

아산만 해역의 동물플랑크톤 분포

명철수 · 유재명 · 김용서

한국해양연구소

Distribution of zooplankton in Asan Bay, Korea

CHEOL-SOO MYUNG, JAE-MYUNG YOO AND WOONG-SEO KIM

Korea Ocean Research & Development Institute,

Ansan, P.O. Box 29, Kyungki-do, 425-600, Korea

1991년 8월과 10월, 1992년 1월과 4월에 아산만의 30개 정점에서 채집된 동물플랑크톤의 분포특성을 조사하였다. 동물플랑크톤의 출현 개체수는 240~1,458개체/m³의 범위를 보였으며 요각류는 채집된 동물플랑크톤의 평균 88%를 차지하여 가장 우점하였다. *Acartia bifilosa*는 가을부터 봄에 걸쳐 우점하였고, *A. pacifica*는 여름, *Paracalanus parvus*는 가을에 우점하였다. 동물플랑크톤의 수평분포는 식물플랑크톤의 분포와 밀접한 연관을 가져, 특히 식물플랑크톤의 출현개체수가 높은 봄에 높은 상관관계($r^2=0.66$, $p<0.01$, $n=30$)를 보였다. 치자어의 출현개체수가 높은 여름에 동물플랑크톤과 치자어의 수평 분포양상도 밀접한 관계를 가졌다. 동물플랑크톤의 출현개체수에 의한 정점간 유사도를 집괴분석한 결과 본 해역은 내만과 외만으로 뚜렷이 구분되었다.

Distribution of zooplankton was investigated at 30 stations in Asan Bay, an embayment in the western coast of Korea, seasonally in August and October of 1991, and January and April of 1992. Abundances of zooplankton ranged from 240 to 1,458 indiv./m³. Copepods were the predominant constituent, which comprised 88% of total zooplankton abundance. *Acartia bifilosa* dominated from fall to spring, *A. pacifica* in summer and *Paracalanus parvus* in fall. Abundances of zooplankton were related with phytoplankton standing crops and larval fish. In spring, when phytoplankton standing crops were high, zooplankton abundances were highly correlated with phytoplankton standing crops ($r^2=0.66$, $p<0.01$, $n=30$). Results of cluster analysis based on the abundance data of zooplankton showed that the study area was divided into two areas, i.e., outer-bay and inner-bay.

서 론

아산만은 화성, 용진, 아산, 당진과 평택군에 인접한 해역으로 황해와 삼포호 및 아산호에서 유입되는 담수가 조석에 의해 혼합되는 복잡한 수괴특성을 갖는다. 그리고 항구를 비롯한 대단위 공업단지 건설계획에 따라 매립 및 준설에 의하여 해양생태계 변화가 예상되는 곳이다.

동물플랑크톤의 분포는 수괴의 혼합과 같은 물리적인 현상에 의해서 영향을 받으며(Poulet and Williams, 1991), 먹이망 내에서 하위영양단계인 식물

플랑크톤과 상위영양단계인 치자어와의 상호작용과 같은 생물학적 요인에 의해서도 영향을 받을 수 있다(Hunter and Price, 1992).

우리나라 연안 및 만의 기존 연구는 동물플랑크톤의 분포를 환경요인에 의해서 규명하였으며(심과노, 1982; 김과 허, 1983; Kim, 1984; Park *et al.*, 1991; Choi and Park, 1993), 최근 천수만의 Shim and Yun(1990), 경기만과 아산만의 신(1991), 그리고 Kim(1993) 등은 동물플랑크톤 군집이 먹이망 내에서 상호작용에 의해 영향을 받을 수 있음을 보였다. 본 연구에서는 동물플랑크톤의 종조성 및 출현개체수를

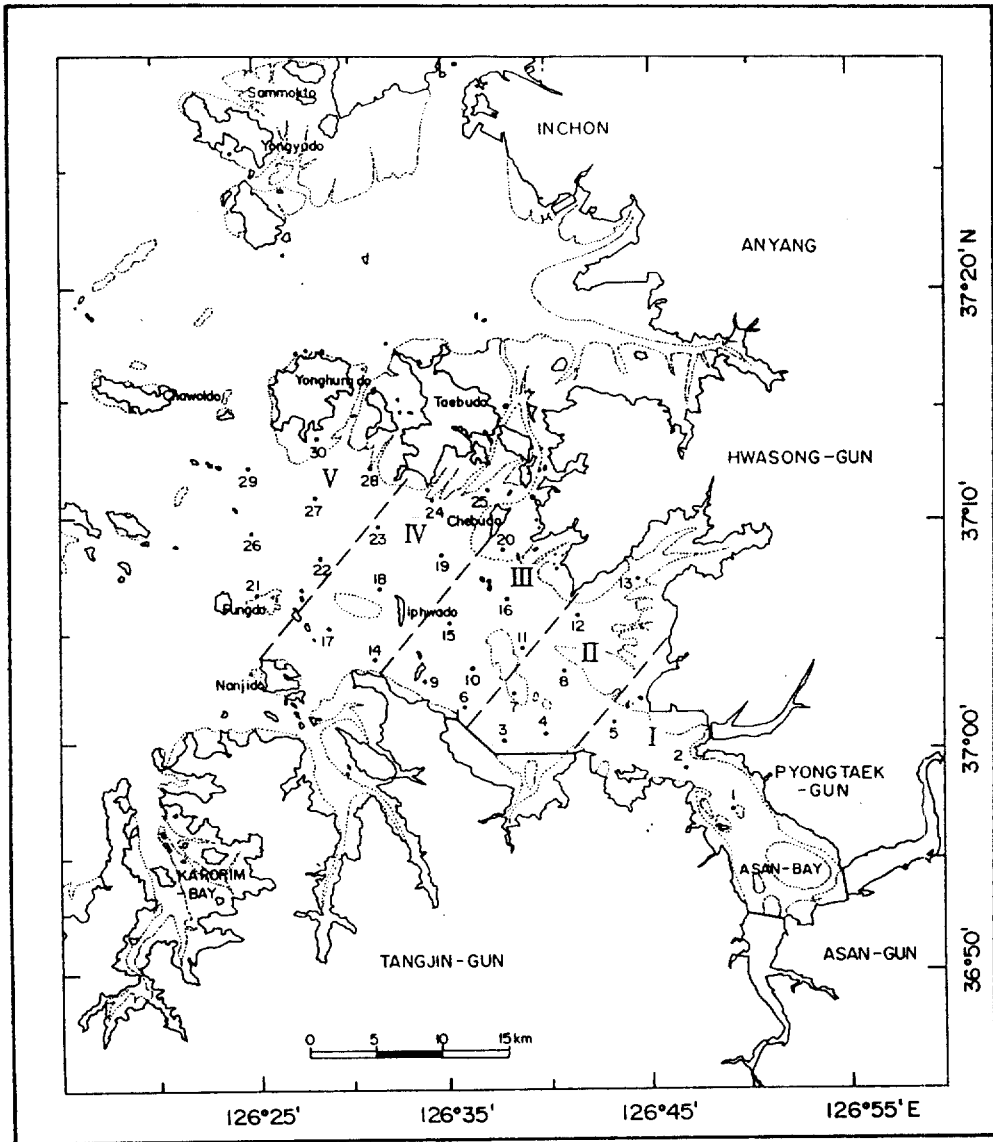


Fig. 1. A map showing the sampling station in Asan Bay.

통해 아산만의 동물플랑크톤 군집특성을 파악하고 동물플랑크톤의 분포를 식물플랑크톤과 치자어와의 관계를 통해 알아 보고자 했다.

재료 및 방법

본 연구는 1991년 8월과 10월, 1992년 1월과 4월에 소조기를 택하여 30개 정점에서 실시되었다 (Fig. 1). 동물플랑크톤은 망구직경 60 cm, 망목 335

μm의 봉고네트를 사용하여 약 8분간 표층에서 채집되었으며 정량분석을 위하여 봉고네트에 유량계 (General Oceanics, I.N.C.)를 부착하였다. 채집된 시료를 현장에서 6%의 중성포르말린으로 고정하였으며, 고정된 시료를 우점종이 100개체 이상 되도록 (UNESCO, 1979) 분할기(Folsom splitter)로 분할하여 Bogorov 계수관에서 각 분류군별로 계수한 후 단위체적당(m³) 개체수로 환산하였다. 그리고 군집 분포를 파악하기 위하여 종 다양성 지수(Shanon

and Weaver, 1949)와 동물플랑크톤의 종 조성 및 출현개체수에 의한 정점간 유사도(Bray and Curtis, 1957)를 구하였다.

치자어는 동물플랑크톤의 채집과 함께 망목 505 μm 의 봉고네트로 동시에 채집 되었으며, 식물플랑크톤은 같은 시기에 조사된 자료를 이용하였다(한국해양연구소, 1993). 또한 해양환경을 파악하기 위하여 수온과 염분을 조사하였으며, 수온은 DO meter(YSI-58)에 의해 현장에서 측정되었으며, 염분은 현장에서 채수하여 실험실에서 salinometer(YEO-KAL environmental electronics, Inductively coupled salinometer, Model 601Mk1V)로 측정하였다.

결 과

1. 수온 및 염분

여름에 25.1°C로 가장 높았으며, 정점별 수온의 변화는 0.5~1.3°C의 범위로 큰 차이를 보이지 않았다. 염분은 여름에 평균 26.8‰로 가장 낮았으며 봄에 31.5‰로 가장 높았다. 그리고 가을과 겨울은 평균 30.7‰과 30.3‰로 각각 나타났다. 정점간의 염분차이는 담수의 유입이 많은 여름에 정점 1에서 22.4‰로 가장 낮았으며, 정점 26에서 30.0‰로 가장 높게 나타났다. 그러나 그밖의 계절에는 정점간 염분차이가 크지 않았다.

2. 동물플랑크톤의 종조성 및 출현개체수

조사기간 중 출현한 동물플랑크톤은 야광충, 강장동물, 모약동물, 지각류, 요각류, 기타 유생 등으로 분류되었다. 이 중 요각류가 16속 21종 출현하여 가장 많은 출현 종 수를 보였다. 요각류의 출현종수는 계절별로 큰 차이를 보이지 않았으나, 여름과 가을에 각각 17종과 15종, 겨울과 봄에 각각 8종과 11종이 출현하였다(Table 1). 유생군의 출현수는 어란을 포함하여 13종류로서, 요각류 다음으로 높았다. 유생군의 계절별 출현수는 여름에 12종류로 가장 높았으며, 가을과 봄에 각각 9종류와 8종류, 겨울에 3종류가 출현 하였다.

동물플랑크톤의 개체수는 여름에 평균 1,458개체/ m^3 로 가장 높게 출현하였고, 겨울에 평균 240개체/ m^3 로 가장 낮은 개체수를 보였다. 그리고 봄에 평균 1,372개체/ m^3 출현하여 여름과 비슷한 개체수를 보

였으며, 가을에는 평균 433개체/ m^3 의 개체수를 보였다(Fig. 2).

3. 우점종

계절별 전체 동물플랑크톤에 대한 요각류의 출현율은 겨울에 97.5%로 가장 높았으며, 봄과 가을에 각각 95.6%와 92.6%로 높은 출현율을 나타냈다. 그리고 zoea 출현율이 13.3%에 달하는 여름에 가장 낮은 78.1%의 출현율을 나타냈다. 여름에는 *Acartia pacifica*가 전체 동물플랑크톤의 59.3%를 차지하여 가장 높은 출현율을 나타냈으며, 정점 8에서 출현 개체수가 9,466개체/ m^3 로 다른 정점의 *A. pacifica*의 평균 출현개체수인 570개체/ m^3 에 비해 매우 높았다. 그 외에 zoea와 copepodite가 각각 13.3%와 12.6%의 출현율을 나타냈다. 가을에는 저염내만종인 *Acartia bifilosa*가 가장 우점하여 전체 동물플랑크톤의 46.6%를 차지하였고 *Paracalanus parvus*와 copepodite가 각각 23.2%와 15.6%로 우점하여 출현하였다. 겨울에도 *A. bifilosa*가 가장 우점하여 71.5%를 차지하였으며, *Calanus sinicus*와 *Corycaeus affinis*가 각각 3.7%를 차지하였다. 봄 역시 *A. bifilosa*가 가장 우점하여 전체동물플랑크톤의 78.7%를 차지하였으며 copepodite가 11.8% 출현하였다(Table 1).

4. 계절별 종 조성의 변화

요각류 중 *Acartia*속은 가을부터 봄에 걸쳐 *A. bifilosa*가 우점하여 봄에 1,083개체/ m^3 , 가을과 겨울에 각각 201개체/ m^3 와 172개체/ m^3 가 출현하였다. 그러나 여름에는 *A. bifilosa*가 12개체/ m^3 로 전체 동물플랑크톤의 0.8%를 차지한 반면 *A. pacifica*가 867개체/ m^3 출현하였다.

요각류 중 *Calanopia thompsoni*, *Pontella latifurca*, *Pontellopsis tenuica*, *Tortanus dextrilobatus*는 여름에만 출현하였으며, *Centropages tenuiremis*는 가을에만 출현하였다. *Sagitta crassa*는 여름에 17개체/ m^3 에서 봄의 2개체/ m^3 의 출현범위를 보였으며 *S. enflata*는 가을에 조사해역의 외해에서 소량 출현하였을 뿐이다. 냉수성 담수종인 *Daphnia longispina*는 겨울에만의 안쪽에 위치한 정점 1과 2에서 소량 출현하였다. 지각류 중 *Podon leuckarti*는 여름의 정점 8과 23에서 극히 적게 출현하였으며, *Ca-*

Table 1. Abundances and percentages of each zooplankton to the total abundance in Asan Bay

| Taxon\Season | Summer | Fall | Winter | Spring |
|--------------------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------|
| <i>Noctiluca scintillans</i> | *(+) | 17(3.9) | *(0.1) | 52(3.8) |
| formaniferans | *(+) | | | |
| <i>Sagitta crassa</i> | 17(1.2) | 8(1.8) | 5(2.2) | 2(0.2) |
| <i>S. enflata</i> | 5(0.3) | *(+) | *(0.1) | |
| <i>Daphnia logispina</i> | | | *(0.1) | |
| <i>Podon leuckarti</i> | *(+) | | | |
| <i>Acartia bifilosa</i> | 12(0.8) | <u>201(46.6)</u> | <u>172(71.5)</u> | <u>1,083(78.7)</u> |
| <i>A. pacifica</i> | <u>867(59.3)</u> | | | |
| <i>Calanopia thompsoni</i> | *(+) | | | |
| <i>Calanus sinicus</i> | | *(+) | 9(3.7) | 5(0.4) |
| <i>Centropages abdominalis</i> | | *(+) | | 2(0.1) |
| <i>C. tenuiremis</i> | *(+) | *(+) | | |
| <i>Corycaeus affinis</i> | 14(1.0) | 25(5.9) | 2(0.9) | 11(0.8) |
| <i>Eurytemora pacifica</i> | 1(+) | | | 30(2.2) |
| <i>Labidocera bipinnata</i> | *(+) | *(+) | | |
| <i>L. euchaeta</i> | *(+) | *(+) | 9(3.7) | *(+) |
| <i>Oithona similis</i> | | *(+) | | *(+) |
| <i>Paracalanus parvus</i> | 50(3.5) | <u>100(23.2)</u> | 10(4.1) | 17(1.3) |
| <i>Pontella latifurca</i> | *(+) | | | |
| <i>Pontellopsis tenuicauda</i> | *(+) | | | |
| <i>Pseudodiaptomus marinus</i> | *(+) | 1(1.2) | *(0.2) | |
| <i>Sapphirina</i> sp. | | | *(+) | |
| <i>Sinocalanus sinensis</i> | | | | *(+) |
| <i>Tortanus derjugini</i> | 1(0.1) | 1(0.1) | | |
| <i>T. dextrilobus</i> | 2(0.1) | | | |
| <i>T. forcipatus</i> | *(+) | 1(0.2) | | |
| <i>T. spinicaudatus</i> | 7(0.5) | 2(0.5) | | *(+) |
| harpacticoid | *(+) | *(+) | *(+) | *(+) |
| copepodites | <u>184(12.6)</u> | <u>67(15.6)</u> | <u>32(13.2)</u> | <u>163(11.8)</u> |
| amphipod | *(+) | *(+) | *(+) | *(+) |
| decapod | *(+) | | | |
| mysid | | | *(+) | |
| euphausiid | *(+) | | | *(+) |
| cumacid | *(+) | | *(+) | |
| appendicularians | *(+) | 1(0.2) | | |
| decapod larvae | | | | *(+) |
| mysis | 9(0.6) | *(+) | | |
| megalopa | 1(0.1) | *(+) | | *(+) |
| zoa | <u>195(13.3)</u> | 1(0.1) | | 3(0.2) |
| copepod nauplii | 21(1.4) | 2(0.5) | *(+) | 4(0.3) |
| echinoderm larvae | 49(3.4) | | | |
| polychaete larvae | 7(0.5) | *(0.1) | | *(+) |
| cirripedia larvae | 2(0.1) | *(+) | | *(+) |
| mollusk larvae | 10(0.7) | 2(0.4) | *(0.1) | *(+) |
| stomatopod larvae | *(+) | | | |
| fish larvae | 2(0.1) | *(+) | 1(0.2) | |
| fish eggs | 2(0.1) | | | *(+) |
| Total abundance | 1,458 | 433 | 240 | 1,372 |

*: <1 indiv./m³, +: <0.1%; underline: dominant taxa

*lanus sinicus*는 가을부터 봄에 걸쳐 출현 하였으나 겨울에 평균 9개체/m³로 낮은 수온에서 출현개체 수가 높았다. 온해외양종인 *Calanopia thompsoni*

(Chen and Zhang, 1965)는 여름에 만의 바깥쪽에 위치한 정점 26과 27에서 다소 적은 양이 출현하여 외양으로부터 유입된 것으로 보인다. *Eurytemora*

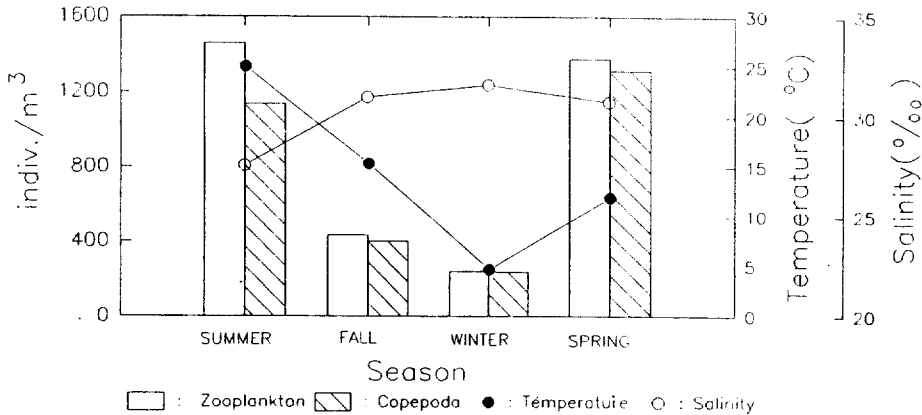


Fig. 2. Seasonal variations in temperature, salinity and abundances of zooplankton and copepods in Asan Bay from 1991 to 1992.

*pacifica*는 겨울을 제외한 전 계절에 출현하였으나 봄에 평균 30개체/m³로 가장 높게 출현하였다. 그러나 주로 정점 1에서 5에 걸쳐 높게 출현 하였으며 만의 바깥쪽에 위치한 정점 23에서 30까지는 전혀 출현하지 않았다. 연안종인 *E. pacifica*의 분포를 볼 때 본 조사해역의 안쪽과 바깥쪽에 다소 다른 수괴가 분포하고 있음을 알 수 있다. 연안·하계종인 *Labidocera bipinnata*는 여름과 가을에 출현하였으며, *L. euchaeta*는 전 계절에 걸쳐 출현하였으나 겨울에 다소 높은 출현개체수를 보였다. *Tortanus*속 중 여름과 가을에 출현한 *T. derjugini*는 주로 만의 안쪽에 분포하였으며, *T. forcipatus*는 만의 바깥 정점에서 출현개체수가 개체수높았다. *T. spinicaudatus*는 겨울을 제외한 전 계절에 걸쳐 출현하였으나 주로 여름에 높게 출현하였다.

정점별 동물플랑크톤의 출현개체수는 여름의 경우 내만에 위치한 정점에서 높았으며 외만으로 갈수록 낮았다. 가을에는 전 정점에 걸쳐 출현개체수의 변화가 크지 않았으나 외만에 위치한 정점 26~30에서 다소 높은 출현개체수를 나타냈으며, 겨울의 출현개체수는 전 정점에 걸쳐 큰 차이가 없었다. 봄에는 내만에서 출현개체수가 높았으며, 전반적으로 해안선에 가까운 정점에서 높게 나타났다(Fig. 3).

요각류의 정점별 출현개체수는 전계절에 걸쳐 전체 동물플랑크톤의 출현개체수와 유사했다. 여름에는 만의 중앙, 가을에는 외만에서 다소 높았으며, 가을의 정점 13에서는 *Acartia bifilosa*와 *Paracala-*

*nus parvus*가 2,000개체/m³ 이상 출현하여 다른 정점에 비해 높은 출현 양상을 보였다. 겨울에 요각류의 출현개체수는 전 정점에 걸쳐 비슷했으며, 봄에는 *A. bifilosa*가 내만에서 높게 출현하여 요각류의 출현개체수가 외만에 비해 높았다.

대부분 저서동물의 유생인 meroplankton은 수온이 높은 여름에 출현율이 높아 20.3%였으며, 겨울, 봄, 가을에는 각각 0.3%, 0.5%, 1.3%의 낮은 출현율을 나타냈다.

5. 군집분석

동물플랑크톤의 다양성지수(diversity index)를 계절별로 보면, 여름에 평균 1.53으로 가장 높은 값을 나타냈으며, 다음으로 가을에 1.41, 겨울과 봄에 각각 0.97과 0.92를 나타내었다. 다양성 지수가 여름과 가을에 비해 겨울과 봄에 낮은 것은 출현 분류군의 수가 적고 *Acartia bifilosa*가 각각 71.5%와 78.7%로 높게 우점하였기 때문이다.

동물플랑크톤의 종조성 및 출현개체수에 의한 계절별 정점간의 유사도는 여름의 경우 만의 바깥쪽에 위치한 정점 14, 17, 18, 21, 22, 23, 24와 만의 안쪽과 북쪽에 위치한 정점들의 2개 그룹으로 구분되어 나타났고, 가을은 크게 4개의 수괴로 구분되어 내만에 위치한 정점 1, 2의 I그룹과 만의 중앙에 위치한 정점들의 II그룹, 만의 가장 바깥쪽에 위치한 정점 26~30의 III그룹과 III그룹의 안쪽에 위치한 정점 22, 23의 IV그룹으로 구분되었다. 겨울은 내만의

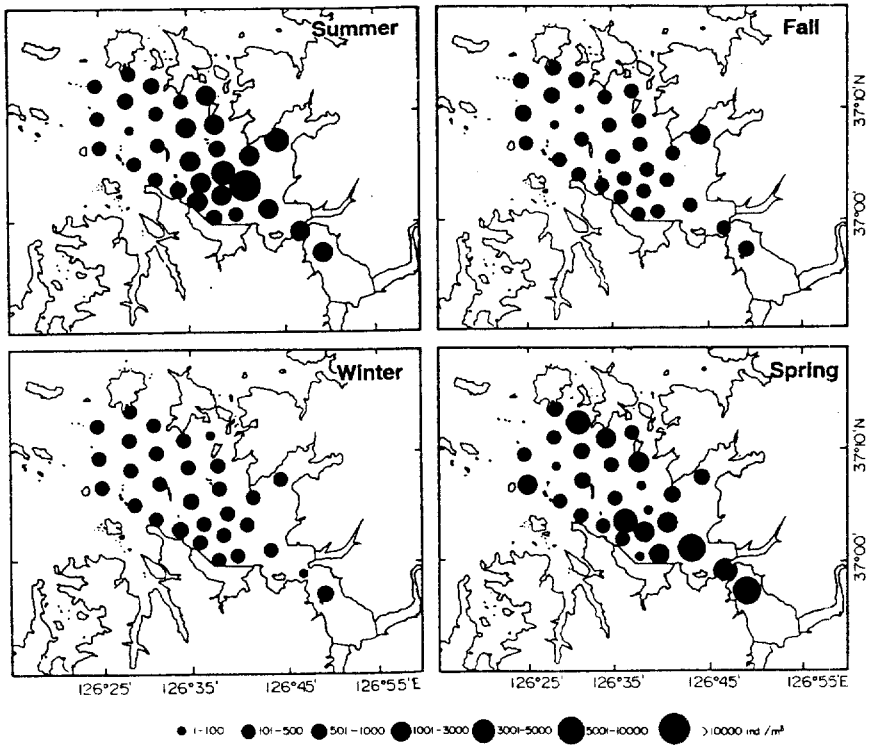


Fig. 3. Seasonal variations in zooplankton abundances at each station.

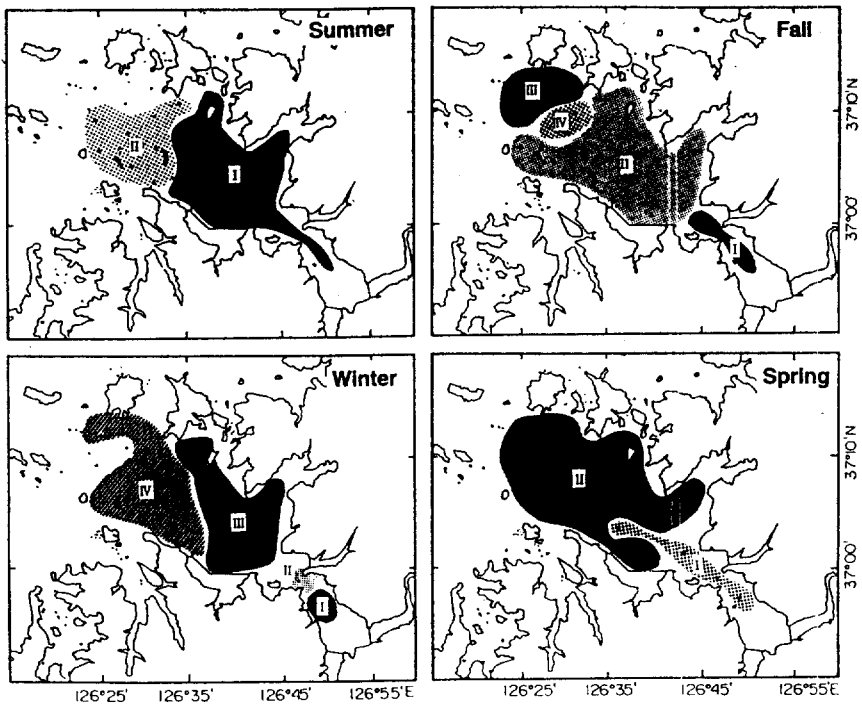


Fig. 4. Division of the study area based on cluster analysis with zooplankton abundances.

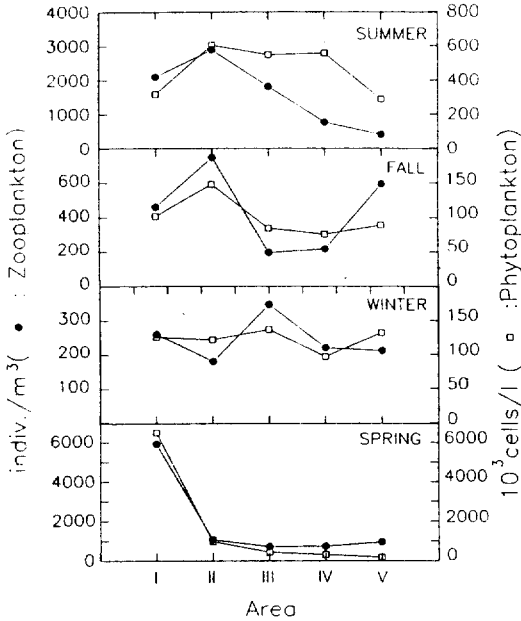


Fig. 5. Spatial variations in the abundances of zooplankton and phytoplankton in each station.

정점 1의 I그룹, 정점 2의 II그룹과, 만의 중앙에 위치한 정점들의 III그룹, 외만에 위치한 정점들의 IV그룹으로 해역이 구분되었다. 봄에는 해역에 따른 수괴의 구분이 뚜렷하게 나타나 내만의 정점 1, 2, 5, 10의 I그룹과 그밖에 외만에 위치한 정점들의 II그룹으로 구분되었다(Fig. 4).

6. 동물플랑크톤 분포와 식물플랑크톤, 치자어 분포의 관계

봄과 여름의 식물플랑크톤 출현개체수는 동물플랑크톤의 출현개체수와 마찬가지로 외만으로 가면서 감소하는 경향을 보였고, 가을과 겨울에는 출현개체수가 매우 낮아 뚜렷한 경향을 보이지 않았다. 각 정점별 동물플랑크톤의 개체수는 식물플랑크톤의 출현개체수가 높은 봄에 식물플랑크톤의 출현개체수와 높은 상관관계 ($r^2=0.66, p<0.01, n=30$)를 보였으나 그밖의 계절에는 정점별 상관관계가 높지 않았다. 그러나 만의 내부에서 외부로 가면서 등거리 간격으로 나눈 5개 해역(Area)에서의 평균값을 볼 때, 각 해역별 동물플랑크톤과 식물플랑크톤의 관계는 여름을 제외한 전 계절에 걸쳐 높은 연관성을 가졌다(Fig. 5).

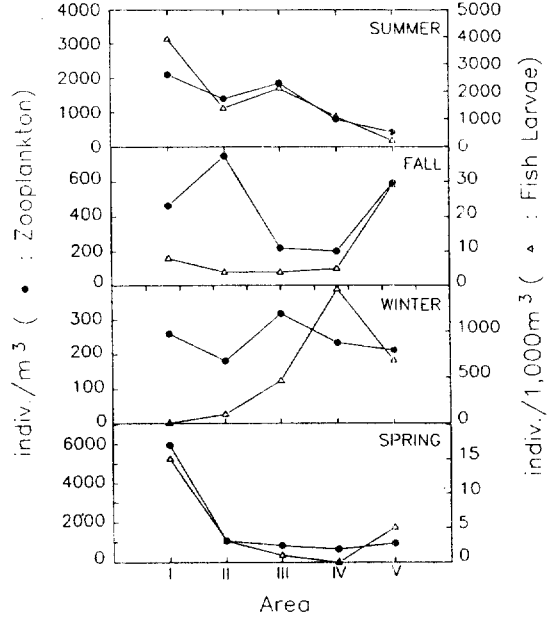


Fig. 6. Spatial variations in the abundances of zooplankton and fish larvae in each station.

치자어의 출현 종 수는 여름에 20종으로 조사기간 중 가장 많았고, 가을, 겨울과 봄에는 각각 5종, 6종, 5종이 출현하였다. 계절별 치자어의 출현개체수는 여름에 평균 1,418개체/m³로 가장 높았으며, 가을과 봄에는 각각 10개체/m³와 5개체/m³, 그리고 가을에는 542개체/m³였다. 치자어 중 밴댕이는 전체 출현개체수의 44.6%를 차지하여 가장 우점하였으며, 흰베도라치 30.2%, 망둑어류 14.9%, 참서대 3.2%의 출현비를 나타냈다. 이들 5종이 전체 출현개체수의 92.8%를 차지하였다. 5개 해역으로 나누어 살펴본 치자어 출현개체수는 여름의 경우 외만으로 갈수록 감소하는 경향을 보였지만, 겨울에는 외만으로 갈수록 증가하는 경향을 보였다. 가을과 봄에는 출현개체수가 매우 낮아 뚜렷한 경향을 보이지 않았다(Fig. 6).

고 찰

해양에서 동물플랑크톤 중 가장 우점하여 출현하는 분류군은 요각류(Raymont, 1983; Nybakken, 1982; Parsons *et al.*, 1984)로서 본 조사에서도 가장 높은 출현개체수를 보여 전체 동물플랑크톤의 88.0

%를 차지하였다. 신(1991)의 아산만 조사에서도 요각류의 출현율이 87% 이상을 차지하여 본 조사결과와 일치하는 양상을 보였다. 온대해역의 만이나 연안해역에서는 요각류 중 *Acartia* 속에 속하는 종 등이 가장 우점하여 출현하는 동물플랑크톤이다(Ueda, 1991; Kimmerer, 1993). 본 해역에서도 *Acartia bifilosa*, *A. pacifica*와 *Paracalanus parvus* 등의 출현율이 높아 온대 연안 해역의 전형적인 동물플랑크톤군집 특성을 잘 나타내고 있으며 출현개체수는 Park et al.(1991)에 의해 보고된 것과 비슷하였다. 대부분의 동물플랑크톤은 종 조성 및 출현개체수가 계절에 따라 다르며, 보통 여름에 가장 높은 출현개체수를 보인다. 이는 많은 종들이 여름의 수온에 대한 생리적 적응이 유리하기 때문이다(Kimmerer and McKinnon, 1985).

*Acartia pacifica*는 여름에 우점하여 출현하였고 내만에서는 출현개체수가 높은 반면 외만에서는 출현개체수가 매우 낮았다. Choi and Park(1993)이 아산만에서 보고한 자료에 의하면 우점종의 계절별 출현율은 *A. bifilosa*가 봄에 86.6%, 겨울에 57.4%, 가을에 10.8%였고, *A. pacifica*는 여름에 17.4%, 그 밖의 계절에는 1% 미만의 출현율을 보였다. 이는 *A. bifilosa*에 비해 *A. pacifica*가 수온이 높을 때 출현한다는 기존의 연구결과와 일치하였다(Greenwood, 1981). 그리고 전반적으로 내만에서 출현율이 높게 나타났다. 황과 최(1993)의 보고에 의해서도 *A. bifilosa*의 출현개체수가 외양역에 비해 연안역에서 높게 관찰 되었다. 본 조사에서도 각 계절에 출현하는 우점종은 외만에 비해 내만에서 출현개체수가 높은 경향을 보였다. Paffenhöfer and Stearns (1988)는 *Acartia tonsa*와 *Paracalanus* sp. 등이 연안에서 높게 출현하는 것을 먹이농도에 의한 영향으로 보았다. 본 연구기간 중 봄에 출현개체수가 높게 나타난 요각류와 식물플랑크톤의 상관관계가 높은 것도 먹이농도와 연관지어 설명될 수 있다고 보여진다.

본 해역에서는 출현종에 따라 분포양상이 다르게 나타났다. 냉수성 담수산 지각류인 *Daphnia longispina*는 만의 가장 안쪽에 위치한 정점 1과 2에서 출현하여 다른 정점에 비해 담수의 영향을 크게 받는 해역임을 알 수 있다. 그리고 *Eurytemora pacifica*는 봄에 내만에서 높은 출현개체수를 보인 반면, 외만

에서는 출현하지 않았으며, 여름에는 내만에 있는 정점 2에서만 15개체/m³ 출현하였을 뿐 다른 정점에서는 전혀 출현하지 않았다. 이러한 출현양상은 휴면란에 의해 요각류의 일시적 대량증식을 보고한 Grice and Marcus(1981)의 예와 유사하였다. 김과 허(1983)는 가로림만에서 *E. pacifica*가 만의 가장 안쪽에 국한되어 대량 출현한 현상을 수괴가 안정되어 형성된 요각류의 휴면란에 의한 영향으로 보았다. 한편 Brodskii(1950)는 *E. pacifica*가 만의 담수역에서 출현하는 것으로 보고하였다. 그러므로 본 조사에서 출현한 *E. pacifica*의 분포양상도 휴면란에 의한 영향임을 배제할 수 없으나, 전 조사해역이 전반적으로 수괴가 매우 불안정한 해역임을 고려해 볼 때 *E. pacifica*가 만의 가장 안쪽에서 국한되어 출현한 것은 이 해역이 담수 유입에 의해 염분이 낮아 *E. pacifica*가 염분에 대한 생리적 적응범위가 외만에 비해 다소 유리하기 때문인 것으로 보여진다. 그러나 *E. pacifica*와 그 밖의 요각류의 염분변화에 따른 분포특성을 확실히 이해하기 위해서는 담수유입에 의한 염분의 시공간적 변화에 따른 이들의 종 조성 및 출현개체수의 변화에 대한 조사와 각 종의 염분에 대한 생리실험이 시행 되어야 할 것으로 보여진다.

모악류인 *Sagitta enflata*는 쿠로시오 난류의 영향을 많이 받는 남해에서 다량 출현하는 외양성 난류종이다(박, 1970). 그러나 정(1989)에 의하여 서해 중부 해역에서 보고된 자료에 의하면 가을에 평균 1개체/m³ 이하의 낮은 출현개체수를 보였다. 본 조사에서도 가을에 외해에 위치한 정점에서 소량 출현하였다. 그러나 Park et al.(1991)과 Choi and Park (1993)에 의해 아산만의 내만에서 연구된 자료에 의하면 *S. enflata*가 전혀 출현하지 않았다. 이는 쿠로시오 난류가 미약하나마 본 조사해역의 외만까지 영향을 미친다는 물리조사의 결과와 일치한다(Beardsley et al., 1985).

동물플랑크톤의 출현량은 식물플랑크톤의 출현량과 포식자인 치자어에 의해 크게 영향을 받는다(Fulton, 1984). 동물플랑크톤과 식물플랑크톤 각 정점별 동물플랑크톤의 개체수는 식물플랑크톤의 출현개체수가 높은 봄에 식물플랑크톤의 출현개체수와 높은 상관관계를 보였으나 그밖의 계절에는 정점별 상관관계가 높지 않았다. 그러나 만의 내부에서 외부로

가면서 등거리 간격으로 나눈 5개 해역(Area)에서의 해역별 동물플랑크톤과 식물플랑크톤의 관계는 여름을 제외한 전 계절에 걸쳐 높은 연관성을 가졌다 (Fig. 5). 위에서 언급한바와 같이 Paffenhöfer and Stearns(1988)는 *Acartia tonsa*와 *Paracalanus* sp. 등이 연안에서 높게 출현하는 것을 먹이농도에 의한 영향으로 보았다. 신(1989)은 인근해역인 천수만에서 규조류의 대 발생이 있는 시기 이외에는 미소생물의 환이나 detritus의 먹이연쇄가 주 영양전달경로로 보았다. 본 조사기간 중 봄 이외의 계절에 요각류와 식물플랑크톤의 상관관계가 높지 않은 것은 이러한 영양전달경로에 의한 원인으로 사료된다. 따라서 동물플랑크톤의 먹이전달경로에 의한 분포특성을 좀 더 올바르게 이해 하려면 미세플랑크톤과 Tintinnid 등과 같은 소형플랑크톤에 대한 조사가 병행되어야 할 것으로 보인다.

김 등(1985)에 의하면 흰베도라치의 치자어의 먹이생물 중 요각류가 전체의 71%를 차지하였으나 먹이생물에 대한 선택성은 뚜렷하지 않아 우점적으로 출현하는 먹이생물에 크게 좌우된다고 보고 하였다. 여름에 정점 8의 예외적인 동물플랑크톤의 출현개체수를 제외하고 5개 해역에서의 치자어와 동물플랑크톤의 출현개체수가 매우 일치 하는것을 볼 수 있다. 동물플랑크톤은 치자어의 출현개체수가 높은 여름에 치자어의 분포에 영향을 줄 수 있을 것으로 판단된다(Fig. 6). 봄에도 동물플랑크톤과 치자어의 출현개체수가 외만으로 갈수록 줄어드는 유사한 변화양상을 보였으나, 포식자인 치자어의 개체수가 극히 적어 먹이관계에 의한 영향으로 비교하기 힘들었다. 가을의 동물플랑크톤과 치자어의 관계도 이와같이 설명될 수 있다.

동물플랑크톤의 출현개체수에 의한 정점간 유사도는 전 계절에 걸쳐 조사해역이 내만과 외만의 수괴로 뚜렷이 구분됨을 보여 주었다. 또한 전 계절에 걸쳐 외양에서 유입되는 동물플랑크톤과 연안에 서식하는 동물플랑크톤이 각각 만의 안쪽과 바깥쪽의 수괴에서 구분되어 출현하는 양상을 보였다.

담수가 유입되는 만은 외만에서 내만으로 갈수록 점차 염분이 낮아지는 경향을 보인다. 그러나 본 해역의 염분분포는 담수가 유입되는 큰 강이나 하천이 없는 반면 방조제의 수문을 열때 담수가 일시적으로 대량 유입되어 매우 불규칙적인 형태를

띠고있다. 따라서 본 조사해역의 동물플랑크톤 분포는 조석주기나 계절에 따른 수온의 변화 등과 같은 일정한 주기의 환경 변화에 비해, 일시적이고 예측할 수 없는 염분과 부유물질농도 등의 변화에 의한 영향을 더 크게 받을 것으로 보인다. 따라서 앞으로 이러한 환경 요인들과 동물플랑크톤 분포와의 관계에 대한 연구가 함께 이루어져야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

- 김동엽, 허형택, 1983. 가로림만 요각류의 계절변화에 대하여. 해양연구소보, 5: 29-35.
- 김종만, 김동엽, 유재명, 허형택, 1985. 흰베도라치, *Enedrias fangi* 치자어의 식성. 한국수산학회지, 18: 484-490.
- 박주석, 1970. 한국근해의 모악류에 관한 연구. 수진연구보고, 6: 1-174.
- 신영범, 1991. 황해 중부연안해역의 동물플랑크톤에 대한 생태학적 연구. 이학석사학위논문. 서울대학교, 72pp.
- 심재형, 노 일, 1982. 여수 근해산 동물플랑크톤의 종조성과 양적 분포. Proc. Coll. Natur. Sci. S.N.U., 7: 165-183.
- 정장수, 1989. 서해중부해역의 모악류 분포에 관한 연구. 이학석사학위논문. 인하대학교, 87pp.
- 신윤근, 1989. 천수만 표영생태계의 부유생물군 생산구조와 에너지 유동에 관한 연구. 이학박사학위논문. 서울대학교, 146pp.
- 한국해양연구소, 1993. 화옹지구 간척매립에 따른 어업피해조사연구. 177-181.
- 황학진, 최중기, 1993. 황해 중동부 해역 동물플랑크톤의 계절적 분포 특성. 한국해양학회지, 28: 24-34.
- Bray, J.R. and J.T. Curtis, 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, 27: 325-349.
- Beardsley, R.C., R. Limeburner, H. Yu and G.A. Cannon, 1985. Discharge of the Changjiang(Yangtze River) into the East China Sea. *Cont. Shelf Res.*, 4: 57-76.
- Brodskii, K.A. 1950. Calanoida of the far Eastern Seas and Polar Basin of the USSR. *Acad. Sci. USSR*, 35: 279-283.
- Choi, K.-H. and C. Park, 1993. Seasonal fluctuation of zooplankton community in Asan Bay, Korea. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 26: 424-437.
- Fulton, R. S. III., 1984. Predation, production and the organization of an estuarine copepod community. *J. Plankton Research*, 6: 399-415.
- Greenwood, J.G., 1981. Occurrences of congeneric pairs of *Acartia* and *Pseudodiaptomus* species (copepoda, calanoida) in Moreton Bay, Queensland. *Estu. Coast. Shelf Sci.*, 13: 591-596.
- Grice, G.D. and N.H. Marcus. 1981. Dormant eggs of marine copepods. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 19: 125-140.

- Hunter, M.D. and P.W. Price, 1992. Playing chutes and ladders: heterogeneity and the relative roles of bottom-up and top-down forces in natural communities. *Ecology*, **73**: 724-732.
- Kim, W.-S., 1984. An ecological study on the zooplankton community in Kwangyang Bay, Korea. M.S. thesis S.N.U., 76pp.
- Kim, W.-S., 1993. Zooplankton community effects on the phytoplankton community in Long Island Bays. Ph. D. Dissertation. State Univ. of New York, 242pp.
- Kimmerer W.J., 1993. Distribution patterns of zooplankton in Tomales bay, California. *Estuaries*, **16**: 264-272.
- Kimmerer W.J. and A.D. McKinnon, 1985. A comparative study of the zooplankton in two adjacent embayments, Port Phillip and Westernport bays, Australia. *Estu. Coast. Shelf Sci.*, **21**: 145-159.
- Nybakken, J.W., 1982. Marine biology an ecological approach, Harper and Row Publ., New York, 446p.
- Paffenhofer, G.-A. and D.E. Stearns. 1988. Why is *Acartia tonsa* (copepoda: calanoida) restricted to nearshore environments? *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **42**: 33-38.
- Park, C., K.-H. Choi and C.-H. Moon, 1991. Distribution of zooplankton in Asan Bay, Korea with comments on vertical migration. *J. Oceanol. Soc. Korea*, **24**: 472-482.
- Parsons, T.R., M. Takahashi and B. Hargrave, 1984. Biological oceanographic processes, 3rd ed. Pergamon press, Oxford, 4p.
- Poulet, S.A. and R. Williams, 1991. Characteristics and properties of copepods affecting the recruitment of fish larvae. Proceedings of the fourth international conference on copepoda. *Bull. Plankton Soc. Japan Spec. Vol.(1991)*: 271-290.
- Raymont, J.E.G., 1983. Plankton and productivity in the oceans, 2nd ed. Vol.2-zooplankton, Pergamon press, Oxford, 1-51.
- Shannon, C.E. and W. Weaver, 1949. The mathematical theory of communication. Univ. Illinois Press, Urbana, Illinois, 125p.
- 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.
- Ueda, H., 1991. Horizontal distribution of planktonic copepods in Inlet Waters. Proceedings of the fourth international conference on copepoda. *Bull. Plankton Soc. Japan Spec. Vol.(1991)*: 143-160.
- UNESCO. 1979. Zooplankton sampling. UNESCO press, 3rd Ed., Paris, 1-174.

Accepted November 4, 1994