

1999년 강진만 동물플랑크톤 군집의 분포 및 특성

허 회 권* · 김 도 현 · 안 승 환

(주) 한국해양기술연구소

Community Structure and Distributions of Zooplankton in Gangjin Bay in 1999

Hoi-kwon Hue*, Do-Hyun Kim and Seung-Hwan Ahn

Korea Ocean Engineering Research Institute, Seoul 135-080, Korea

Abstract - We observed zooplankton community to understand variations in the species composition and abundance in Gangjin Bay. Samples were collected bimonthly from February to November 1999 at 16 stations in Gangjin Bay of the southern part of Korea. Zooplankton communities consisted to nine taxa and mean biomass was 2,028 indiv. m⁻³. The maximum abundance was observed to be 5,496 indiv. m⁻³ in February and the minimum in November, 78 indiv. m⁻³. Copepods dominated and most diverse in Gangjin Bay. Seasonal fluctuation in the copepod abundance varied between 42 and 4,159 indiv. m⁻³. Dominant species are *Acartia omorii*, *Centrophages abdominalis*, *Paracalanus indicus* and *A. steueri*. Cladoceran also dominated and the maximum abundance was 765 indiv. m⁻³ in April. *A. omorii* and *Oithona davisae* dominated in February, *A. omorii*, *Eurytemora pacifica*, *Evadne nordmanni* and *Podon polyphemoides* in April, *Tortanus dextrilobatus* and decapod nauplius in June, *Paracalanus indicus*, *E. tergestina* and *Penilia avirostris* in August and *A. erythraea* and *P. indicus* in October. In November, *P. indicus* and *Sagitta crassa* dominated.

Key words : Gangjin Bay, zooplankton community, seasonal fluctuation, copepods

서 론

최근 정부에서는 해양오염 정도가 심각하고, 적조가 상습적으로 발생하고 있는 어업피해 빈발 해역 및 어업권 밀집 해역을 특별관리어장으로 지정하여 유역개발에 대한 규제를 강화하고 있으며, 이러한 해역의 어장환경 개선을 위한 정화사업 계획을 수립하였다. 또한 지정해

역에 대한 해양환경 기본조사를 실시하여 내만의 수질 관리 대책을 수립·추진하고 있다(해양수산부 1999).

어느 해역의 수산자원을 지속적으로 이용하거나 개발을 위해서는 조사 대상해역에 서식하는 동물플랑크톤의 분포와 생물량에 대한 정확한 기초조사가 필수적이며 또한 중요하다고 하겠다.

조사 해역인 경상남도 남해군 강진만은 34° 50'~35° 00'N, 127° 55'~128° 00'E에 위치하며, 남해도, 창선도, 사천시, 하동군으로 둘러싸여 있어 생활하수 및 산업성 폐수의 영향을 받는 곳으로 특히 하절기 대량 강우시에

* Corresponding author: Hoi-Kwon Hue, Tel. 02-561-7763, Fax. 02-567-4446, E-mail. khhue@hanmail.net

는 사천만을 거쳐 인근 남강으로부터 유입되는 담수의 영향을 많이 받는 지역이다.

조석 간만의 차는 연간 최대 360 cm에 이르며, 밀물시에는 북쪽의 노랑해협 및 창선도·사천을 잇는 협수로인 대방수도와 남쪽에서는 남해 본도와 창선도를 잇는 창선수도를 통해 해류가 밀려들며, 썰물시에는 이와 정반대의 조류가 흐른다.

해저 지형은 남쪽에서 북쪽으로 개방되어 있는 만을 따라 완만한 경사를 이루고, 수심은 20 m 이내이며 남해 본도 보다는 창선도에 가까울수록 깊은 수심을 나타내고 있다. 또한 수심이 얕고 육수의 영향을 많이 받아 겨울철에 수온이 낮으며, 저질의 대부분이 사니질로서 패류 살포 양식이나 수하 양식의 시설물 설치가 용이하여 살포식 피조개 양식이 전 지역에서 골고루 이루어지고 있으며 (105건/597.44 ha), 비교적 수심이 깊은(수심 7.0~11 m)만의 상부와 석평리 부근 간석지역에서 투석 및 수하식 굴양식이 행해지고 있다(경남도청 1999).

본 조사에서는 특별관리어장으로 지정된 경상남도 남해군 강진만 해역의 어장환경 개선을 위한 사업을 실시하고자 계획함에 있어 사업효과의 극대화를 위하여 강진만에 대한 해양환경 기본 조사의 일환으로 수질조사 및 동물플랑크톤 군집의 종 조성, 조사정점에 따른 개체군 밀도 및 계절에 따라 변화하는 양상을 파악하였다.

재료 및 방법

본 연구는 1999년 2월, 4월, 6월, 8월, 10월 및 11월에 걸쳐 1회씩 강진만의 16개 정점에서 조사한 자료 및 시료를 사용하였다(Fig. 1).

조사 해역의 수온, 염분 및 화학적 산소요구량(COD)과 같은 수질조사는 표층(0 m)과 저층(6~10 m)에서 각각 측정하였다.

동물플랑크톤 시료는 망구 30 cm 또는 42 cm, 망목 300 μ m인 원추형 플랑크톤 네트를 수직 또는 경사 방향으로 예망하여 채집하였으며, 예망속도는 채집시 동물플랑크톤이 네트를 회피하는 것과 여과 효율을 고려하여 0.7~1.0 m sec⁻¹를 유지하였다. 또한 동물플랑크톤의 불균등분포를 고려하여, 1회 채집시 5회 이상 반복 채집을 실시하였다(Omori and Ikeda 1984).

채집된 시료는 선상에서 sodium tetraborate로 중성화한 formaldehyde 용액으로 최종 농도가 4%가 되도록 고정하여 실험실로 운반하였다. 특히 요각류의 분류를 위해서는 lactic acid 또는 glycerin 등을 이용하여 시료를 세척·연화시켜 광학현미경(Axioscop, Zeiss)으로 부

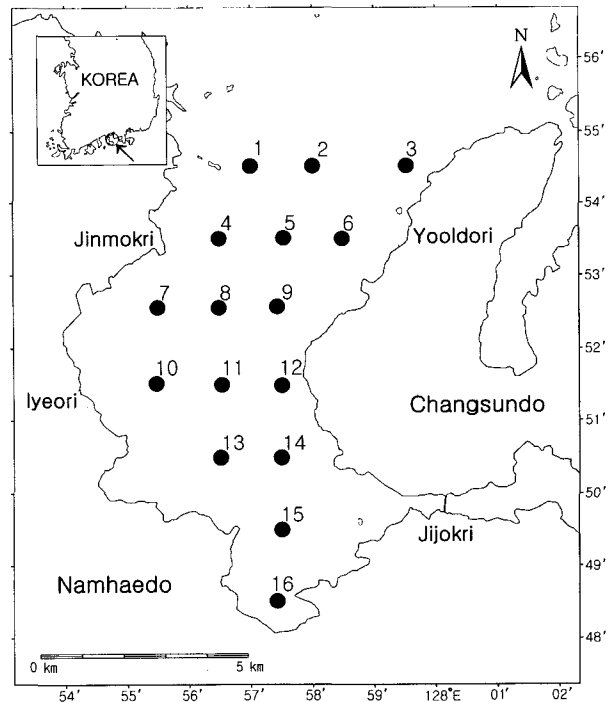


Fig. 1. A map showing the sampling stations in Gangjin Bay in 1999.

속지의 형태를 관찰하였으며, 필요하면 methylene blue 또는 chlorazol black E 등으로 염색하였다.

동물플랑크톤의 개체군 밀도는 농축된 시료를 희석병에서 균일하게 섞은 다음, 일정량을 Bogorove 계수판에 넣고 해부현미경(SZ 40, Olympus; SV11, Zeiss)에서 계수하여 단위체적 당 개체수(indiv. m⁻³)를 산출하였다.

동물플랑크톤의 군집 및 요각류 종별 자료에 의해 종 다양성 지수(species diversity index)는 Shannon and Weaver(1963)와 Margalef(1958)의 공식에 의거하였으며, 풍부도 지수는 Margalef(1958)의 공식에 따라 산출하였다.

결 과

1. 수질환경

강진만 표층 및 저층의 조사월별 수온, 염분도 및 화학적 산소요구량(COD)의 평균값을 각각 조사하여 변동 양상을 분석하였다.

표층의 평균 수온은 6.4~26.2°C의 범위로 2월에 가장 낮았고, 8월에 가장 높았으며, 저층의 평균 수온은 6.5~25.4°C의 범위로 역시 2월에 가장 낮았고, 8월에

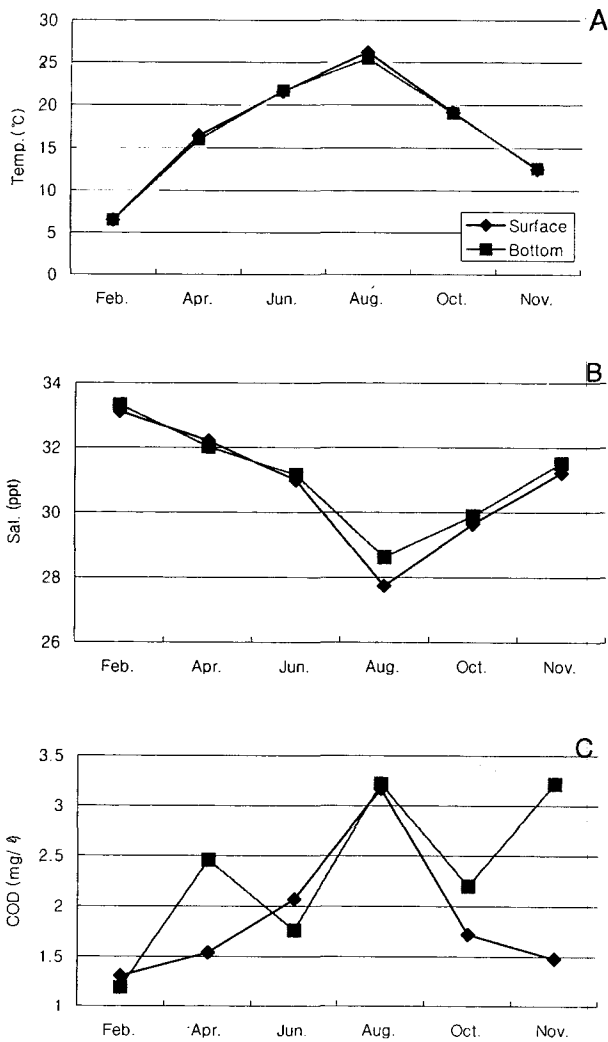


Fig. 2. Seasonal variation of mean temperature, salinity and COD at 16 stations in Gangjin Bay in 1999.

가장 높게 조사되었다(Fig. 2A). 또한 표층과 저층간의 온도 차이는 0.5°C 이내이며 8월의 온도 차이가 가장 크게 조사되었다.

조사정점에 따른 강진만 수온의 분포 양상은 표층의 경우 만 내부로 가면서 낮아지는 경향을 보였으며, 저층도 표층과 유사한 분포 양상을 나타내었다(Fig. 3A).

표층의 평균 염분도는 $27.74 \sim 33.12$ ppt의 범위이며, 2월에 최고값 8월에 최저값으로 조사되었으며, 저층의 평균염분도는 $28.62 \sim 33.32$ ppt의 범위로 조사되었다(Fig. 2B). 표층과 저층간의 염분도 차이는 8월에 가장 컸으며 (0.88 ppt), 6월에 가장 낮은 차이(0.17 ppt)를 보였다.

조사정점에 따른 염분도의 분포 양상은 표층 및 저층 모두에서 만 중앙부(정점 10 및 11)에서 낮아지는 경향을 보였다(Fig. 3B).

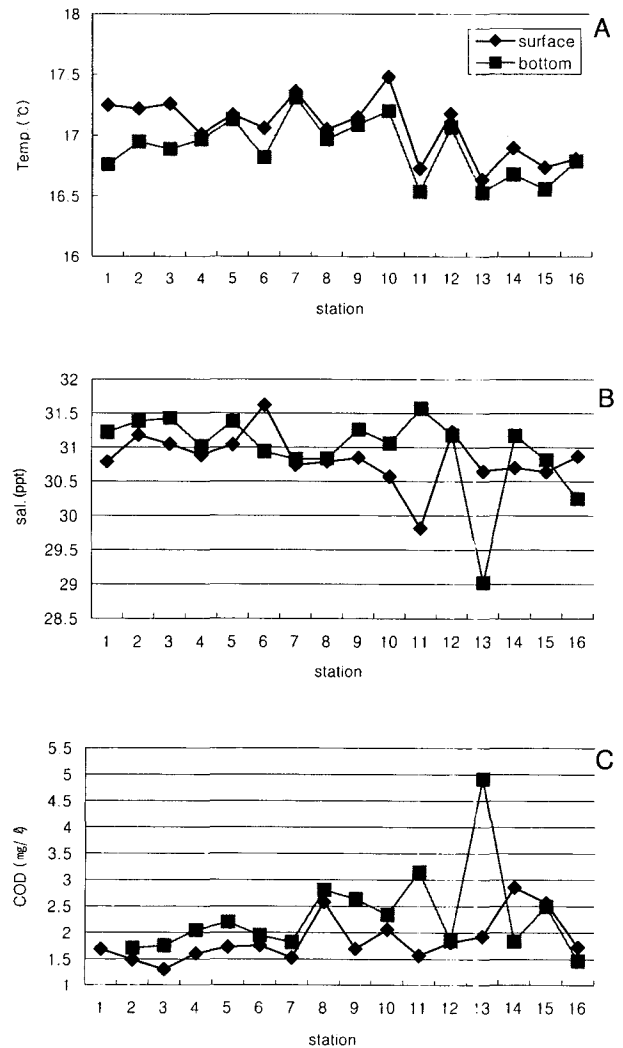


Fig. 3. Spatial variation of mean temperature, salinity and COD at 16 stations in Gangjin Bay in 1999.

COD의 경우, 표층에서 2월 부터 점차 높아지기 시작하여 8월에 최대값(3.17 mg l^{-1})을 나타내었으며, 저층에서는 8월과 11월에 각각 3.22 mg l^{-1} 로 최대값을 나타내었다(Fig. 2C). 표층과 저층간의 COD 차이는 $0.12 \sim 1.74 \text{ mg l}^{-1}$ 로 11월에 표층과 저층간의 차이가 가장 크게 조사되었으며, 만 중앙부의 조사정점에서 비교적 높은값을 나타내었다(Fig. 3C).

강진만의 영양염(용해성 인산염, 규산염 및 총 질소) 농도는 평균 인산염의 농도가 표층 $1.14 \mu\text{g-atm l}^{-1}$, 저층 $1.30 \mu\text{g-atm l}^{-1}$ 로 다소 높았으나, 규산염 및 총 질소의 농도는 각각 표층 $6.97 \mu\text{g-atm l}^{-1}$, 저층 $7.90 \mu\text{g-atm l}^{-1}$ 및 표층 $10.80 \mu\text{g-atm l}^{-1}$, 저층 $10.37 \mu\text{g-atm l}^{-1}$ 로서, 조사정점에서 매우 양호하여 부영양화(eutrophication)되어 있는 상태는 아니었다(경남도청 1999).

2. 동물플랑크톤 출현량 및 종 조성

동물플랑크톤의 평균 출현량은 2,028 indiv. m⁻³이며, 범위는 78~5,496 indiv. m⁻³였으며, 월별 출현량의 변동은 2월에 최대값 5,496 indiv. m⁻³, 11월에 최소값 78 indiv. m⁻³를 나타내었다. 특히 10월에는 조사 정점 16에서 동물플랑크톤의 출현량이 타 조사 정점보다 월등히 낮게 조사되었으며, 동물플랑크톤중 요각류의 월평균 출현량은 42.2~4,159 indiv. m⁻³의 범위로 2월에 가장 높게 조사되었고, 지각류는 4월에 최고값 765 indiv. m⁻³를 나타내었다.

동물플랑크톤은 전 조사일을 통해 총 9개 군으로 분류되었으며, 조사 월별 강진만에 출현한 동물플랑크톤의 우점 분류군은 요각류로서 평균 조성율이 47.2%로 최우점 분류군이었다. 그 밖에 지각류가 8.5%, 십각류 유생이 5.0%의 평균 조성율을 나타내는 우점군으로 조사되었다.

또한 주요 동물플랑크톤의 월별 변동 양상은 2월과 4월에 요각류가 각각 72.7% 및 57.3%의 높은 조성율을 나타내었으며, 지각류도 4월에 32.4%의 비율로 타 조사일에 비해 높은 조성율을 나타내었다 (Fig. 4). 그러나 6월, 8월 및 10월에는 요각류 및 지각류의 생물량이 줄어들면서 전체 동물플랑크톤 개체수에 대한 비율도 상대적으로 감소하는 경향을 나타내었다.

3. 요각류의 종 조성 및 주요 지표성 종의 분포

동물플랑크톤중 요각류는 전 조사일을 통하여 총 19종이 출현하였으며 월평균 출현량은 42.2~4,159 indiv.

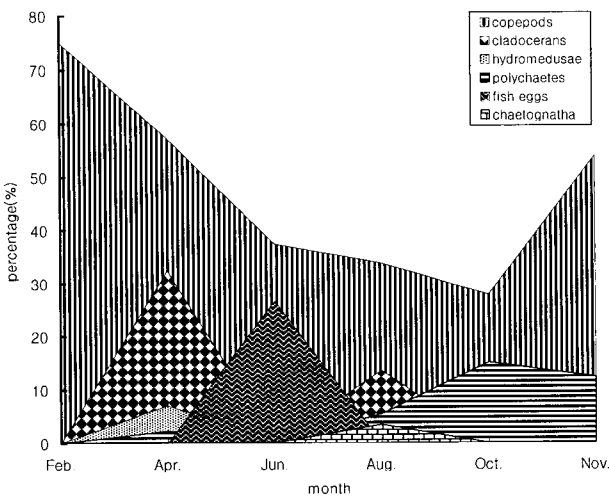


Fig. 4. Seasonal variation in the percentage composition of the major zooplankton groups in Gangjin Bay from February to November, 1999.

m⁻³의 범위에서 변동하였고, 2월에 14종으로 가장 많은 출현종 수를 보였으며 11월에 5종으로 가장 적게 출현하였다.

강진만에 출현하는 요각류의 종 조성은 조사일에 따라 차이가 있었으나 주로 *Acartia omorii*, *Centropages abdominalis*, *Paracalanus indicus* 및 *A. steueri*가 우점하였다. *A. omorii*는 2월, 4월 및 6월의 우점종으로 평균 59%의 조성율을 나타냈으며, 특히 2월에 가장 높은 조성율(77%)을 보였다. *A. omorii*와 *A. steueri*가 출현하지 않았던 8월에는 연안 난류종인 *P. indicus*가 높은 출현율을 나타내었다. *A. omorii*와 *A. steueri*의 월 평균 출현량은 각각 0~701 indiv. m⁻³와 0~115 indiv. m⁻³의 범위

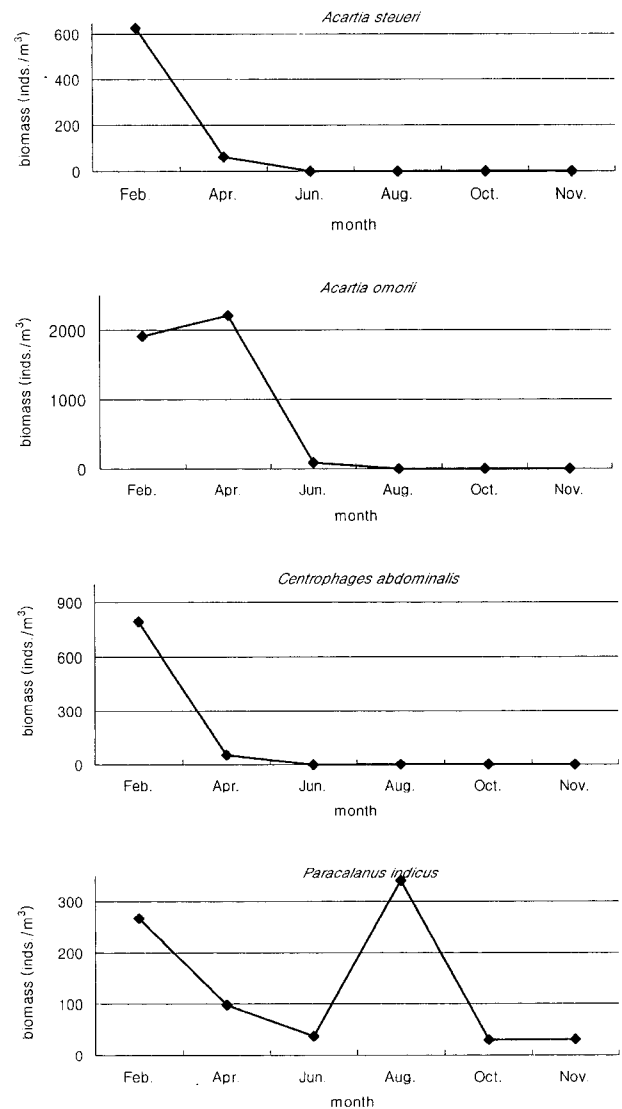


Fig. 5. Seasonal variation in the abundances of major copepod species in Gangjin Bay in 1999.

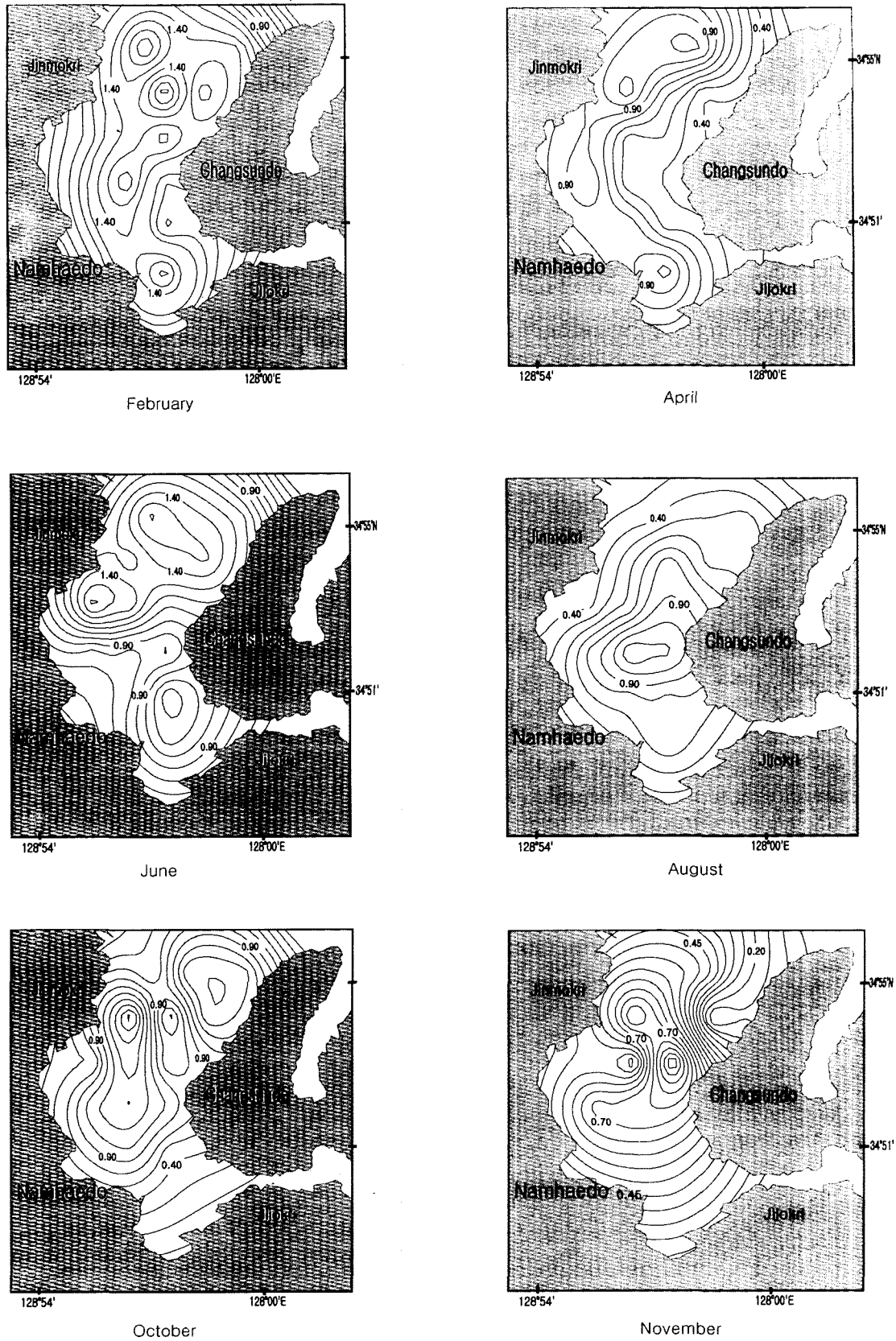


Fig. 6. Seasonal distribution in diversity indices of zooplankton in Gangjin Bay in 1999.

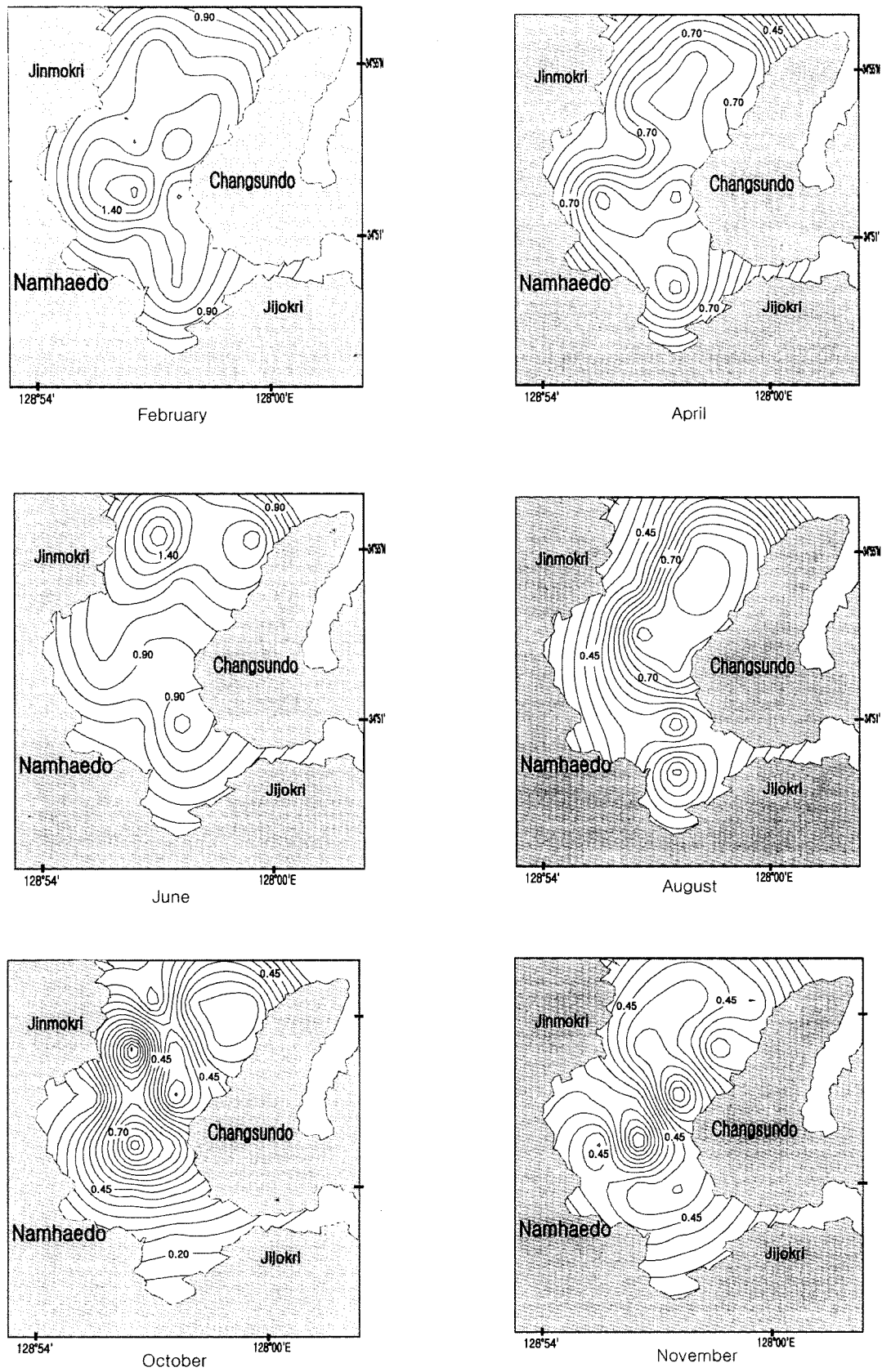


Fig. 7. Seasonal distribution in the richness indices of zooplankton in Gangjin Bay in 1999.

로서 *A. omorii*는 4월 (2,207 indiv. m^{-3})에 *A. steueri*는 2월 (627 indiv. m^{-3})에 최고량을 보였으며, 주로 강진만 중앙부의 조사 정점에서 높은 출현량을 나타내었다 (Fig. 5).

*C. abdominalis*는 2월에 높은 출현량 (795 indiv. m^{-3})을 나타냈으며, 조사 정점별로는 만 중앙부 울도리앞 정점에서 다량 출현하는 경향을 보였다 (Fig. 5).

*P. indicus*는 8월에 높은 출현량 (341 indiv. m^{-3})로 주로 만 입구와 중앙부에서 다량 출현하였다 (Fig. 5).

4. 다양성 지수와 풍부도 지수

동물플랑크톤 군집별 자료와 요각류의 종별 자료로 다양성 지수와 풍부도 지수를 구하였다. 다양도는 2월과 6월에 강진만 전 조사 정점에서 높은 경향을 보였으며, 6월에는 만 중앙부 진목리 주변 해역에서, 그리고 8월에는 창선도 주변 해역에서 높은 경향을 나타내었다 (Fig. 6). 풍부도는 다양도와 유사하게 2월에 강진만 중앙부에서 높은 경향을 보였으며, 11월에 가장 낮게 조사되었다 (Fig. 7).

고 찰

온대역 내만에서 계절에 따른 플랑크톤의 개체군 밀도는 생태계의 교란이나 급진적 기후의 변동이 없는 한, 늦은 봄이나 초여름 증가하다가 한여름에 감소하고, 가을에 다시 증가하는 경향을 나타낸다 (한 등 1995; 윤 1999).

본 조사에서 동물플랑크톤의 계절별 개체수 밀도는 2월 5,496 indiv. m^{-3} , 4월 4,937 indiv. m^{-3} , 6월 440 indiv. m^{-3} , 8월 1,019 indiv. m^{-3} , 10월과 11월에 각각 198 indiv. m^{-3} , 78 indiv. m^{-3} 로서, 2월과 4월에 높은 생물량을 보이며, 6월에 갑자기 줄어들며, 한편 수온이 높은 8월에 생물량은 다시 증가하였다 (경남도청 1999).

8월 동물플랑크톤 채집 시점에 강우로 인한 간접적 영향으로 염분도와 용존산소량이 상당히 낮아지는데, 이것은 동물플랑크톤 개체수 밀도의 계절 분포와 매우 유사한 양상을 보여주고 있다.

강진만 표층 및 저층의 수온 분포 양상은 만 내부로 가면서 낮아지는 경향을 보였으며, 염분의 분포도 유사한 경향을 나타내었다. 한편 조사정점별 COD 값은 강진만 중앙부의 조사정점에서 비교적 높은 값을 나타내었으며, 1999년 경상남도 진동만에서 조사되었던 COD의 범위보다 비교적 높게 나타나는 경향을 보였다. 한편 8월에 조사된 chlorophyll *a*의 값 (평균 10.1 $\mu g l^{-1}$)과 암모

니아의 농도 (표층 0.38 $\mu g-atm l^{-1}$, 저층 0.61 $\mu g-atm l^{-1}$)가 낮아 식물플랑크톤의 생산력에 영향을 주었을 가능성이 있으며, 이로 인하여 전반적으로 조사해역의 생물 생산력이 낮은 것으로 추정할 수 있다 (경남도청 1999).

2월의 강진만 동물플랑크톤 군집 조성에서 우점종은 요각류와 십각목의 유생으로, 요각류의 우점율은 20.7 (정점 10)~97.4% (정점 8), 십각목 유생의 우점율은 만 바깥쪽 조사정점에서 낮은 우점률 (20% 이하)을 보였고, 안쪽 정점에서 우점율이 높아져 (약 70%) 요각류와 연관성을 유추할 수 있다. 4월에 우점한 분류군은 요각류, 지각류 및 히드로충류 등으로, 이들 중 요각류의 점유율은 40.7~77.7%, 지각류 18.5~51.2%, 히드로충류 2.1~12.4%의 범위를 나타내었다 (Fig. 4). 특히 지각류는 높은 개체수 밀도를 나타냈는데, 이러한 현상은 이들이 춘계에 처녀생식 (parthenogenetic reproduction) 기간을 갖는 생활환경과 연관성을 갖는 것 같다. 예를 들면 *Penilia avirostris*는 처녀생식에 의한 개체군 증가방식에 의해 짧은 시기에 폭발적으로 개체군 크기의 증가를 보이는 종으로, 전 세계의 온대 및 열대 연안역에 분포하고, 특히 온대역의 부영양화된 내만에 많이 출현하는 종으로 알려져 있다 (Kim 1989). 본 조사에서는 4월에 *Evadne nordmanni*와 *Podon polyphemoides*, 8월에 *P. avirostris*의 개체군 증가를 볼 수 있었다. 6월의 동물플랑크톤 개체수는 182 (정점 6)~739 (정점 3) indiv. m^{-3} 의 범위로, 2월과 4월에 비하여 매우 낮게 조사되었으며, 우점군의 분포 또한 조사정점에 따라 많은 차이를 보이고 있다. 요각류와 십각목 유생은 남해본도와 창선도의 중앙부 (정점 9, 10, 11, 12)에서 높은 개체수 밀도를 나타내었다. 요각류의 점유율은 4.1~77.1%였으며, 따개비와 십각목의 유생은 각각 0.9~37.3%, 0.1~47.8%의 점유율을 보여, 개체수 밀도의 절대값은 남해안의 타 해역에 비하여 높은 편이었다 (강 등 1996).

강진만 동물플랑크톤 군집의 우점종인 요각류는 2월에 비교적 높은 출현 밀도를 보였는데, 특히 *Acartia omorii*, *A. steueri*, *Oithona davisae*, *Centrophages abdominalis*, *Paracalanus indicus* 등이 높은 우점률을 보였으며, 종 상호간의 연관성은 찾을 수 없었다. *A. steueri*와 *C. abdominalis*를 제외한 우점군들은 우리나라의 내만에서 전 계절에 걸쳐 출현하는 종들이며, 특히 *Calanus sinicus*는 추운 계절 외해역의 영향을 받는 곳에서 출현하는 종으로 (서와 서 1993; 홍 등 1994; 한 등 1995), 본 조사에서는 만의 바깥 정점에서 높은 개체군 밀도를 나타내었다.

*A. omorii*는 우리나라 전연안에서 계절을 가리지 않고 출현하는 종으로 (Kim 1985; 임 1994), 강진만에서는 2월

부터 6월에 걸쳐 출현하였으며, 8월 이후에는 매우 적은 개체수를 나타내었다. *A. erythraea*는 동중국해를 비롯한 북서태평양의 따뜻한 해역에 많이 분포하는 종으로, 본 조사에서는 8월과 10월에 출현하였으나 개체수는 *A. omorii*에 비하여 훨씬 적게 조사되었다. 4월의 *A. omorii*의 출현비율은 2월보다 높지 않았으나, 요각류 총 개체수 밀도에서 차지하는 비율이 높았으며(평균 73.0%), 기수역에 많이 분포하는 *Eurytemora pacifica*도 기타 요각류 종보다 높은 출현비율(평균 14.6%)을 나타내었다. 이러한 결과로 볼 때 강진만의 수괴가 내만의 특징을 띠고 있음을 간접적으로 시사하고 있다.

강진만은 폐쇄성 내만의 성격을 띠고 있으므로, 이 해역에 분포하고 있는 동물플랑크톤 군집의 대부분은 외부의 영향을 받기보다는 해역 생태계내에서 개체군을 유지한다고 볼 수 있다. 본 조사에서 낮은 봄이나 초여름에 일차 생산자의 생물량이 충분히 높지 않고, 그에 따라 동물플랑크톤의 개체군 밀도가 낮게 조사되었으나, 이러한 결과는 조사 시점에 걸친 폭우에 의한 교란도 큰 몫을 한 것으로 생각된다. 그러나 가을과 겨울에 상당히 적은 양으로 출현한 동물플랑크톤의 개체군들이 이듬해 봄부터 어떤 회복세를 보일 것인가에 대한 조사는 추후에 계속되어야 할 것이다.

적 요

1999년 2월부터 11월까지 강진만의 16개 조사정점에서 동물플랑크톤 군집의 특성을 파악하기 위하여 격월별 조사를 실시하였다. 동물플랑크톤은 9개의 분류군이 출현하였으며 평균 출현량은 2,028 indiv. m⁻³이었다. 월별 출현량은 2월에 최대 5,496 indiv. m⁻³에서 11월에 최소 78 indiv. m⁻³사이에서 변동하였다. 동물플랑크톤중 요각류는 총 19종이 동정되었는데 월평균 출현량은 42~4,159 indiv. m⁻³의 범위였고 *Acartia omorii*, *Centropages abdominalis*, *Paracalanus indicus* 및 *A. steueri*가 우점하였다. 지각류는 4월에 최고값 765 indiv. m⁻³로 출현하였다. 계절별로 2월에는 요각류 *A. omorii*와 *Oithona davisae*, 4월에 요각류 *A. omorii*, *Eurytemora pacifica*와 지각류 *Evadne nordmanni*, *Podon polyphemoides*, 6월에 요각류 *Tortanus dextrilobatus*와 십각류의 유생, 8월에 요각류 *P. indicus*와 지각류 *E. tergestina*와 *Penilia avirostris*, 10월에 요각류 *A. erythraea*, *P. indicus*, 그리고 11월에 요각류 *P. indicus* 및 모악동물 *Sagittia crassa*가 우점하였다.

사 사

본 연구 조사는 1998년부터 1999년까지 경상남도 진동만 및 강진만에서 실시된 경상남도청 발주 '특별관리 어장정화사업 기본조사 및 실시설계용역'과제의 지원 받아 실시되었다. 본 연구 수행에 도움을 아끼지 않은 (주)한국해양기술 부설 해양기술연구소 연구원들에게 심심한 감사를 드립니다.

인 용 문 헌

- 강영실, 박주석, 이삼석, 김학균, 이필용. 1996. 진해만 수질 환경과 동물플랑크톤 군집 및 요각류 분포 특성. 한국수산학회지. 29(4):415-430.
- 경상남도청. 1999. 진동만·강진만 특별관리어장정화사업 기본조사 및 실시설계용역 최종보고서. (주)한국해양기술. 591 pp.
- 서호영, 서해립. 1993. 광양만 부유성 요각류 출현량의 계절변동. 한국환경생물학회지. 11:26-34.
- 임동현. 1994. 한국 근해 요각류 군집의 생태학적 연구. 한양대학교 대학원 박사학위논문. 168 pp.
- 윤양호. 1999. 득량만 식물플랑크톤 군집의 시·공간적 분포 특성. 한국환경생물학회지. 17(4):481-492.
- 한동훈, 홍성윤, 마채우. 1995. 득량만 동물플랑크톤의 분포. 한국수산학회지. 28(4):517-532.
- 홍성윤, 마채우, 강영실. 1994. 부산항 해역의 지표성 요각류 분포 및 동물플랑크톤 군집. 한국해양학회지. 29(2):132-144.
- 해양수산부. 1999. 한국해양환경 조사연보 1998(3). 151 pp.
- Kim DY. 1985. Taxonomical study on Calanoid Copepod (Crustacea: Copepoda) in Korean waters. Hanyang University (Ph.D. thesis). Seoul. 186 pp.
- Kim SW. 1989. Studies on the ecology of marine Cladocerans in the Northwestern Pacific Ocean. Hiroshima University (Ph.D. thesis). Hiroshima. 180 pp.
- Margalef R. 1958. Perspective in ecology theory. University of Chicago Press. Chicago. 112 pp.
- Omori M and T Ikeda. 1984. Methods in Marine Zooplankton Ecology. John Wiley and Sons. 311 pp.
- Rosenberg GG. 1980. Filmed observations of filter feeding in the marine planktonic copepod *Acartia clausi*. Limnol. Oceanogr. 28:116-123.
- Shannon CE and W Weaver 1963. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press. Urbana. 117 pp.
- Shin KS and JK Choi. 1992. The feeding behavior of the marine planktonic copepod, *Calanus sinicus* and *Acar-*

tia clausi (*A. omorii*). J. Oceanol. Soc. Kor. 27(1): 11-18.
Uchima R and R Hirano. 1986. Food of *Oithona davisae*
(Copepoda: Cyclopoida) and the effects of food concentration at first feeding on the larval growth. Bull.

Plankton Soc. Japan. 22(1):21-28.

(Received 9 October 2001, accepted 4 January 2002)