

진해 마천만에서의 동물플랑크톤 군집의 계절적 분포

문 두 호
부산대학교 생물교육과
(1998년 2월 5일 접수)

Seasonal Distribution of Zooplankton Community in Macheon Bay, Jinhae, Korea.

Doo-Ho Moon

Dept. of Biological Education, Pusan National University, Pusan, Korea
(Manuscript received 5 February 1998)

In order to clarify the seasonal composition and abundance of zooplankton community in Macheon Bay, the study was carried out trimonthly during the period from April 1996 to January 1997.

37 taxa and 7 unconfirmed species of zooplankton was identified. It consisted of 28 species of Protozoa, 1 species of Cnidaria, 1 species of Annelida, 2 larva of Mollusca, 3 species of Rotifera, 4 species and 4 larva of Arthropoda and 1 larva of Echinodermata, respectively. Seasonal succession of the dominant species was *Tintinnopsis beroidea* in the spring, Copepodite in the summer, *Tintinnopsis directa* in the autumn and *Ceratium fusus* in the winter.

Abundance of zooplankton ranged from 4,720 to 41,215 inds./l. It was high in the summer (41,215 inds./l) and low in the spring (4,720 inds./l). Dominant index ranged from 0.133 (in the spring) to 0.551 (in the winter). Species diversity index ranged from 1.114 (in the winter) to 1.996 (in the spring).

Key words : Zooplankton, succession, Macheon Bay

1. 서 론

해양생태계에 있어서 동물플랑크톤은 식물플랑크톤에 의해 합성된 유기에너지를 더 높은 영양단계의 생물로 전달시키는 매개체 역할을 한다. 또한 동물플랑크톤의 변동은 식물플랑크톤의 변화와 밀접한 상호관계를 가지며 해양생태계의 물리·화학적 특성에 의해 상당한 영향을 받는다. 한편 동물플랑크톤 양의 시공간적인 변동에 대한 조사는 해·어황예보를 하기 위한 기초자료로서 반드시 수행되어야 할 과제(강과 이, 1991)일 뿐만 아니라 해양생태계를 구명함에 있어서도 필수적인 요건의 하나이다.

동물플랑크톤에 관한 논문으로는 동해의 동물플랑크톤에 관한 연구(허, 1967; Shim and Lee, 1986), 서해의 동물플랑크톤에 관한 연구(김, 1971; 심, 1985; 황, 1989; 황과 최, 1993), 남해의 동물플랑크톤에 관한 연구(김, 1972; Cho, 1988), 전 해역의 동물플랑크톤에 관한 연구(박, 1956; Park, 1967, 1970, 1973; 박, 1973), 그리고 국내에 있는 만의 동물플랑크톤의 분포(Lee, 1972; 명 등, 1994; 홍 등, 1994) 등 많은 연구가 수행되어 왔다.

한편 본 조사해역의 인근해역인 진해만과 마산만을 대상으로 한 연구로는 식물플랑크톤 군집의 계절적 변

화(이, 1978; 여와 박, 1997), 적조 및 그 원인생물에 관한 연구(이, 1987; 박 등, 1988; 장 등, 1995) 등 다수의 연구보고가 있다.

그러나 이러한 선행연구들은 그 연구대상이 주로 식물플랑크톤에 국한되어 있고, 동물플랑크톤에 대한 연구들은 황해, 남해 및 동해와 같은 원양을 대상으로 한 것이 대부분이어서 육지와 근접한 내만의 동물플랑크톤 군집에 관한 조사와 연구가 상대적으로 적었다.

따라서 본 연구는 진해시 마천만에서의 동물플랑크톤의 각 계절별 종조성과 개체수 및 우점도, 그리고 다양도를 조사함으로써 동물플랑크톤 군집의 동태를 파악하고, 해양생태계를 구명함에 있어 기초자료를 제공하는 데 그 목적을 두었다.

2. 조사방법

조사정점은 수심 및 육지로부터의 거리 등을 고려하여 7개 정점을 선정하였으며(그림 1), 1996년 4월부터 1997년 1월까지 3개월 간격으로 총 4회에 걸쳐 매 계절마다 채집을 실시하였다. 각 조사정점에서의 동물플랑크톤의 채집은 수심 1m 이내에서 Van Dorn Sampler로 채수한 8l의 시료를 플랑크톤 네트(망목 20 μ m)로 여과하여 50ml로 농축한 후 시료보관병에 넣고 현장에

Table 1. The mean water temperature(°C) and salinity(‰) at all sampling sites

	Apr. 1996	Jul. 1996	Oct. 1996	Jan. 1997
Water Temperature(°C)	16.3	28.0	19.0	10.9
Salinity(‰)	31.7	28.1	29.5	32.3

Table 2. Zooplankton species in the Macheon Bay from April 1996 to January 1997

Phylum PROTOZOA

- Ceratium fusus*
- C. furca*
- C. macroceros*
- C. kastenii*
- Protoperdinium claudicans*
- P. oceanecum*
- Prorocentrum compressum*
- P. minimum*
- P. marina*
- P. micans*
- P. scutelum*
- P. balticum*
- Noctiluca milialis*
- Eutrepliella marina*
- Globigerina bulloides*
- Lionotus cygnus*
- Tintinnidium mucicola*
- Leprotintinnus nordquvisti*
- Tintinnopsis kofoidi*
- T. nana*
- T. directa*
- T. beroidea*
- T. angustior*
- T. lohmanni*
- Codonellopsis frigida*
- Stenosemella ventricosa*
- Favella taraikaensis*
- Parafavella denticulata*

Phylum CNIDARIA

- Euphysa* sp.

Phylum ANNELIDA

- Pelagobia longicirrata*

Phylum MOLLUSCA

- Pelecypoda larva
- Gastropoda larva

Phylum ROTIFERA

- Brachionus plicatilis*
- Cephalodella catellina*
- Synchaeta triphthalma*

Phylum ARTHROPODA

- Podon leuckarti*
- P. polyphemoides*
- Paracalanus parvus*
- Acartia clausi*
- Copepodite
- megalopa of decapoda
- nauplius of *Balanus* sp.
- nauplius of *Lepas* sp.

Phylum ECHINODERMATA

- Echinodermata larva

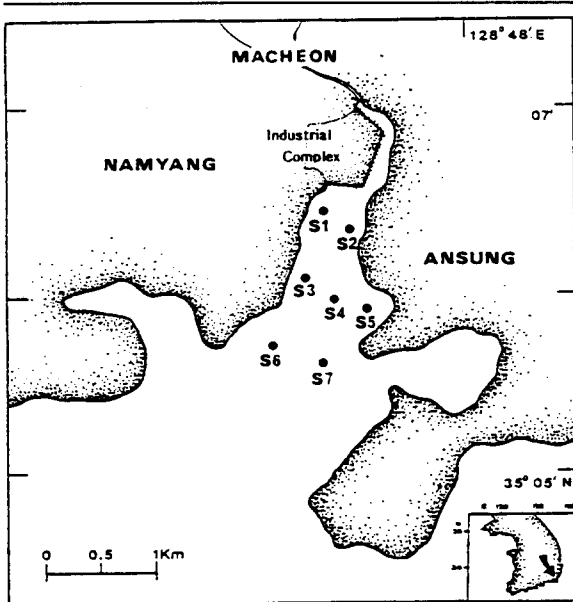


Fig. 1. A map showing sampling sites in Macheon Bay.

서 즉시 5% 중성포르말린으로 고정하여 실험실로 운반하였다.

채집된 동물플랑크톤은 Sedgwick-Rafter counting cell을 이용하여 광학현미경(Olympus, BH-2) 하에서 계수하였고, 현존량은 분류군 별로 단위체적당 개체수 (inds./l)로 환산하여 표시하였다.

종의 동정은 일본 해양플랑크톤도감(山路, 1996) 및 한국동식물도감 제35권 해양동물플랑크톤도감(교육부, 1994)의 분류체계를 참조하였다. 동물플랑크톤의 군집 구조 분석을 위하여 출현한 종수와 개체수를 근거로 우점도지수(McNaughton, 1968)와 종다양도지수(Shannon and Weaver, 1963)를 산출하였다. 이화학적 환경요인으로 표층수온 및 염도를 각각 표준봉상온도계 및 염도추정계(Orion Model 115)를 사용하여 각 정점별로 측정하여 평균값을 구하였다. 자료는 1년을 4계절, 즉 춘계(4월), 하계(7월), 추계(10월), 동계(1월)로 구분하여 정리하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 환경요인

조사해역의 평균 수온 및 평균 염도는 표 1에서 보는

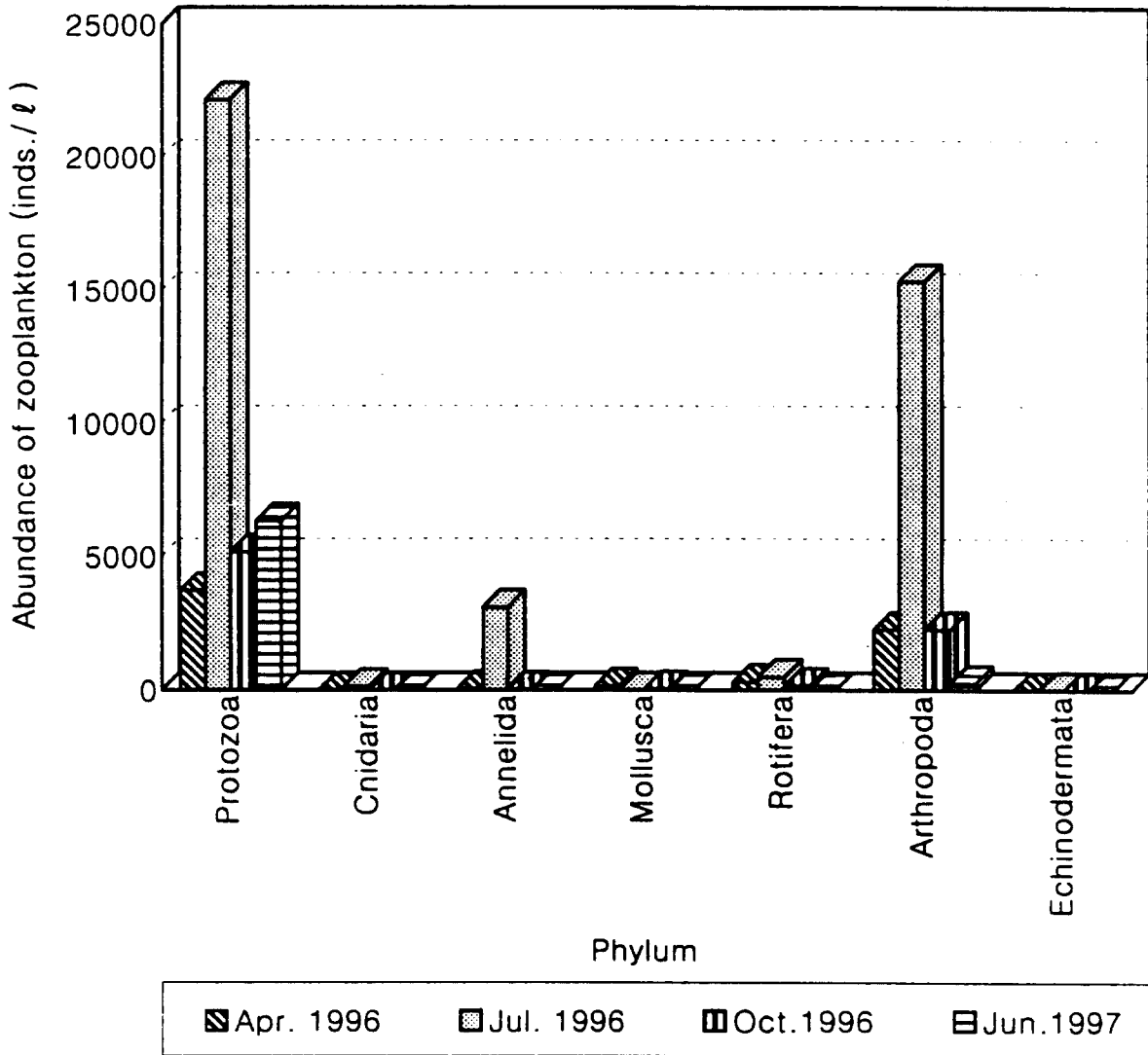


Fig. 2. Seasonal composition of the major zooplankton groups at all sampling sites.

바와 같았다. 계절별 평균 수온은 10.9℃ (1997년 1월) ~28.0℃ (1996년 7월)의 범위를 나타내었다. 이와 같이 수온이 계절적으로 약 15℃ 이상의 차이가 나타나는 것은 본 연구의 조사대상해역이 내륙에 둘러싸여 있고 수심이 얕아(평균4m이하) 육지 기온의 영향을 많이 받는데 기인한 것으로 추측된다(FRDA, 1979).

염도의 경우는 강수량이 집중되는 하계인 1996년 7월에 평균염도 28.1‰로 조사기간 중 최저치를 나타냈고, 강수량이 적은 동계인 1997년 1월에 평균염도 32.3‰로 최고치를 보였는데, 이는 동계에 있어서의 강수량 감소와 증발량의 증가로 인해 가을 이후 계속 염도가 높아진다는 Cho(1988)의 보고와 일치하였다.

3.2 출현종의 조성 및 현존량 분포

본 조사해역에서 동정된 동물플랑크톤은 총 7문 21속 37종과 유생군 7종이었다(표 2). 각 동물문(Phylum) 별

로는 Protozoa가 14속 28종, Cnidaria는 1속 1종, Annelida는 1속 1종, Mollusca는 2 유생군, Rotifera는 3속 3종, Arthropoda는 3속 4종 4 유생군, 그리고 Echinodermata가 1 유생군으로 나타났으며 Protozoa가 가장 많이 출현하였다.

각 동물플랑크톤 종의 계절별 출현양상은 춘계(1996년 4월)에는 총 5문 18종 및 3종의 유생군이 출현하였고, 하계(1996년 7월)에는 총 7문 22종 및 5종의 유생군이 출현하였다. 추계(1996년 10월)에는 총 7문 25종 및 2종의 유생군이, 동계(1997년 1월)에는 총 2문 12종 및 2종의 유생군이 출현하여 하계와 추계에 가장 다양한 종의 출현양상을 나타냈다. 한편 하계에는 개체수와 출현종수 모두가 최고치를 나타낸 데 비하여, 추계에는 출현종수는 하계와 비슷하나 개체수는 급격히 감소하는 양상을 나타내었다. 이러한 사실은 수온의 저하가 조사해역의 물리·화학적 특성변화를 초래함과 동시

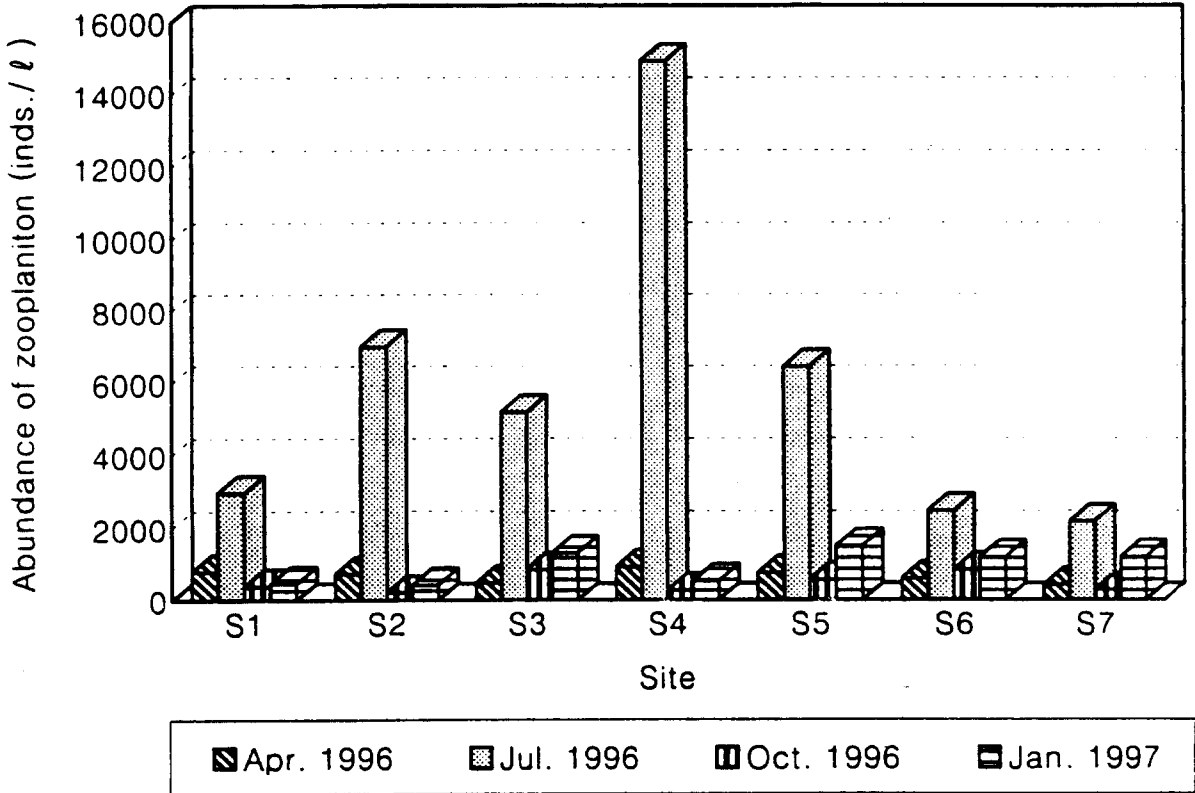


Fig. 3. Seasonal abundance of zooplankton at all sampling sites.

에 영양염류의 부족으로 인한 식물플랑크톤의 일차생산력 저하에 따른 결과로 사료된다.

동물플랑크톤 중 Protozoa, Cnidaria, Annelida, Mollusca, Rotifera, Arthropoda 및 Echinodermata의 조성을 각 계절별로 살펴보면 그림 2에서와 같이 4계절 모두에서 Protozoa의 조성이 전체의 53% 이상을 차지하였고 Arthropoda가 두 번째로 높은 조성을 나타냈다. 이는 Arthropoda문의 copepoda가 전 해역에 걸쳐 동물플랑크톤 군집의 가장 주요한 구성군이라는 보고(Nybakken, 1982; Parson et al., 1984)와 한국 근해에서의 동물플랑크톤 분포에서 copepoda가 가장 풍부한 구성군이었다는 보고(심, 1985; 황, 1989; 명 등, 1994; 홍 등, 1994)와는 다른 결과였다. 그러나 copepoda의 우점양상은 내만을 제외한 전 해역에서 나타나는 일반적인 현상이라는 보고(Frolander, 1962; Koval et al, 1977; Graze and Bileva, 1979)와 관련해 볼 때, 본 조사해역이 반폐쇄성 내만이라는 점에서 차이를 보여 주며, 또한 위 여러 보고에서는 망목이 300 μ m 이상의 플랑크톤 네트를 사용하여 비교적 크기가 큰 동물플랑크톤을 연구의 대상으로 하였고 본 연구에서는 망목이 20 μ m인 플랑크톤 네트를 사용하였으므로 동물플랑크톤의 조사대상이 다른데서 오는 결과로 생각된다.

조사해역에서 각 정점별 동물플랑크톤의 개체수는 그림 3에서 보는 바와 같이 1996년 하계에는 정점4에서 14,930 inds./ℓ로 가장 많은 개체수를 나타냈으며,

1996년 추계에는 정점2에서 215 inds./ℓ로 가장 적은 개체수를 나타냈다. 전체 동물플랑크톤 군집의 평균 개체수는 하계에 41,215 inds./ℓ로 조사기간 중 가장 높은 개체수를 나타냈으며, 춘계에는 4,720 inds./ℓ, 추계에는 7,645 inds./ℓ, 그리고 동계에는 6,580 inds./ℓ를 나타내었다. 아산만의 경우(명 등, 1994)에는 출현 개체수가 240~1,458 개체/m³인데 비해 본 조사에서의 출현개체수가 월등히 많은 이유는 이미 언급한 바와 같이 조사 대상 동물플랑크톤이 다른 데서 오는 결과로 생각된다. 이와같이 동물플랑크톤의 개체수가 하계와 추계에 높게 나타난 것은 온대 해역의 경우 춘계와 추계에 식물플랑크톤의 대번식이 일어난 후 뒤이어 동물플랑크톤의 대번식이 나타난다(Parson et al., 1984)는 사실과 관련되는 결과인 것으로 사료된다.

3.3 군집구조

본 조사해역에서 동물플랑크톤의 각 계절별 우점종의 천이는 표 3에서와 같다.

각 계절별 우점종은 춘계에 *Tintinnopsis beroidea*, 하계에 Copepodite, 추계에 *Tintinnopsis directa*, 그리고 동계에 *Ceratium fusus*로 조사되어 계절에 따른 우점종의 변화가 뚜렷이 나타났다.

본 조사기간 동안에 나타난 각 지점별 동물플랑크톤의 우점도지수는 0.047~0.763의 범위를 나타내었는데(그림 4), 평균 우점도지수를 보면 춘계에 0.133, 하계

Table 3. Seasonal succession of the dominant species of zooplankton at all sampling sites

Season	Dominant species	Frequency of occurrence(%)
Spring	<i>Tintinnopsis beroidea</i>	24.8
	<i>Codonellopsis frigida</i>	19.7
	<i>Tintinnopsis kofoidi</i>	14.6
Summer	Copepodite	26.7
	<i>Ceratium furca</i>	25.9
	<i>Prorocentrum minimum</i>	14.0
Autumn	<i>Tintinnopsis directa</i>	48.0
	Copepodite	19.6
	<i>Paracalanus parvus</i>	6.9
Winter	<i>Ceratium fusus</i>	69.6
	<i>Tintinnopsis lohmanni</i>	11.6
	<i>Prorocentrum compressum</i>	4.0

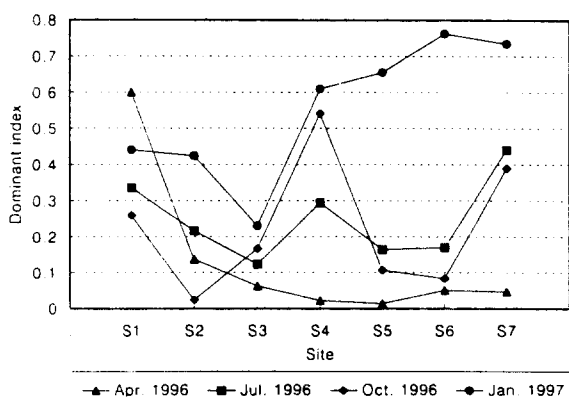


Fig. 4. Seasonal changes in the dominant indices of the zooplankton community from the sampling sites.

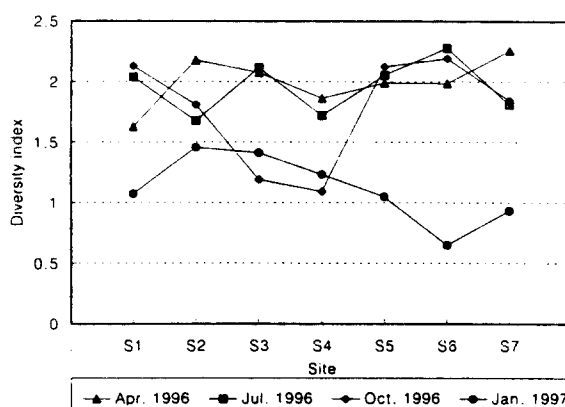


Fig. 5. Seasonal changes in the diversity indices of the zooplankton community from the sampling sites.

에 0.249, 춘계에 0.224, 그리고 동계에 0.551로서 동계에 가장 높았고 춘계에 가장 낮았다.

또한 각 지점별 다양도지수는 0.650~2.277의 범위로 나타났는데(그림 5), 평균 다양도지수는 춘계에 1.996, 하계에 1.156, 추계에 1.768, 그리고 동계에 1.114로 춘계에 가장 높았고, 동계에 가장 낮게 나타났다. 아산만 해역의 경우(명 등, 1994) 평균 다양도지수가 봄에 0.92, 여름에 1.53, 가을에 1.41, 그리고 겨울에 0.97로 봄철에 가장 낮았고 여름철에 가장 높게 나타났다고 보고하였으며 부산항 해역의 경우(홍 등, 1994)에는 평균 다양도지수가 1월에 1.00, 4월에 1.19, 7월에 1.95, 그리고 10월에 1.66으로 1월에 가장 낮았고 7월에 가장 높은 다양도를 나타내어 위도 및 해역에 따라 다소 차이가 있었다.

이상에서와 같이 마천만에서는 춘계에는 동계보다 종 다양도지수가 높고 우점도는 낮게 나타난 반면 동계에는 이와는 반대의 양상, 즉 종다양도지수는 낮고 우점도는 높게 나타났다. 이러한 사실은 춘계와 하계에 수온이 상승하면서 비교적 높은 수온에서 대발생하는 종이 많은 Decapoda와 Rotifera가 일시적으로 전체 동물플랑크톤상을 풍부하게 한 것이 그 원인인 것으로 사료된다.

한편 물리화학적 제한요인에 의해 크게 영향을 받기 쉬운 생태계에서는 종다양성이 낮으나, 생물적으로 지배된 생태계에서는 종다양성이 높게 나타난다는 Odum(1983)의 연구에서와 같이, 본 조사해역의 해양 생태계에서는 춘계에 여러 종의 현존량이 비교적 균일하게 나타나고 다양도지수가 높게 나타나는 것으로 보아 생물적 요인에 의해 지배되고 있다고 생각되며, 동계에는 특정종의 증가로 인하여 낮은 다양도지수를 보여 줌으로써 주로 수온과 염도 등에 의한 물리·화학적 제한요인의 영향을 크게 받는 것으로 사료된다.

4. 적 요

진해 마천만에서 동물플랑크톤 군집구조의 계절적 분포를 조사하기 위해 1996년 4월부터 1997년 1월까지 4회에 걸쳐 동물플랑크톤의 계절별 종 구성과 개체수, 우점도 및 다양도를 조사하였다. 동정된 동물플랑크톤은 총 7문 21속 37종과 7종의 유생군이었으며 동물플랑크톤 군집의 개체수는 4,720 inds./l ~ 41,215 inds./l의 범위였는데 하계에 가장 높았고 춘계에 가장 낮았다. 조사된 동물플랑크톤 중 출현률이 가장 높은 문은 Protozoa였으며, Arthropoda가 두번째로 높게 출

현하였다.

각 계절별 우점종은 춘계에 *Tintinnopsis beroidea*, 하계에 *Copepodite*, 추계에 *Tintinnopsis directa*, 그리고 동계에 *Ceratium fusus*였으며 계절에 따른 우점종의 변화가 관찰되었다. 우점도지수는 0.473~0.763 범위로, 동계에 가장 높았고(0.763) 춘계에 가장 낮았다(0.473). 다양도지수는 0.650~2.277의 범위를 보였으며, 춘계에 가장 높았고(2.277) 동계에 가장 낮았다(0.650).

참 고 문 헌

- 강영실, 이삼석, 1991, 한국 근해 동물 부유생물 현존량의 계절적 변동에 관한 연구, 수산진흥원연구보고, 45,13-21.
- 교육부, 1994, 한국동식물도감 제35권 동물편(해양동물 플랑크톤), 교육부.
- 김용술, 1971, 한국 서해의 동물성플랑크톤의 경년 변화에 관한 연구, 한국수산학회지, 4(3),99-102.
- 김용술, 1972, 한국 남해의 동물성플랑크톤 양의 경년 변화에 관한 연구, 한국수산학회지, 5(4),108-113.
- 명철수, 유재명, 김웅서, 1994, 아산만 해역의 동물플랑크톤 분포, 한국해양학회지, 29(4),366-375.
- 박주석, 1973, 한국 근해 동물 부유생물의 주요군의 양적 분포, 한국해양학회지, 8(1),33-45.
- 박주석, 김학균, 이삼근, 1988, 진해만의 적조현상과 원인생물의 천이, 수산진흥원연구보고, 41,1-26.
- 박태수, 1956, 한국해협에 있어서 plankton의 계절적 변화에 관하여, 부산수산대학연구보, 1(1),1-12.
- 심문보, 1985, 황해 중동부역의 동물플랑크톤분포에 대한 연구, 인하대학교 석사학위논문.
- 山路勇, 1996, 日本海洋プランクトン圖鑑, 保育社.
- 여환구, 박미옥, 1997, 진해만 동부 해역내 식물 플랑크톤군집과 수질 환경의 변동, 한국환경과학회지, 6(3),231-238.
- 이보환, 1978, 진해만 일대의 식물성플랑크톤 군집과 이의 환경지표성에 관한 연구, 한양대학교 석사학위논문.
- 이삼근, 1987, 진해만의 적조 및 유독성 부유생물에 관한 연구, 부산산업대학교 석사학위논문.
- 장 만, 김웅서, 이진환, 1995, 한국연안역의 식물 플랑크톤 대발생, 마산, 진해만의 적조를 중심으로. *Ocean Research*, 17(2),137-156.
- 황학진, 1989, 서해 중부해역 동물플랑크톤의 계절적 분포특성에 관한 연구, 인하대학교 석사학위논문.
- 황학진, 최중기, 1993, 황해 중동부 해역 동물플랑크톤의 계절적 분포 특성, 한국해양학회지, 28(1),24-34.
- 허종수, 1967, 하계 동해측의 동물 부유생물의 분포, 수산진흥원연구보고, 1,7-32.
- 홍성윤, 마채우, 강영실, 1994, 부산항 해역의 지표성
- 요각류 분포 및 동물플랑크톤 군집, 한국해양학회지, 29(2),132-144.
- Cho, Y. K., 1988, A study on the bottom water and transport in the South Sea, Korea, M. S. Thesis, Seoul National Univ., 55pp.
- FRDA, 1979, Oceanographic Handbook of the Neighbouring Seas of Korea, *Fish. Res. Dev. Agency*, Third ed., 1-650pp.
- Frolander, H. F., 1962, Quantitative estimation of temporal variations of zooplankton of the coast of Washington and British Columbia, *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 19(4),159-176.
- Graze, V. N. and O. K. Bileva, 1979, Zooplankton and its structure in the pelagic zone of the Caribbean Sea, *Sov. J. Mar. Biol.*, 92,79-84.
- Koval, L. G., T. P. Kotsegoi, E. V. Nastenka and G. M. Trofanchuk, 1977, Zooplankton of the Grigorev Liman at its junction with the Black Sea, *Sov. J. Mar. Biol.*, 3(4),295-299.
- Lee, S. S., 1972, Distribution of Copepods in Jinhae Bay and its adjacent region, *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, 9,7-27.
- McNaughton, S. J., 1968, Structure and function in California Glasslands Ecology, 49,862-972.
- Nybakken, J. W., 1982, Marine Biology:An Ecological Approach, Harper & Row Pub., pp 446.
- Odum, E. P., 1983, Basic Ecology, Saunders College Publishing, 444-506pp.
- Park, J. S., 1967, Chaetognaths and plankton in the Korean Waters, I. The distribution of Chaetognaths in the Korean Waters and their relation to the character of water masses in summer 1966 and winter 1967, *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, 1,35-62.
- Park, J. S., 1970, The Chaetognaths of Korean Waters, *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, 6,1-174.
- Park, J. S., 1973, The distribution of Chaetognaths in the Korea strait and their relation to the character of water masses, *J. Oceano. Soc. Korea*, 8,22-32.
- Parson, T. R., M. Takahashi and B. Hargrave, 1984, Biological oceanographic processes, Pergamon Press, 678pp.
- Shannon, C. E. and W. Weaver, 1963, The Mathematical theory of communication, University of Illinois Press, 177pp.
- Shim, J. H. and T. S. Lee, 1986, Studies of the plankton in the southwestern waters of the East Sea(Sea of Japan). III. Zooplankton-standing stock, composition and distribution, *J. Oceano. Soc. Korea*, 21(3),146-155.