *Metridia lucens*가, 10월에는 난류 외양성 종인 *Acrocalanus gracilis*, *Euchaeta plana*, *Pareuchaeta russelli*, *Pleuromamma gracilis*가 출현하였다. 이와같이 7월과 10월에는 외양수의 영향을 받으나 1월과 4월에는 외양수의 영향을 거의 받지않고 있으며 특히, 1월에는 *C. abdominalis*도 외항에서만 소량 출현하였다. COD 및 TIN농도는 외항에서 내항으로 가면서 높아지는 경향을 나타내어 외항보다 내항이 부영양화 된 것으로 나타났다.

*Acartia*군집은 수질이 정체되고 부영양화가 진행되는 내만해역의 유기오염지표종으로 가치가 있다고 보고된 바 있다 (Yamazi, 1956; Park and Lee, 1982; Ueda, 1986). 본 연구에서 다량 출현하는 *Acartia omorii*도 오염지표성종으로 유용한지를 밝히기 위하여 조사월 별로 COD와의 상관관계를 구하였다. 이 종은 출현량이 가장 적은 4월을 제외하고는 양의 상관관계를 나타내었으며 조사월에 따라 차이는 있었지만 비교적 높은 상관관계를 나타내었다.

각 지표성종의 분포양상을 보면, *A. omorii*는 전 조사월에 출현하였으나 1월에 출현량이 가장 높았으며 외항에서 내항으로 가면서 출현량이 증가하는 양상을 나타내어 COD 및 TIN농도가 외항에서 내항으로 가면서 증가하는 양상과 같은 양상을 나타내었다.

난류 외양성종인 *Acrocalanus gracilis*, *Euchaeta plana*, *Pareuchaeta russelli* 그리고 *Pleuromamma gracilis*가 10월에만 주로 외항에서 소량 출현하여 난류가 부산항 해역까지 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이와같이 10월에 난류가 남해연안의 내만역까지 강하게 영향을 미친다는 사실은 이미 다수의 요각류 및 모악류의 분포 연구에 의해 보고된 바 있다 (Lee, 1972; Park and Lee, 1982). 연안 저온성종인 *Centropages abdominalis*는 동계인 1월에 외항에서 소량 출현하기 시작하여 4월에는 내항까지 그 분포역을 확대하여 출현하였다. 이는 동계에 형성되기 시작한 남해연안 저온수가 4월에 그 세력을 확장, 분포함에 기인한 것이라 생각되며 이러한 현상은 Kang (1974)과 Gong (1971)의 남해 연안수 변동에 관한 연구에서도 본 연구와 일치하는 결과를 보고하고 있다. 흥미있는 점은 한류성종인 *Metridia*

*lucens*가 하계인 7월에 항 입구에 위치한 한 정점에서 소량 출현하였다는 것이다. 이는 하계에 저층을 통하여 강하게 남하하는 북한한류수가 대한해협 저층을 통하여 부산항 인접해역까지 영향을 미침에 의한 것으로 여겨진다. Kim and Kim (1983)은 동해안에 출현하는 냉수괴가 하계에는 장기갑 및 울기근해역까지 미친다고 보고한 바 있다. 그러나 Lim and Chang (1969)은 하계에 대한해협의 저층을 통하여 부산까지 미친다고 밝혀 본 연구와 일치한 결과를 나타내었다.

다양도의 경우, COD 및 TIN의 농도가 가장 높은 1월에 가장 낮으며, 1월과 7월에는 COD와 TIN농도가 외항에서 내항으로 가면서 높아지는 반면에 다양도는 낮아졌다. 다양도는 환경이 안정되고 생물요인에 의해 조절 받는 군집에서 높으며, 환경이 불안정하고 물리적 요인에 의해 조절되는 군집에서는 낮다 (Sanders, 1968). 이와같은 사실을 고려할 때 다양도가 낮은 내항 및 1월의 경우 부영양화 및 다른 물리적 요인에 의해 영향을 받은 것으로 여겨진다.

집괴분석 결과, 외항에서 내항으로 가면서 1월과 4월에는 각각 해역 I, II로 그리고 10월과 7월에는 해역 I, II, III으로 대별되었다. 이들 해역은 다양도의 분포 양상과 잘 일치하였다. 10월과 4월에는 외항과 내항중 가장 안쪽 정점이 하나의 해역으로 묶여져 해역 I로 대별되었다. 해역 I에서는 동물플랑크톤군중 요각류가 최우점군이었으며, 조성을 역시 1월을 제외한 전 조사월에 해역 II, III보다 높았다. 또한, 해역 I의 경우 10월을 제외한 전 조사월에 COD값 및 *A. omorii*의 밀도가 타 해역에 비해 비교적 낮은 반면, 다양도는 가장 높게 나타났다. 10월에는 난류 외양성 지표종들이 그리고 1월과 4월에는 연안 저온성종이 출현하였다. 이와같은 사실은 해역 I이 본 연구해역 중 가장 외양수의 영향을 많이 받으며 부영양화의 정도가 낮은 해역임을 시사한다. 10월과 4월에 내항 중 가장 안쪽 정점이 해역 I로 대별되어진 것은 앞서 논의한 바와같이 영도 대교를 통하여 외양수가 부산항 내항으로 유입되었기 때문이다. 10월과 7월에만 대별되어지는 해역 III과 1월과 4월에 대별되어진 해역 II는 COD값 및 *A. omorii*의 밀도가 높게 나타났으며 반면에 다양도는 낮게 나타났다. 또한, 4월의 경우 해역 II에서 원생동물에 속하며

적조생물인 *Noctiluca scintillans*가 최우점군이었다. 그리고 7월에 대별되어진 해역 III에서는 지각류가 최우점군이었으며 이외에 만각류 유생과 요각류의 조성률이 높았다. 따라서 이 해역이 부산항 및 인접 해역 중 부영양화가 많이 된 해역인 것으로 밝혀졌다.

### 감사의 글

본 연구를 위하여 해양환경 자료를 제공해 주신 부산수산대학교 양병수 교수님과 논문내용을 격의 없이 친절하게 조언해 주신 충남대학교 박철교 수님께 깊은 감사를 드립니다.

### 참고문헌

- Bary, B.M. 1963a. Temperature, salinity and plankton in the Eastern North Atlantic and coastal waters of Britain, 1957. I. The characterization and distribution of surface waters. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **20**: 789-826.
- Bary, B.M. 1963b. Temperature, salinity and plankton in the Eastern North Atlantic and coastal waters of Britain, 1957. II. The relationships between species and water bodies. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **20**: 1031-1065.
- Bary, B.M. 1963c. Temperature, salinity and plankton in the Eastern North Atlantic and coastal waters of Britain, 1957. III. The distribution of zooplankton in relation to water bodies. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **20**: 1519-1548.
- Colebrook, J.M. 1964. Continuous plankton records: a principal component analysis of the geographical distribution of zooplankton. *Bull. Mar. Ecol.*, **6**: 78-100.
- Collins, N.R. and R. Williams. 1982. Zooplankton communities in the Bristol Channel and severn estuary. *Mar. Ecol.*, **9**: 1-11.
- Gong, Y. 1971. A study on the south Korean coastal front. *J. Oceanol. Soc. Korea*, **6**: 25-36 (in Korean).
- Grice, G.D. 1962. Calanoid copepods from Equatorial waters of the Pacific Ocean. *Fish. Bull. Fish. Wildl. Serv. U.S.*, **186**: 172-246.
- Hong, S.Y., U.J. Han and E.I. Paik. 1982. Marine macrobenthos distribution and the substrate condition of Suyeong Bay. *Publ. Inst. Mar. Sci. Nat'l. Fish. Univ. Busan*, **14**: 1-21.
- Johnson, M.W. and E. Brinton. 1963. Biological species, water masses and currents, p.381-414. *In The Sea*, Vol. 2, M. N. Hill ed. 1963, Intersci. Publ., New York.
- Kang, C.I. 1974. A study on the seasonal variation of the water masses in the southern sea of Korea. *Bull. Fish. Res. Dev. Agency, Korea*, **12**: 107-121 (in Korean).
- Kang, Y.S. 1992. Systematics and distribution of the oceanic warm-water calanoid copepods in the Korean waters. Ph.D. Thesis, *Nat'l. Fish. Univ. Pusan*, 44 pp.
- Kim, C.H. and G. Kim. 1983. On the cold water mass occurred off the east coast of Korea in summer. *J. Oceanol. Soc. Korea*, **18**: 73-83.
- Kim, H.G.. 1991. The characteristics of Algal vegetation in relation to environmental factors around Pusan and its vicinity. Ph.D. Thesis *Nat'l. Fish. Univ. Pusan*, 144pp (in Korean).
- Lee, J.H. 1976. A study on the benthic fauna along the Busan coast. *Publ. Inst. Mar. Sci. Nat'l. Fish. Univ. Busan*, **9**: 49-70.
- Lee, S.S. 1972. Distribution of copepods in Chinhae Bay and its adjacent region. *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, **9**: 7-27 (in Korean).
- Lee, T.Y., J.S. Park, P. Chin, Y.J. Kang, C.H. Sohn and P.Y. Lee. 1985. Studies on environment and biology of aquatic living resources in Nakdong estuary. *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, **34**: 5-60 (in Korean).
- Lim, D.B. and S. Chang. 1969. On the cold water mass in the Korea Strait. *J. Oceanol. Soc. Korea*, **4**: 71-82.
- Maritime and Port Authority. 1991. An environmental assessment on the four level development of Pusan harbor. 546 pp.
- Park, C.K., K.D. Cho, S.H. Huh and S.K. Kim. 1986. Ecological survey of the Nakdong river estuary. *Bull. Korean Fish. Tech. Soc.*, **22**: 1-20 (in Korean).
- Park, J.S. and S.S. Lee. 1982. Distribution and composition of chaetognaths and copepods and their characteristics as biological indicators to assess environmental pollution levels in the South coast of Korea. *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, **28**: 89-126.
- Park, J.S., S.S. Lee, Y.S. Kang, B.D. Lee and S.H. Huh. 1990. The distributions 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).
- Sanders, H.L. 1968. Marine benthic diversity: a comparative study. *Ame. Natural.*, **102**: 243-282.
- Ueda, H., 1986. Taxonomic reexamination and geographic distribution of Copepods known as *Acartia clausi* in Japanese coastal and inlet waters. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **42**: 124-133.
- Yamazi, I., 1956. Plankton investigation in inlet water along the coast of Japan. XIX. Regional characteristics and classification of inlet waters based on the plankton communities. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.*, **V(2)**: 157-196.