

망목 크기가 동물플랑크톤 분포 자료 및 군집해석에 미치는 영향

이평강 · 박 철
충남대학교 해양학과

Impact of Mesh Size Difference on Zooplankton Distribution Data and Community Interpretation

PYUNG GANG LEE AND CHUL PARK
Department of Oceanography, Chungnam National University

망목 크기가 다른 네트를 사용하여 같은 지역에서 동시에 채집한 동물플랑크톤 자료를 비교하였다. 작은 망목의 네트가 상대적으로 적은 종류의 분류군을 포함하였다. 그러나, 망목의 막힘 현상(clogging) 때문에 인양 거리가 짧아져 시료의 크기(sample size)가 작아진 점과 채집된 개체들이 대체로 작은 것이어서 분류상의 어려움으로 상위 분류군으로 검색된 점 때문에 망목 크기와 채집되는 분류군의 다양성 관계는 일반화하기 어려웠다. 개체수의 관점에서 큰 망목의 네트가 크기가 큰 동물들을 보다 많이 채집하고, 작은 망목은 크기가 작은 동물을 보다 많이 채집하였으며, 작은 크기의 동물들이 한 order 정도 더 많이 분포하는 것으로 판단되었다. 이러한 망목 차이에 기인한 선택적 채집 강도의 영향으로 인하여 주성분 분석을 통한 군집분석의 결과는 서로 달라짐을 확인하였다.

We compared two different zooplankton data sets simultaneously obtained at the same place with different mesh-sized nets. Smaller mesh-sized net yielded less diverse zooplankton taxa. However, it was difficult to generalize the relationship between the size of the mesh of the net used and the length of the species list observed. It was not only because the sample sizes obtained by smaller mesh net were relatively smaller due to the clogging problem but also because smaller mesh net usually collected more tiny animals that were difficult to identify at lower taxonomic categories. In terms of abundances, on the other hand, the smaller and the larger mesh-sized nets collected smaller and larger-sized animals more effectively, respectively. The abundances of small-sized animals were usually greater than those of large-sized animals by about an order of differences. Due to this different catchability of the nets, the community analyses based on Principal Component Analysis led to different results for the same community.

Keywords: Mesh Size, Zooplankton Community, Seomjin River Estuary

서 론

일반적으로 해양에서 소형플랑크톤을 채집할 때는 일정량의 물을 채수기나 펌프를 이용해 채수하고 그 속의 생물을 밀집시켜 관찰하는 방법이 이용되며, 중·대형동물플랑크톤일 경우에는 음파압사의 경우를 제외하면 플랑크톤 네트를 사용하여 대상 생물을 채집하여 관찰한다. 동물플랑크톤 분포에 관한 생태학적 연구에서 채집에 사용한 네트의 속성이 결과를 좌우함은 잘 알려져 있다. 네트 입구 크기, 인양 시간, 예인 속도, 예인 방법 등이 서로 다른 결과를 초래하여, 분포 자료에 영향을 미치는 것으로 인식된다(UNESCO, 1968). 그래서 한 가지 채집 기구나 방법으로 전체 동물플랑크톤 군집을 채집하기란 거의 불가능하다(Omori and Ikeda, 1984).

연구의 목적이나 관심 대상 생물의 종류에 따라 채집 기구와 채집 방법, 네트 망목 크기 등을 결정하게 된다. 국내 연근해역의 동물플랑크톤 연구는 주로 중·대형동물플랑크톤을 대상으로 한 분포와 군집 구조를 파악하는 것이 대부분이었으며(강, 1986; 박 등, 1991; 서 등, 1991; 황과 최, 1993; 홍 등, 1994; 고 등, 1996; 박과 최, 1997; 강 등, 2000), 주로 300 μm 내외의 망목을 선택하곤 하였다. 최근 들어 해양 먹이망 구조에서 소형동물플랑크톤이 차지하는 중요성이 부각되면서(Wickham, 1995; Calbet *et al.*, 2000), 300 μm 내외의 망목 네트를 사용할 경우 크기가 작은 요각류나 많은 동물플랑크톤의 작은 유생기 생물이 과소평가될 수 있어(Calbet *et al.*, 2001; Gallienne and Robins, 2001), 채수 혹은 작은 망목의 네트가 사용되기도 하였다(차와 박, 2000; 유와 박, 2001; Godhantaraman and Uye, 2003).

네트 망목 크기가 채집된 시료에 영향을 준다는 사실은 분명하

*Corresponding author: pglee@cnu.ac.kr

지만, 어느 정도 영향을 미치는지에 대한 기존 연구는 국내외에 그리 많지 않다. 국내의 경우 강과 강(2002)은 네트 망목 크기가 요각류 *Acartia steuri*의 개체수와 생체량 추정에 미치는 영향을 보고한 바 있고, 국외에서는 Nakashima *et al.*(1993), Kršnić and Lučić(1994) 등이 중형동물플랑크톤을 대상으로, Chipps and Bennett(1996) 등이 대형동물플랑크톤을 대상으로 망목 크기의 영향을 보고한 바 있으나, 망목의 선택이 채집되는 생물의 종류나 양에 어떤 정도의 영향을 미치는지 정량적으로 보여준 경우는 많지 않다. 본 연구에서는 망목의 크기가 다른 두 네트를 동일한 방법으로 사용하여 채집하였을 때, 출현 분류군 수, 개체수, 군집 해석 등에서 어떠한 차이가 있는지를 가능한 정량적으로 판단해보고자 하였다.

재료 및 방법

동물플랑크톤 채집은 망구 직경 76 cm, 망목 330 µm인 원추형 네트와 망구 직경 45 cm, 망목 70 µm인 원추형 네트를 사용하여 채집하였다. 네트의 인양 속도는 모두 약 2 knots로 수평인양(표층)의 방식을 취했으나, 큰 망목의 네트는 약 2분, 작은 망목의 경우 네트 막힘 현상(clogging)을 고려하여 약 10초간 인양하였다. 정점별 2회 반복 채집을 실시하였고, 정량분석을 위하여 두 네트 모두에 유량계를 부착하여 여과 해수량을 측정하였다.

시료의 채집은 삼진강 하구에서 이루어졌다. 하구의 입구에서부터 삼진강 상류 쪽으로 이동하면서 수질분석기(Horiba U-10)를 사용하여 수온과 염분을 측정하였다. 채집 정점의 선택은 지리적으로 고정하지 않고 정점간의 간격이 염분 약 5 psu의 차이가 있

도록 하였으며, 이러한 의미에서 조석 조건은 고려하지 않았다(Fig. 1). 이러한 채집을 계절별로 2002년 2월(겨울), 5월(봄), 9월(여름), 11월(가을) 등 4회 실시하였다.

채집된 시료는 선상에서 중성 포르말린으로 고정하였는데 포르말린의 최종 농도는 생물량에 따라 다소 차이가 있으나 5~8%가 되도록 하였고, 실험실로 운반된 시료는 Folsom 부차시료기를 이용하여 생물량에 따라 1/2~1/32를 취하여 Bogorov counting chamber에 넣고 해부현미경을 사용하여 가능한 가장 낮은 단계까지 분류 계수하였다. 계수된 생물량은 유량계에서 얻어진 해수 여과량으로 나누어 단위 체적 당 개체수(indiv./m³)로 환산하였다.

두 네트에서 얻어진 결과를 비교하는 데는 Kendall's rank correlation coefficient(τ)와 Spearman rank correlation coefficient(r_s)를 사용하였다(Zar, 1984). 전자의 경우는 각각의 표본단위에서 주요 우점군의 순위를 정하고, 이 순위가 각 표본단위 간 일정한 가를 통계적으로 검정하는 방법이며, 후자는 주요 분류군의 양적 분포의 순위에 상관성이 있는지를 검정하는 것으로 모두 순위에 관한 검증의 방법이다. 절대적인 양의 비교는 pair-wise t-test를 사용하였다.

결 과

망목 차이와 관찰된 분류군 수의 관계

대상 지역에서 서로 다른 망목의 네트를 동일한 방법으로 인양하였을 때 얻어진 출현 분류군 수의 차이는 Table 1에서 보는 바와 같이 계절에 따라 다른 결과를 보여주고 있었다. 망목 70 µm 네트에서 관찰된 종류 수를 기준으로 망목 300 µm 네트에서 얻어진 분류군 수의 비를 살펴보면 겨울철에는 0.8~1.0으로 큰 망목에서 조금 적은 종류의 동물이 채집되었지만 그 차이가 유의적이진 않았다($p>0.05$). 봄철에는 이 비율이 0.7~1.2로 두 망목간의 유의한 차이가 없었다($p>0.80$). 여름과 가을에는 두 망목 크기에서 얻어진 종류수는 유의적인 차이를 보였는데($p<0.05$) 모두 위 비율 값이 1 보다 커서 큰 망목에서 보다 작은 망목에서 더 많은 종류의 동물을 채집한 것으로 나타났다. 보다 작은 망목의 네트가 더 많은 종류를 채집할 것으로 예측한 바와는 다른 결과를 보였다.

망목 차이와 얻어진 동물플랑크톤 총 개체수의 관계

출현 분류군 수의 비교에서 계절에 따라 다른 결과를 보여준 것과 마찬가지로, 출현 개체수의 차이도 계절에 따라 다른 양상을 보여주고 있다(Table 2). 망목 70 µm 네트에서 채집 파악된 동물플랑크톤 총 개체수를 기준으로 망목 300 µm 네트에서 얻어진 총 개체수의 비를 살펴보면, 겨울철과 봄철에는 대체로 1보다 작고, 봄철 p 값은 0.05보다 작아 유의적인 수준이었으며 겨울철에는 p 값이 0.05보다 그리 크지 않았는데, 이는 작은 망목의 네트가 보다 많은 개체수의 동물플랑크톤 시료를 얻게 한다는 것을 말한다. 여름철과 가을철에는 95% 확률수준에서 유의적이지 않다는 결과로 나타나고 있는데, 이는 정점 간 차이가 큰 영향 때문이었다(Table 2). 여름철의 경우 총 개체수의 비가 정점 6에서 7이상의 높은 값임에 비해서, 정점 1, 2, 3, 그리고 7에서는 0.1미만의 작은 값으로 대조를 보여 정점의 차이 즉 염분의 차이에 따라 매우 다른 결과를 보였다. 가을철에는 정점 1과 2에서만 총 개체수 비

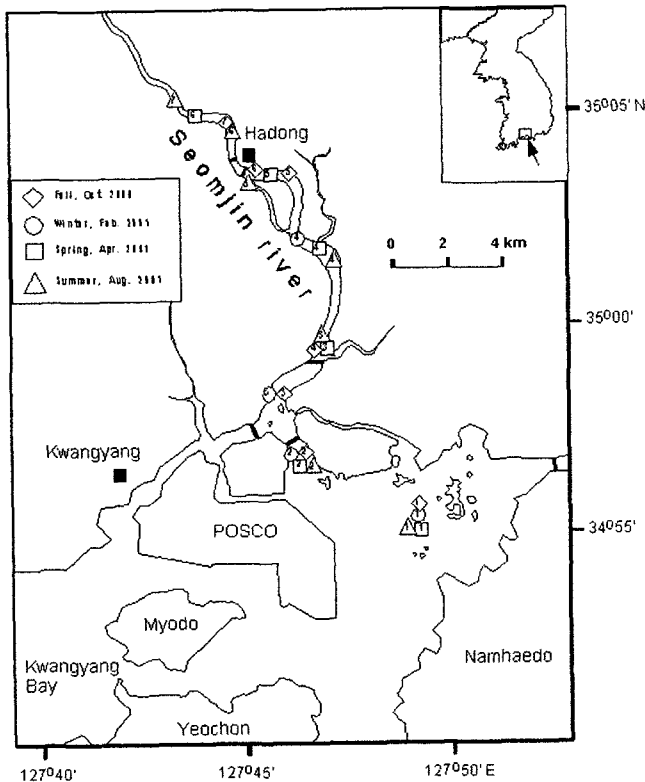


Fig. 1. Map showing the sampling sites of the study area.

Table 1. Comparison of the numbers of observed taxa from the samples obtained with different mesh-sized nets.

Season	Station	Temperature (°C)	Salinity (psu)	Number of taxa observed			Pairwise <i>t</i> -test
				330 µm mesh net	70 µm mesh net	330 µm/70 µm	
Winter	1	8.6	29.7	25	31	0.8	P=0.066
	2	8.2	25	18	24	0.8	
	3	8.3	20.4	15	15	1.0	
	4	8.6	15.4	16	20	0.8	
Spring	1	17	30	29	31	0.9	P=0.859
	2	19	25.1	31	28	1.1	
	3	20.3	19.3	29	26	1.1	
	4	20.7	14.7	24	22	1.1	
	5	21	9.3	15	22	0.7	
	6	21.2	4.9	17	14	1.2	
	7	20.7	0.5	8	12	0.7	
Summer	1	24.8	26.5	38	30	1.3	P=0.002
	2	24.6	24.1	38	28	1.4	
	3	24.6	20.6	37	22	1.7	
	4	24.9	15.9	33	13	2.5	
	5	25.5	10	24	18	1.3	
	6	25.1	6.9	31	14	2.2	
	7	25.6	0.2	13	7	1.9	
Fall	1	15.4	30.1	36	21	1.7	P=0.020
	2	14.8	25.2	33	16	2.1	
	3	14.3	20.8	23	16	1.4	
	4	14.2	15.1	17	16	1.1	
	5	12.0	9.7	17	13	1.3	
	6	11.1	4.9	17	11	1.5	
	7	10.4	0.5	18	16	1.1	

가 1보다 작은 값을 보인 반면에, 그 외 정점에서는 모두 1보다 큰 값을 보였다. 특히 정점 3, 4, 5에서는 총 개체수 비가 7이상이었으며 정점 5에서는 총 개체수 비가 26 이상으로 아주 큰 차이가 있었다. 이러한 결과는 염분에 따라 조성 종류가 달라 망목 크기가 양의 판단에 서로 다르게 작용함을 보이는 것으로 해석된다.

망목 차이와 채집된 우점종의 관계

우점 종을 조사 정점별 조성율이 1% 이상인 분류군으로 정의하고, 망목 크기별 이들의 분포 차이를 살펴보았다. 조사 시기와 조사 정점에 따라 우점 종은 달랐으며, 망목 크기에 따라서도 종 조성이 매우 달랐다. 또한 동일 정점에서 두 망목 크기 모두에 우점한 종들도 일부 검색되었다. 한 예로 겨울철 정점 1의 경우를 보면(Table 3), 망목 330 µm 네트에서 우점한 분류군은 *Acartia omorii*, *Centropages abdominalis*, *Paracalanus parvus* s.l., *Centropages* 유생, *Acartia* 유생, *Noctiluca scintillans*, *Corycaeus* spp., *Littorivaga* spp., *Oikopleura* spp., *P. aculeatus* 등 이었다. 망목 330 µm 네트에서 최우점한 분류군인 *A. omorii*는 망목 70 µm 네트 시료에서는 네 번째로 우점하였으며, 개체수도 망목 330 µm 네트에서는 1450.6 개체/m³인 반면에 망목 70 µm에서는 626.3 개체/m³로 적은 개체수를 보였다. 즉, 망목 330 µm 네트에서의 순위가 망목 70 µm 네트에서는 달리 나타났으며, 개체수에 있어서도 많은 차이를 보였다. 이와 같은 양상은 *C. abdominalis*, *P. parvus* s.l.,

Centropages 유생, *Acartia* 유생에서도 같았다. 반면에, 망목 70 µm에서 최우점 종인 *Noctiluca scintillans*는 망목 330 µm 네트에서의 순위는 여섯 번째였으며, 개체수도 망목 70 µm 네트에서 953.7 개체/m³인 반면에, 망목 330 µm에서는 53.2 개체/m³로 매우 적은 개체수를 보였다. *Oikopleura* spp.에서도 같은 양상을 보였다. 또한, 망목 70 µm 네트에서 크기가 작은 요각류 유생, 알, 원생동물인 *Codonellopsis* spp. 등과 같은 분류군이 우점하였다. 이러한 양상은 다른 계절과 정점에서도 예외 없이 볼 수가 있었다.

망목 크기가 다른 두 네트에 채집된 동물플랑크톤 중에서 우점종의 순위에 차이가 있는지를 알아보기 위해 두 망목 크기 모두에 공통으로 우점 종으로 분류된 분류군에 대하여 통계적 검증 방법인 순위 검정(Kendall's rank correlation과 Spearman rank correlation)한 결과는 Table 4에 정리하였다. Table 4의 상관정도는 상관계수가 0.8이상이면 높은 상관, 0.5~0.8이면 중간정도 상관, 0.5이하이면 낮은 상관으로 정의하였다. 겨울철에는 총 4개의 자료를 가지고 검증한 결과, Spearman 순위 검정은 1개의 자료에서만 상관정도가 높았고, 그 외 자료들에서는 중간정도이거나 낮은 상관계수를 보였다. 이 같은 경향은 Kendall 순위 검정에서도 비슷한 양상을 보였다. 봄철의 Spearman 순위 검정은 4개 자료 중 3개 자료가 중간정도의 상관계수 값을 보였고, 1개 자료에서 낮은 상관계수 값을 보였다. Kendall 순위 검정의 경우는 4개 자료 모두 낮은 상관계수 값을 보였다. 여름철 자료는 두 망목 모두에서

Table 2. Comparison of the total abundances (indiv.m⁻³) obtained with different mesh size nets. Total abundances were truncated at an order of tens, and ratios were calculated with mean values.

Season	Station	Total abundance			Pairwise <i>t</i> -test
		330 μ m mesh net	70 μ m mesh net	330 μ m/ 70 μ m	
Winter	1	4.40 \times 10 ³	4.97 \times 10 ³	0.89	P=0.067
	2	3.06 \times 10 ³	15.20 \times 10 ³	0.20	
	3	4.26 \times 10 ³	11.51 \times 10 ³	0.37	
	4	2.52 \times 10 ³	9.31 \times 10 ³	0.27	
Spring	1	1.20 \times 10 ³	1.07 \times 10 ³	1.13	P=0.015
	2	2.01 \times 10 ²	3.19 \times 10 ³	0.07	
	3	2.10 \times 10 ²	1.20 \times 10 ³	0.18	
	4	6.5 \times 10	3.33 \times 10 ²	0.20	
	5	2.86 \times 10 ²	2.20 \times 10 ³	0.13	
	6	4.7 \times 10	2.76 \times 10 ³	0.02	
	7	1.13 \times 10 ³	4.31 \times 10 ³	0.26	
Summer	1	7.13 \times 10 ²	45.03 \times 10 ³	0.02	P=0.085
	2	5.97 \times 10 ²	42.87 \times 10 ³	0.01	
	3	7.15 \times 10 ²	16.44 \times 10 ³	0.04	
	4	1.06 \times 10 ³	3.36 \times 10 ³	0.31	
	5	4.58 \times 10 ²	3.92 \times 10 ²	1.17	
	6	1.14 \times 10 ³	1.60 \times 10 ²	7.11	
	7	3.00 \times 10 ²	4.64 \times 10 ³	0.06	
Fall	1	1.32 \times 10 ³	1.43 \times 10 ³	0.92	P=0.096
	2	4.31 \times 10 ²	5.47 \times 10 ²	0.79	
	3	1.79 \times 10 ³	2.30 \times 10 ²	7.79	
	4	3.41 \times 10 ³	3.10 \times 10 ²	11.01	
	5	3.72 \times 10 ³	1.41 \times 10 ²	26.30	
	6	1.40 \times 10 ²	5.6 \times 10	2.47	
	7	3.83 \times 10 ²	1.86 \times 10 ²	2.06	

Table 3. Averaged abundances and composition of dominant taxa in the Seomjin river estuary at Feb., 2002. AA, averaged abundance in terms of indiv.m⁻³, common taxa at two different samples were underlined.

Species	330 μ m		70 μ m		
	AA	%	AA	%	
<u><i>Acartia omorii</i></u>	2450.6	55.6	<u><i>Noctiluca scintillans</i></u>	953.7	19.2
<u><i>Centropages abdominalis</i></u>	713.3	16.2	Copepod nauplius	737.1	14.8
<u><i>Paracalanus parvus s.l.</i></u>	517.6	11.8	Copepod eggs	633.8	12.8
Copepodite (<i>Centropages</i>)	304.9	6.9	<u><i>Acartia omorii</i></u>	626.3	12.6
Copepodite (<i>Acartia</i>)	85.4	1.9	<u><i>Oikopleura</i> spp.</u>	566.8	11.4
<u><i>Noctiluca scintillans</i></u>	53.2	1.2	Copepodite (<i>Oithona</i>)	316.9	6.4
<u><i>Corycaeus</i> spp.</u>	50.9	1.2	<u><i>Codonellopsis</i> spp.</u>	247.4	5.0
<i>Linorivaga</i> spp.	48.1	1.1	<u><i>Paracalanus parvus s.l.</i></u>	153.5	3.1
<u><i>Oikopleura</i> spp.</u>	48.1	1.1	Copepodite (<i>Centropages</i>)	145.6	2.9
<i>Paracalanus aculeatus</i>	47.7	1.1	<u><i>Centropages abdominalis</i></u>	74.1	1.5
			Copepodite (Harpacticoida)	73.5	1.5
			<i>Tintinopsis</i> spp.	68.5	1.4
			Gastropoda	66.3	1.3
			<u><i>Corycaeus</i> spp.</u>	59.6	1.2
			Copepodite (<i>Acartia</i>)	55.8	1.1
Sub total	4319.5	98.1		4778.8	96.2
Other taxa (below 1%)	84.8	1.9		189.7	3.8
Total	4404.3	100.0		4968.5	100.0

Table 4. Number of cases in the categories of Spearman rank correlation coefficient (r_s), and Kendall's rank correlation coefficient (τ) for the judgement of agreement in ranks of abundances of common major taxa.

Test data sets	Winter		Spring		Summer*		Fall	
	r_s	τ	r_s	τ	r_s	τ	r_s	τ
Correlation								
Heavy (>0.80)	1	-	-	-	-	-	1	1
Medium (0.50~0.80)	1	1	3	-	-	-	2	-
Light (<0.50)	2	3	1	4	-	-	-	2

*no test due to lack of common abundant taxa

출현한 우점종이 3종 미만으로 상관계수를 구하지 못하였다. 가을철 Spearman 순위 검정 결과는 1개 자료가 높은 상관계수 값을 보였고, 2개의 자료에서 중간 정도의 상관계수 값을 보였다. Kendall 순위 검정의 경우는 1개 자료가 높은 상관계수 값을 보였고, 2개의 자료에서 낮은 상관계수 값을 보였다. 순위 검정 결과, 망목 330 μ m인 네트에서 채집된 동물플랑크톤과 망목 70 μ m인 네트에서 채집된 동물플랑크톤의 우점 종 순위 사이에 차이가 충분히 있다고 판단되었다.

망목 차이와 군집해석의 관계

각각의 네트로 채집된 동물플랑크톤의 군집구조와 관련하여, 이들 구조에 영향을 주는 잠재요인의 일치 정도를 파악하기 위하여 주성분분석을 하였다. 먼저 망목 330 μ m 네트로 채집된 동물플랑크톤의 주성분분석 결과는 Table 5와 같다. 제 1 성분 축과 제 2 성분 축이 총 분산의 36%와 16%의 분산을 내포하고 있어 두 성분이 분석 자료의 52%의 정보를 설명할 수 있는 것으로 나타났다. 망목 70 μ m 네트로 채집된 동물플랑크톤의 주성분분석 결과

Table 5. Result of PCA with 330 µm mesh data. Data were pooled.

Taxon	Prin 1	Prin 2	Prin 3	Prin 4
<i>Acartia omorii</i>	0.4252	-0.0507	0.0815	-0.0328
<i>P. parvus</i> s.l.	0.4133	0.0028	0.0569	-0.0725
Copepodite (<i>Centropages</i>)	0.4124	-0.0511	0.1041	-0.0793
<i>Centropages abdominalis</i>	0.3696	-0.0535	0.1047	-0.1023
<i>Gikopleura</i> spp.	0.3536	0.2515	0.1182	0.1192
Copepodite (<i>Acartia</i>)	0.3428	-0.0037	0.0410	0.0512
<i>Gorycaeus</i> spp.	0.2518	-0.1279	-0.3813	0.4623
Cecapoda larvae	-0.0092	-0.1205	-0.4968	0.5321
<i>Poeciluca scintillans</i>	-0.0103	-0.0407	-0.1054	-0.1684
Copepodite (<i>Tortanus</i>)	-0.0444	0.5766	0.1918	0.2617
Cirripedia nauplius	-0.0637	0.5784	0.1594	0.2434
<i>Pseudodiaptomus nihonkaiensis</i>	-0.0942	-0.3346	0.4878	0.3172
<i>Acartia pacifica</i>	-0.0955	0.0104	-0.1128	-0.3305
<i>Paracalanus tenellus</i>	-0.1060	-0.3417	0.4860	0.3115
% of variance	36.2	16.0	13.7	10.8
% of cumulative variance		52.2	65.9	76.8

Table 6. Result of PCA with 70 µm mesh data. Data were pooled.

Taxon	Prin 1	Prin 2	Prin 3	Prin 4
Unid. Copepodite	0.4458	0.0385	-0.0028	-0.0503
Bivalve	0.4315	0.0212	0.1584	-0.0135
Copepodite (<i>Oithona</i>)	0.4299	0.0958	-0.1635	0.0540
Copepod nauplius	0.3780	0.1586	-0.3140	-0.1351
<i>Gikopleura</i> spp.	0.2985	0.1759	-0.5055	0.1285
Copepodite (<i>Paracalanus</i>)	0.2955	-0.0189	0.6013	0.1012
Cirripedia nauplius	0.2800	-0.0129	0.4449	0.0271
<i>Gutinopsis</i> spp.	-0.0551	0.4430	0.1114	-0.2241
<i>Poeciluca scintillans</i>	-0.0628	0.2550	0.0002	0.8859
Copepodite (<i>Acartia</i>)	-0.0812	0.4485	0.0605	-0.2492
Copepod eggs	-0.0966	0.4840	0.0834	-0.1764
<i>Acartia omorii</i>	-0.0972	0.4851	0.1059	0.1417
% of variance	40.8	30.8	11.5	7.7
% of cumulative variance		71.6	83.0	90.8

제 1 성분 축과 제 2 성분축이 총 분산의 41%와 31%의 분산을 내포하고 있어 두 성분축이 자료 변이의 72% 정도를 설명할 수 있는 잠재 요인들로 나타났다(Table 6). 두 성분에 투영된 각 채집단위의 PC score를 살펴보면, 먼저 망목 330 µm 네트의 경우 겨울철 정점들은 제 1 성분 축에, 가을철 정점들은 제 2 성분 축에 넓게 퍼져있고, 여름철과 봄철은 모여 있는 것을 볼 수가 있다(Fig. 2). 망목 70 µm 네트 시료의 경우는 여름철 정점들은 제 1 성분 축에, 겨울철 정점들은 제 2 성분 축에 넓게 퍼져있고, 봄철과 가을철은 두 축의 교점 부근에 모여 있는 것을 볼 수가 있다(Fig. 2).

이 제 1, 제 2 주성분은 잠재변량(latent variable)으로서 환경요인과 관련된 분포의 원인이 될 수 있는 보이지 않는 변량이라 할 수 있다. 동일한 환경에서 채집된 동물플랑크톤 두 군집에 대한 분포 요인의 잠재 변량들에 투영되는 각 표본 단위의 위치에 큰 차이가 나타나고, 두 주성분 잠재 변량이 설명할 수 있는 전체 변량의 백분율이 두 경우에 차이가 난다는 것은, 동일한 환경에 실재하는 군집은 하나이지만 서로 다른 망목의 네트로 채집한 결과 마치 다른 군집이 존재한 것처럼 해석된다는 것을 의미한다.

토의 및 결론

망목 70 µm 네트에서 검색된 동물플랑크톤의 분류군 수는 망목 300 µm 네트에서 검색된 분류군 수보다 적었다. 작은 망목이 보다 많은 종류를 채집할 것으로 예측되었으나 실재는 반대로 나타났다. 이는 두 가지로 해석할 수 있을 것 같다. 하나는 네트 막힘(clogging) 현상을 고려하여 작은 망목 크기의 네트를 짧은 시간 인양 탓으로서, 시료의 크기가 커질 수록 포함되는 생물 종류의 수가 증가한다는 일반적인 이론에 부합하는 것이다(Sanders, 1968). 일반적으로 하구의 혼탁도는 연근해에 비해 높은 것으로 알려져 있다(김과 이, 1992; Nybakken, 1993). 본 연구 지역에서도 부유물질 양이 많음을 김 등(2000)은 보고한 바 있다. Omori and Ikeda(1984)는 연안역에서 미세한 망목의 네트를 사용할 경우 종종 막혀서 채집 능력을 저하시킴을 보고하였으며, 네트 막힘 영향을 최소화하기 위해 망목 크기가 200 µm이상의 네트를 사용할 것을 권장하였고, 같은 맥락에서 Sameoto et al.(2000)은 작은 망목의 네트로 채집할 경우는 수직 예인할 것을 제안한 바

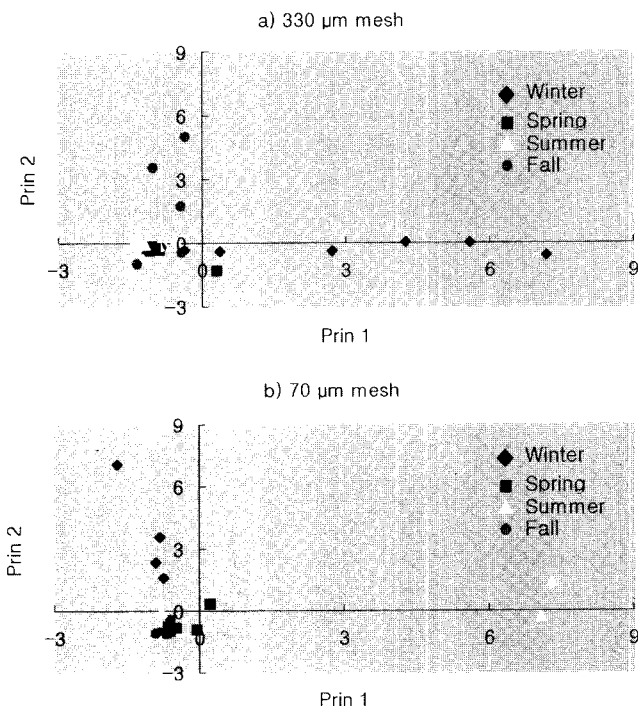


Fig. 2. Scattered diagram of stations on the first and second principal axes.

있다. 이러한 이유에서 본 연구의 시료채집에서는 네트 막힘(clogging)의 영향이 망목 70 µm 네트에서 매우 크게 작용할 것으로 예측하였고 이러한 이유로 인양 시간에 큰 차이를 두었다(2분과 10초). 네트 인양 시간의 차이는 시료의 크기(sample size) 차이를 초래하였고 이 영향이 출현 분류군의 차이를 유발한 것으로 보인다.

작은 망목 네트 채집 시료에서 보다 적은 분류군 수가 관측된 다른 이유는, 작은 망목의 시료에 포함된 생물 종류들은 주로 크기가 작은 유생이나 분류가 어려운 종류들이어서 상위의 분류군으로 묶인 때문이라고 볼 수 있다. 동일한 종을 대상으로 채집 네트의 망목 크기를 달리한 연구들에서 크기가 작은 유생이 상대적으로 많이 채집되는 것으로 알려져 있다(Colton *et al.*, 1980). 반면에 Fenaux and Palazzoli(1979)는 일정 크기 이상인 *Oikopleura longicauda*를 대상으로 한 연구에서 차이가 나지 않는다고 보고한 바 있다. 실제 종(species) 수준으로 분류 검색된 수를 보면, 망목 330 µm 네트에서 26종으로 망목 70 µm 네트의 13종보다 많았고, 요각류 유생의 경우 망목 330 µm 네트에서 11개 분류군으로, 망목 70 µm 네트에서는 15개 분류군으로 검색되었다. 많은 분류군들이 두 네트에서 공통으로 채집되었지만, 일부 분류군들은 한 망목 크기에서만 채집되었다. 망목 330 µm 네트에서만 채집된 분류군들은 Cephalopoda, Ctenophore, *Eucalanus crassus*, *Labidocera bipinnata* 등과 같이 대체로 크기가 큰 동물들이었고, 망목 70 µm 네트에서만 채집된 종류들은 요각류 알과 노플리우스(nauplius) 그리고 원생동물에 속하는 *Codonellopsis* spp., *Tintinopsis* spp. 등의 크기가 작은 동물들이었다. 따라서, 본 연구에서 얻어진 '큰 망목에서 보다 많은 종류가 채집되었다'는 사실은 일반화하기에는 무리가 있

는 결론이라고 볼 수 있다.

일반적으로 동일 지역의 소형동물플랑크톤 개체수는 대형동물플랑크톤 개체수보다 약 2 order 이상 많음이 보고 되었다(John *et al.*, 1989). 본 연구에서는 총 개체수의 경우에는 겨울철, 봄철, 그리고 여름철에는 대체로 망목 70 µm 네트에서 1~2 order 차이로 더 많이 채집되었으나, 가을철에는 오히려 망목 330 µm 네트에서 1 order 차이로 더 많이 채집되어, 계절에 따라 다른 결과를 보여주었다. 강과 강(2002)은 요각류인 *Acartia steueri*를 대상으로 한 연구에서 동일한 성장 단계인 개체에서 망목 크기가 작은 네트에서 더 많은 개체가 채집되었음을 보고하였다.

겨울철에 망목 330 µm 네트에 채집된 우점한 종을 보면, *A. omorii*, *C. abdominalis*, *P. parvus* s.l. 등이 총 개체수의 80%인 2748 개체/m³가 채집되었다. 반면에 망목 70 µm 네트에서는 요각류 알과 노플리우스(nauplius), *Acartia* 유생이 우점하였으며, 이들 조성율의 합은 70%(7191 개체/m³)를 보였다. 봄철에 망목 330 µm 네트에 채집된 우점한 종을 보면, 십각류 유생, *P. nihonkaiensis*, *S. tenellus* 등이 총 개체수의 69%인 310 개체/m³가 채집되었으며, 망목 70 µm 네트에서는 요각류 노플리우스, 만각류 유생, *Oikopleura* spp. 등이 우점하였으며, 이들 조성율의 합은 79%(1478 개체/m³)를 보였다. 여름철 망목 330 µm 네트에 채집된 우점한 종을 보면, *A. pacifica*, 만각류 유생, 십각류 유생 등이 총 개체수의 65%인 458 개체/m³가 채집되었으며, 망목 70 µm 네트에서는 이매패 유생, 요각류 노플리우스, 미분류 요각류 유생 등이 우점하였으며, 이들 조성율의 합은 87%(14108 개체/m³)를 보였다. 겨울철에서 봄을 거쳐 여름철에 이르는 동안에는 일관되게 큰 망목의 네트는 큰 종류를 보다 많이 채집하고 작은 망목의 네트는 작은 크기의 동물을 보다 많이 채집하였으며, 작은 망목에서 얻어진 주요 종들의 개체수가 큰 망목에서 얻어진 주요 종들의 개체수 보다 훨씬 많았다.

그러나, 가을철에는 이러한 일관성에 반하여 작은 망목의 네트에서 보다 적은 양의 동물이 채집되었다. 가을철 망목 330 µm 네트에 채집된 우점한 종을 보면, 만각류 유생, *N. scintillans*, *Tortanus* 유생 등이 총 개체수의 88%인 1404 개체/m³가 채집되었으며, 망목 70 µm 네트에서는 *N. scintillans*, 만각류 유생, 요각류 노플리우스 등이 우점하였으며, 이들 조성율의 합은 60%(246 개체/m³)를 보였다. 이러한 차이에서 판단할 수 있는 것은 가을철에는 대형 동물플랑크톤의 성체가 현격히 줄었다는 사실이다. 이러한 사실은 박 등(2002)의 보고와 일치하는 것으로 그들은 매우 저염인 지역을 제외하면, 다른 계절에 비하여 가을철 개체수 분포가 다른 계절에 비하여 한 order 정도 작음을 보인 바 있다. 한편, 가을철에 망목 330 µm 네트에서 주요 우점 종으로 열거된 것들도 실상은 모두 작은 크기의 유생들이므로 가을철에도 작은 동물이 보다 많이 분포한다고 볼 수 있다. 이러한 결과들은 '일반적으로 큰 망목의 네트는 큰 동물을, 작은 망목의 네트는 작은 크기의 동물들을 선택적으로 보다 많이 채집하게 하며, 작은 크기의 동물들이 한 order 정도 많이 분포한다'라는 결론이 가능하게 한다. 망목 크기에 따른 선택적 채집 강도는 결과적으로 분포 자료에 차이가 있게 하며, 그 결과 본 연구에서 보여진 것처럼 동일한 환경에 분포하는 동물들의 군집이지만 주성분 분석의 결과는 다르게 나타나 서로 다른 군집해석이 있게 한다.

참고문헌

- 강영실, 1986. 한국 남해안 동물성 부유생물 군집상의 지역적 차에 관한 연구. 수진연구보고, **37**: 35-44.
- 강영실, 조영조, 고우진, 김성수, 전경암, 오현주, 2000. 한국 남해안에서 살파류(Tunicata: Thaliacea)의 대번식과 해양생태계에 미치는 영향. 한국해양학회지 「바다」, **5**: 47-58.
- 강형구, 강용주, 2002. 네트 망목 크기가 *Acartia steueri* (Copepoda: Calanoida)의 생체량 추정에 미치는 영향. 한국수산학회지, **35**: 445-450.
- 고유봉, 오봉철, 최영찬, 1996. 제주도 주변 용승역의 생물생태학적 기초 연구-부유성 동물플랑크톤의 현존량과 분포특성. 한국수산학회지, **29**: 271-278.
- 김광수, 이종빈, 이관식, 강장원, 유형빈, 2000. 섬진강 하류계의 요각류 군집에 관한 생태학적 연구. 한국육수학회지, **33**: 176-186.
- 김차겸, 이종섭, 1992. 수영만의 조류, 염분 및 부유물질의 분포. 한국수산학회지, **25**: 359-370.
- 박주석, 이삼석, 강영실, 허성희, 1991. 한국 동해중부해역의 지표성 요각류 및 모악류의 분포와 수괴특성. 한국수산학회지, **24**: 203-212.
- 박철, 이평강, 양성렬, 2002. 계절과 염분 변화에 따른 섬진강 하구역 동물플랑크톤의 분포 변화. 한국해양학회지 「바다」, **7**: 51-59.
- 박철, 최중기, 1997. 동해 전선역 동물플랑크톤 군집: 1. 종 목록, 우점종 분포, 중간 유연관계. 한국수산학회지, **30**: 225-238.
- 서해립, 서호영, 차성식, 1991. 만경 동진강 하구계의 동물플랑크톤 분포와 염분. 한국해양학회지, **26**: 181-192.
- 유형빈, 박수산, 2001. 섬진강 하류계에서 유종섬모충류의 군집구조와 계절적 동태. 한국환경생물학회지, **19**: 25-36.
- 차성식, 박광재, 2000. 여름철 광양만 소형동물플랑크톤의 출현량과 종조성. 한국수산학회지, **33**: 361-366.
- 홍성운, 마채우, 강영실, 1994. 부산항 해역의 지표성 요각류 분포 및 동물플랑크톤 군집. 한국해양학회지, **29**: 132-144.
- 황학진, 최중기, 1993. 황해 중동부 해역 동물플랑크톤의 계절적 분포 특성. 한국해양학회지 **28**: 24-34.
- Galbet, A., M.R. Landry and R.D. Scheinberg, 2000. Copepod grazing in a subtropical bay: species-specific responses to a midsummer increase in nanoplankton standing stock. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **193**: 75-84.
- Galbet, A., S. Garrido, E. Saiz, M. Alcaraz and C.M. Duarte, 2001. Annual zooplankton succession in coastal NW Mediterranean waters: the importance of the smaller size fractions. *J. Plankton Res.*, **23**: 319-331.
- Chippis, S.R. and D.H. Bennett, 1996. Comparison of net mesh sizes for estimating abundance of the opossum shrimp *Mysis relicta* from vertical hauls. *N. Am. J. Fish. Manage.*, **16**: 689-692.
- Colton, J.B., Jr., J.R. Green, R.R. Byron and J.L. Frisella, 1980. Bongo net retention rates as effected by towing speed and mesh size. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **37**: 606-623.
- Fenaux, R. and L. Palazzoli, 1979. *In situ* estimation of a population of *Oikopleura longicauda* (Appendicularia) by means of two nets of different meshsize. *Mar. Biol.*, **55**: 197-200.
- Gallienne, C.P. and D.B. Robins, 2001. Is *Oithona* the most important copepod in the world's oceans? *J. Plankton Res.*, **23**: 1421-1432.
- Godhantaraman, N. and S. Uye, 2003. Geographical and seasonal variations in taxonomic composition, abundance and biomass of microzooplankton across a brackish-water lagoonal system of Japan. *J. Plankton Res.*, **25**: 465-482.
- John, W.D. Jr., C.A.S. Hall, W.M. Kemp and A. Yanez-Arancibia, 1989. Estuarine Ecology. John Wiley & Sons, New York, 558 pp.
- Kršinić, F. and D. Lučić, 1994. Mesozooplankton sampling experiments with the 'Adriatic' sampler: differences of catch between 250 and 125 mesh netting gauze. *Estuar., Coast. Shelf Sci.*, **38**: 113-118.
- Nakashima, J., Y. Morioka and K. Kimoto, 1993. Further investigation of zooplankton biomass share in the collections with plankton net in the waters to the west of Kyushu. *Bull. Keikai Natl. Fish. Res. Inst./Seisui Kenpo.*, **70**: 47-53.
- Nybakken, J.W., 1993. Marine Biology: An ecological approach. Harper Collins, New York, 462 pp.
- Omori, M. and T. Ikeda. 1984. Methods in Marine Zooplankton Ecology. John Wiley, New York, 332 pp.
- Sameoto, D., P. Wiebe, J. Runge, L. Postel, J. Dunn, C. Miller and S. Coombs, 2000. Collecting zooplankton. In ICES Zooplankton Methodology Manual, R.P. Harris, P.H. Wiebe, J. Lenz, H.R. Skjoldal and M. Huntley, eds. Academic Press, San Diego, pp. 55-81.
- Sanders, H.L., 1968. Marine benthic diversity: a comparative study. *Am. Nat.*, **102**: 243-282.
- UNESCO, 1968. Zooplankton sampling. Monographs on Oceanographic Methodology 2. UNESCO, Paris, 174 pp.
- Wickham, S.A., 1995. Trophic relations between cyclopoid copepods and ciliated protists: complex interaction link the microbial and classic food webs. *Limnol. Oceanogr.*, **40**: 1173-1181.
- Zar, J.H., 1984. Biostatistical Analysis. Prentice-Hall, London, 718 pp.

2003년 10월 20일 원고접수

2003년 12월 3일 수정본 채택

담당편집위원: 서해립