

<단보>

네트 망목 크기가 *Acartia steueri* (Copepoda: Calanoida)의 생체량 추정에 미치는 영향

강형구⁺ · 강용주
부경대학교 해양생물학과

Effect of Mesh Size of Net on Biomass Estimation of *Acartia steueri* (Copepoda: Calanoida)

Hyung-Ku KANG⁺ and Yong Joo KANG

Dept. of Marine Biology, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

A series of 29 sampling with a 330 μm and a 64 μm mesh size of nets was conducted at a fixed station in Ilkwang Bay, southeast coast of Korea, from Oct. 2, 1991 to Oct. 10, 1992, to investigate the effects of mesh size of nets on biomass estimation of copepod *Acartia steueri*. The catch of copepodite and nauplius stages of *A. steueri* taken by two nets with different mesh size was different, showing that all developmental stages of *A. steueri* were retained on the 64 μm mesh net, but only \geq stage 4 copepodite were caught by the 330 μm mesh net. Abundance and biomass in each developmental stage estimated with the 64 μm mesh net were significantly higher than those of the 330 μm mesh net, except for adult female and stage 5 copepodite in female. The body length as well as the body width is likely to affect the catch of the nets. The mean biomass of *A. steueri* estimated with the traditional 330 μm net was 2.8 times lower than the value obtained with the 64 μm mesh net. However, the seasonal patterns of the biomass were comparable. These results suggest that accurate sampling strategy of the entire copepods assemblage including nauplii and copepodites are essential when estimating the abundance and biomass of copepods for the better understanding of the role of copepods in marine ecosystem.

Key words: Mesh size, Copepod, *Acartia steueri*, Biomass, Copepodites, Nauplii

서 론

해양생태계에서 동물플랑크톤의 생산력을 측정하는 것은 동물플랑크톤 개체군과 군집의 동태를 이해하는데 중요할 뿐만 아니라, 수산 어류의 관리에 필요한 정보를 제공한다는 측면에서도 매우 중요한 연구과제이다 (GLOBEC, 1999). 동물플랑크톤의 생산력은 대상 생물 개체군의 생체량 (biomass)과 이들의 성장률 (growth rate)에 의하여 표현되므로 (Runge and Roff, 2000), 동물플랑크톤의 생산력을 추정하기 위해서는 우선 대상 생물의 현존 생체량 (biomass)을 추정해야 한다. 정확한 생체량 추정은 적절한 채집도구와 방법에 기초하여 대상 생물의 전 생활사가 포함되는 표본들에 대한 정량적인 채집을 바탕으로 한다.

동물플랑크톤 채집에는 주로 네트를 많이 사용하고 있는데 (Omori and Ikeda, 1984; Sameoto et al., 2000), 일반적으로 네트의 망목 크기가 채집하고자 하는 생물 체폭의 75% 정도 되어야 그 생물 크기를 95%까지 효율적으로 채집할 수 있다 (Omori and Ikeda, 1984; Nichols and Thompson, 1991). 국내의 경우 동물플랑크톤에 대한 연구는 주로 200 μm 이상의 망목 (예, 330 μm) 크기 네트를 사용하여 주로 중형동물플랑크톤 (mesozooplankton) 또는 대형동물플랑크톤 (macrozooplankton) 크기에 해당하는 동물플랑크톤의 분포 및 군집 구조를 파악하는 것이 주된 연구 호

름이었다 (Kang and Lee, 1991; Park et al., 1992; Hwang and Choi, 1993; Go et al., 1996; Park and Choi, 1997). 그러나, 200 μm 이상의 망목 크기 네트로 채집할 경우, 작은 크기의 요각류 성체나 요각류 유생 (nauplii와 copepodites)이 네트의 망목을 통과함에 따라 대상종의 생체량이 과소 평가될 가능성이 있다 (Miller, 1995; Paffenhöfer, 1998; Calbet et al., 2001; Gallienne and Robins, 2001).

해양에서 요각류는 종종 전체 동물플랑크톤 생체량의 70% 이상을 점유하는 중요한 분류군이다 (Raymont, 1983). 그 중에서도 크기가 비교적 작은 요각류 및 그 유생들은 해양의 고전적인 먹이망 (classical food web)과 미세생물 먹이망 (microbial food web) 사이의 연결자로서 최근 그 중요성이 부각되고 있다 (Roff et al., 1995; Wickham, 1995; Calbet et al., 2000). 또한, 요각류의 성체와 그 유생들은 수산 어류의 초기생활사에서 중요한 먹이로 이용되고 있다 (Dagg et al., 1984; Park and Choi, 1997; Conway et al., 1998; Cha and Park, 2001a, b).

본 연구의 목적은 동물플랑크톤 생산력 연구 특히, 요각류의 생산력 연구에 필요한 생체량 추정시, 사용하는 네트 망목 크기에 따른 생체량 평가에 차이가 있는지를 연안성 소형 요각류 *Acartia steueri*를 대상으로 파악하는 것이다. *A. steueri*는 부산 외해 (Kim, 1985), 마산만에서 외양수 유입시 (Yoo et al., 1991), 제주도 연안역 (Go et al., 1994), 일본의 태평양쪽 연안 및 내만 (Tanaka, 1965; Uye, 1981)에서 출현하고 있는 종이다. 따라서, 본 연구는

⁺Corresponding author: kang@kios.pknu.ac.kr

망목 크기가 다른 두 종류의 네트 (330 μm 와 64 μm)를 사용하여, 1) 망목 크기에 따라 채집되는 요각류 성체 및 유생들에 대한 채집 효율의 차이를 정량적으로 검정하고, 2) 망목 크기의 차이가 요각류 생체량 추정에 어떤 영향을 줄 수 있는지를 고찰하고자 한다.

한국 동해남부 연안에 위치한 일광만의 한 개 정점 (수심 약 6.6 m)에서 1991년 10월 2일부터 1992년 10월 8일까지 주로 오전 9시에서 정오 사이에 총 29회에 걸쳐 요각류를 채집하였다. 채집에 사용한 네트는 망목 크기가 다른 두 종류의 네트인데, 망목 크기가 330 μm (망구 지름 45 cm)의 원추형 네트는 동물플랑크톤 채집에 많이 사용되고 있으며, 망목 크기 64 μm (망구 지름 31 cm)의 원추형 네트는 일반적으로 식물플랑크톤이나 무척추동물의 유생 채집에 사용되고 있다. 표본은 현장에서 3~5회에 걸친 반복적인 수직에망을 통하여 채집되었으며, 채집시 예망속도는 약 0.5 m sec⁻¹이었다. 네트를 통과한 물의 양은 네트의 망구에 유량계를 부착하여 계산하였다 (Omori and Ikeda, 1984). 채집된 시료는 현장에서 5% 농도의 해수-중성포르말린으로 고정하였다.

채집된 요각류 가운데 연안성 요각류인 *Acartia steuerei*의 성체 및 nauplii와 copepodites 유생은 동정 및 선별하여 각 단계별 개체수를 파악하였고, 성체 및 copepodites는 두흉부 길이 (prosome length), nauplii는 전체 길이 (total length)를 측정된 후 체장-체중 관계식 (Kang and Kang, 1997)을 이용하여 생체량을 추정하였다. 각 단계별 유생에 대한 동정은, copepodite 2기부터는 rostral filament의 존재 유무 (Kimoto, 1988)로서 함께 출현하는 *A. omorii*의 copepodite기와 구분하였다. Nauplii기와 copepodite 1기의 경우, 실험실 사육에서 얻어진 *A. steuerei* 각 단계별 유생에 대한 길이 자료 (Kang, 미발표 자료)와 Koga (1984)의 요각류 nauplii, Lee (1986)의 copepodite기에 대한 자료를 근거로 하여 동정하였다.

네트에 의해 채집되는 요각류의 크기는 체장보다는 체폭에 의하여 더 잘 설명되는 것으로 알려져 있는데 (Nichols and Thompson, 1991), 본 연구에서도 *Acartia steuerei*의 체장-체폭 관계식을 통하여 기존의 체장자료를 체폭자료로 환산한 후, 네트의 채집 효율과 요각류 체폭간의 관련성을 검토하였다. 일반적으로 요각류 체장은 온도에 따라 달라지기 때문에 (Liang and Uye, 1996; 1997), 여러 계절에 걸쳐서 채집된 현장의 시료보다는 특정 온도의 사육 실험에서 얻어진 시료의 체장 자료 (Kang and Kang, 1998)를 요각류 체장으로 이용하였다. 또한, 본 연구에서 검토하지는 않았지만, 요각류의 체장과 체폭간의 관계는 현장채집시료와 사육실험시료에서 얻어진 자료간에 차이가 없는 것으로 가정하고, 사육실험에서 얻어진 시료를 이용하여 요각류의 체장과 체폭간 관계식을 구하였다. 즉, Nauplii의 경우는 14.0°C의 사육실험 (Kang and Kang, 1998)에서 얻은 시료를 대상으로 전체 길이와 체폭을 측정하였으며, copepodites 및 성체는 19.1°C의 사육실험 (Kang and Kang, 1998)에서 얻은 시료를 대상으로 두흉부 길이와 체폭 (두흉부에서 체폭이 가장 넓은 부분)을 측정하였다.

자료의 통계처리는, 두 네트간 각 단계별 유생 및 성체의 채집 개체수 차이와 추정된 평균 생체량의 차이 유무를 Wilcoxon의 부호순위검정 (signed ranks test)을 이용하여 분석하였으며, 계절변

동에 따른 두 네트간 생체량 변동의 상관성은 Spearman의 순위상관계수 (coefficient of rank correlation)를 이용하여 파악하였다.

사육실험에서 얻은 요각류 *Acartia steuerei*의 체장과 체폭간의 관계는 *A. steuerei*의 성장패턴 (Kang and Kang, 1998)에 따라 4부분 (nauplii, copepodite 1기에서 3기, copepodite 4기 수컷에서 성체 수컷, copepodite 4기 암컷부터 성체 암컷)으로 나누어서 나타냈으며, 각 관계식의 회귀계수는 유의하여 체장이 증가할수록 체폭이 증가하였다 (Table 1; $P < 0.001$). 여기서 얻어진 관계식은 요각류의 체장자료 (Kang and Kang, 1998)를 체폭 자료로 전환하는데 이용하였다 (Table 2).

Table 1. Relationship between body length (BL; μm) and body width (BW; μm) of developmental stages of *Acartia steuerei*. BL: total length for nauplii (N) and prosome length for copepodites (C) and adults at $P < 0.001$

Copepod stage	Regression	R ²
CIV-Adult female	BW=0.436BL-76.616	0.979
CIV-Adult male	BW=0.360BL-31.958	0.935
CI-CIII	BW=0.247BL+37.477	0.926
NI-NVI	BW=0.448BL+5.725	0.989

Table 2. Body length (BL) and body width (BW) of *Acartia steuerei*

Copepod stage	BL (μm) ¹	BW (μm) ²
Adult F	869	302
Adult M	736	233
CV F	731	242
CV M	653	203
CIV F	619	193
CIV M	574	175
CIII	506	162
CII	417	140
CI	346	123
NVI	257	121
NV	223	106
NIV	192	92
NIII	157	76
NII	124	61
NI	104	52

¹ Kang and Kang (1998); total length for nauplii (N) and prosome length for copepodites (C) and adults.

² Estimated body width from the regression equations in Table 1 using the body length data from Kang and Kang (1998). F, female; M, male.

네트에 의하여 채집되어지는 *Acartia steuerei*의 성체 및 각 단계별 유생은 네트 망목 크기에 따라서 차이가 있었다 (Table 3). 망목 크기가 330 μm 인 네트에 의해서는 체폭 175 μm (체장 574 μm ; Table 2)인 copepodite 4기 수컷부터 성체까지 채집되었으며, 64 μm 망목의 네트에 의해서는 체폭 52 μm (체장 104 μm ; Table 2)인 nauplii 1기부터 성체 및 각 단계별 유생들이 모두 채집되었다.

요각류를 효율적으로 채집하기 위한 네트의 망목 크기와 채집

Table 3. Mean abundance (ind. m⁻³) and biomass (μgC m⁻³) of each developmental stage of *Acartia steucri* collected by a 330 μm and a 64 μm mesh net

Copepod stage	Mean abundance		Mean Biomass		P
	330 μm mesh	64 μm mesh	330 μm mesh	64 μm mesh	
Adult F	26.1	27.3	166.2	159.4	n.s.
Adult M	13.2	43.6	37.6	120.8	***
CV F	9.0	15.9	29.6	46.1	n.s.
CV M	2.0	16.5	4.2	30.6	**
CIV F	2.5	17.0	4.4	26.1	**
CIV M	0.3	14.4	0.6	18.6	*
CIII	0	31.2	0	25.3	***
CII	+	83.2	+	38.3	***
CI	0	172.9	0	46.3	***
NVI	0	185.4	0	38.7	***
NV	0	159.7	0	26.8	***
NIV	0	283.0	0	38.3	***
NIII	0	288.9	0	29.5	***
NII	0	492.1	0	35.9	***
NI	0	80.5	0	4.4	***

P, Wilcoxon signed ranks test in abundance and biomass; *P<0.05; **P<0.01; ***P<0.001; n.s., not significant. +, <0.1 ind. m⁻³ in abundance and <0.1 μgC m⁻³ in biomass. F, female; M, male.

되는 요각류 체폭간의 상관성 (Nichols and Thompson, 1991)을 근거로 한다면, 330 μm 망목의 네트는 413 μm 이상의 체폭, 64 μm 망목의 네트는 80 μm 이상의 체폭을 가진 요각류 및 그들의 유생들을 효율적으로 채집할 수 있지만, 본 조사에서는 두 종류의 망목 네트로 채집이 가능한 요각류의 체폭 크기보다 더 작은 크기의 성체 및 유생들도 채집이 되었다 (Table 2; Table 3). 이것은 네트에 의하여 채집되는 요각류가 주로 체폭의 크기에 의해서 결정되기도 하지만, 망목 크기가 작은 네트의 경우, 채집시 일시적인 망목 막힘현상 (clogging)에 의하여, 이론적으로 네트가 효율적으로 채집할 수 있는 생물 크기보다 더 작은 크기의 생물이 채집될 가능성도 있다. 또한 체장 (Vannucci, 1968)과 요각류의 안테나 (antennule; Vannucci, 1968)도 체폭과 마찬가지로 네트의 채집 효율에 영향을 줄 수 있기 때문에 네트의 채집 가능한 요각류 크기를 체폭만으로 결정할 수는 없는 것 같다.

두 네트간 각 단계별 유생 및 성체의 평균 개체수와 평균 생체량을 비교하면, 성체 암컷과 copepodite 5기 암컷을 제외하면 64 μm 망목의 네트를 사용한 경우가 개체수나 생체량에 있어서 모두 유의하게 높았다 (Wilcoxon의 부호 순위검정; Table 3). 따라서, 330 μm 망목의 경우, 체폭이 가장 큰 성체 암컷과 두 번째인 copepodite 5기 암컷은 효율적으로 채집이 되지만, 보다 체폭이 작은 유생들은 효율적으로 채집이 되지 않는 것으로 나타났다. 망목 크기가 64 μm 인 경우, 네트의 망구지름이 330 μm 망목의 네트보다 작아서 채집시 *Acartia steucri* 성체에 의한 망구회피 (avoidance)의 문제가 생길 수 있을 것으로 기대했지만, 두 네트간 성체 암컷에 대한 채집 효율에는 유의한 차이가 없었다 (P>0.05).

Nauplii 1기부터 copepodite 3기 (330 μm 망목의 네트로써는 채집이 전혀 되지 않는 유생단계; Table 3)까지의 평균 생체량은, 성체 및 각 단계별 유생 전체에 대하여 64 μm 망목 크기 네트로써 추정된 평균 생체량의 41.4%를 차지한다 (Table 4). 또한, 성체 암컷과 copepodite 5기 암컷을 제외한 나머지 유생들 및 성체 수컷 (330 μm 망목 네트로써 효율적으로 채집되지 않는 유생단계; Table 3)의 평균 생체량은, 성체 및 각 단계별 유생 전체에 대하여 64 μm 망목 크기 네트로써 추정된 평균 생체량의 70%를 차지한다 (Table 4). 따라서, 330 μm 망목의 네트를 사용하여 *Acartia steucri*의 생체량을 평가할 경우 유생단계의 상당 부분이 네트의 망목 사이로 빠져나갈 수 있으며, 이렇게 빠져나가는 유생들로 인하여 요각류 개체군의 실제 평균 생체량은 최소 41.4%에서 최대 70%까지 과소 평가될 수 있을 것으로 예상된다.

Table 4. Contribution of nauplii and copepodites of *Acartia steucri* collected by a 64 μm mesh net in biomass estimation

Copepod stage	Mean biomass (μgC m ⁻³)	% biomass
All stages (NI-CVI)	685.2	100
NI-CIII ¹	283.5	41.4
All stages except for CV & CVI in female ²	479.7	70.0

¹The stages which may be rarely retained on a 330 μm mesh net.

²The stages which may be poorly sampled by a 330 μm mesh net, compared with a 64 μm mesh net.

본 연구에서 망목 크기가 다른 두 종류의 네트를 사용하여 추정된 *Acartia steucri*의 생체량은 계절에 따라 변동하였는데 (Fig. 1), 330 μm 망목의 네트는 11월과 5월에 생체량이 높았고, 64 μm 망목의 네트는 11월, 2월, 5월, 7~8월에 생체량이 높았다. 그러나, 두 망목 크기 네트로써 추정된 생체량의 계절변동에 대한 상관계수는 유의한 것으로 나타났는데 (Spearman의 순위상관계수 = 0.516; P<0.01), 이것은 330 μm 망목 네트를 사용하더라도 생체량의 계절변동 양상은 보다 작은 망목의 네트 (64 μm)를 사용하는 경우와 유의하게 달라지지 않음을 의미한다.

*Acartia steucri*가 전혀 채집되지 않는 시기를 제외하면 평균 생체량은 330 μm 망목의 네트 경우 1.1~3,591.1 μgC m⁻³ 범위, 64 μm 망목의 네트 경우 0.7~4,555.9 μgC m⁻³ 범위였다. 평균 생체량은 64 μm 망목의 네트 경우가 685 μgC m⁻³로서 330 μm 망목의 네트 경우 (243 μgC m⁻³)보다 유의하게 높았다 (Wilcoxon의 부호 순위검정; P<0.001). 따라서, *A. steucri*의 평균 생체량은 330 μm 망목의 네트를 사용할 경우 64 μm 망목 네트를 사용할 경우보다 2.8배 낮게 나타났다.

국내에서 동물플랑크톤 연구에 사용된 네트의 망목 크기는 주로 200 μm 이상이었으며 (Table 5), 소형동물플랑크톤 (microzooplankton) 또는 중형동물플랑크톤에 속하는 요각류의 여러 유생들을 대부분 고려하지 않았다. 소형동물플랑크톤은 크기가 20~200 μm의 동물플랑크톤인데 (Sieburth et al., 1978), 분류학적으로 부유성

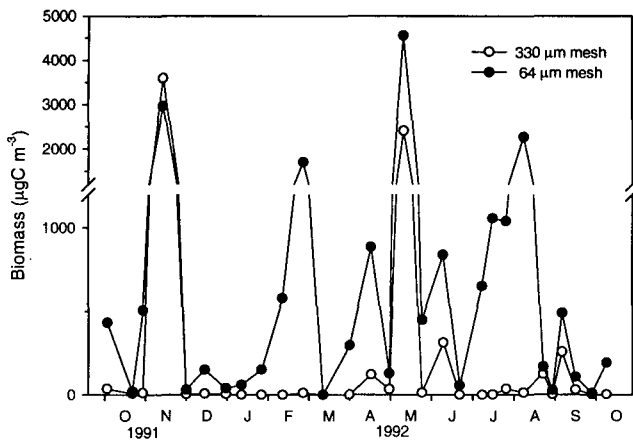


Fig. 1. Monthly variation in biomass of *Acartia steueri* (nauplii+copepodites+adults) from different mesh size of net (330 μm and 64 μm mesh) at a fixed station in Ilkwang Bay, southeast coast of Korea, from Oct. 2, 1991 to Oct. 8, 1992.

Table 5. Summary of mesh size of nets used in zooplankton study in Korean waters

Source	Mesh size (μm)	Size fraction ³
Lee (1972)	330	Meso/Macro
Kang (1986)	330	Meso/Macro
Kang and Lee (1991)	330	Meso/Macro
Suh et al. (1991)	330	Meso/Macro
Park et al. (1991)	330	Meso/Macro
Park et al. (1992)	330	Meso/Macro
Soh and Suh (1993)	330	Meso/Macro
Hong et al. (1994)	330	Meso/Macro
Myung et al. (1994)	335	Meso/Macro
Go et al. (1996)	330	Meso/Macro
Park and Choi (1997)	333	Meso/Macro
Go et al. (2000)	330	Meso/Macro
Kang et al. (2000)	330	Meso/Macro
Hwang and Choi (1993)	300	Meso/Macro
Kim and Huh (1983)	250	Meso/Macro
Shim and Lee (1986)	200	Meso/Macro
Shim and Park (1982)	160	Micro/Meso
Shim and Ro (1982)	160	Micro/Meso
Shim and Lee (1983)	160	Micro/Meso
Kim et al. (1996)	100	Micro/Meso
Shim and Choi (1996)	100/Water bottle	Micro/Meso
Kim and Lee (1994)	70	Micro/Meso
Go et al. (1989)	Pump ¹ -330/90	Micro/Meso
Cha and Park (2000)	Water bottle ² -50	Micro

¹ Pumping water, then filtering through 330 μm and 90 μm mesh.

² Water samples of 4 L, then filtering through 50 μm mesh.

³ Micro, microzooplankton size; Meso, mesozooplankton size; Macro, macrozooplankton size.

원생동물 (protozoan)의 대부분이 여기에 속하며, 중형동물플랑크톤 가운데 많은 종류의 요각류 유생들이 또한 여기에 속한다 (Beers, 1978; Gifford and Caron, 2000). 한편, 일부의 연구에서는

200 μm 미만 크기의 망목을 사용하거나 채수 채집을 병행하여 요각류의 유생 (요각류 알 또는 nauplii) 및 소형동물플랑크톤 중에서 유충섬모충류의 생태적 중요성을 고려하기도 하였다 (Shim and Choi, 1996; Cha and Park, 2000). 국외의 경우, 연안성 요각류의 개체군 변동과 생산력 연구는 대부분 약 60 μm 망목을 사용하여 성체 뿐만 아니라 nauplii와 copepodites 단계의 유생들을 모두 고려하고 있다 (Durbin and Durbin, 1981; Liang and Uye, 1996, 1997).

본 연구는 동물플랑크톤 연구에 사용되는 네트 망목 크기에 의해 연안성 중형 요각류 *Acartia steueri*의 생체량이 얼마나 다르게 평가될 수 있는지를 정량적으로 검정하고, 요각류의 생산력 연구에 필요한 생체량을 추정하는 과정에서 nauplii와 copepodites와 같은 유생들의 중요성을 보였다. 본 연구가 한국 연안에서 우점적으로 출현하는 중형 요각류인 *Paracalanus*, *Acartia*, *Centropages*, *Oithona*, *Corycaeus*속 등 (Lee, 1972; Shim and Lee, 1983; Soh and Suh, 1993; Myung et al., 1994; Go et al., 1994)에 대하여 모두 검정한 것은 아니지만, 망목 크기에 따른 네트의 채집 효율을 고려한다면, 연안에서 우점하고 있는 대부분의 중형 요각류에 대해서도 본 연구결과를 적용할 수 있을 것으로 사료된다. 따라서, 해양생태계의 먹이망에서 요각류 군집의 구조와 기능을 이해하고, 수산 어류의 초기생활사에서 중요한 먹이로 이용되고 있는 중형 요각류 및 이들 유생들의 생태적 역할을 규명하기 위해서는, 요각류의 생활사에 따른 성체 및 각 단계별 유생들을 정량적으로 채집하여 그들의 개체수와 생체량을 평가해야 할 필요성이 있다.

참 고 문 헌

- Beers, J.R. 1978. About microzooplankton. In *Phytoplankton Manual*, A. Sournia, ed. UNESCO, Paris, pp. 288~296.
- Calbet, 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.
- Calbet, 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.
- Cha, S.S. and K.J. Park. 2000. Abundance and species composition of microzooplankton during summer in Kwangyang Bay, Korea. *J. Korean Fish. Soc.*, 33, 361~366 (in Korean).
- Cha, S.S. and K.J. Park. 2001a. Feeding selectivity of postlarvae of white croaker (*Argyrosomus argentatus*) in Kwangyang Bay, Korea. *J. Korean Fish. Soc.*, 34, 27~31 (in Korean).
- Cha, S.S. and K.J. Park. 2001b. Food organisms and feeding selectivity of postlarvae of slimy (*Leiognathus nuchalis*) in Kwangyang Bay, Korea. *J. Korean Fish. Soc.*, 34, 666~671 (in Korean).
- Conway, D.V.P., S.H. Coombs and C. Smith. 1998. Feeding of anchovy *Engraulis encrasicolus* larvae in the northwestern Adriatic Sea in response to changing hydrobiological conditions. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 175, 35~49.
- Dagg, M.J., M.E. Clarke, T. Nishiyama and S.L. Smith. 1984. Production and standing stock of copepod nauplii, food items for

- larvae of the walleye pollock *Theragra chalcogramma* in the southeastern Bering Sea. Mar. Ecol. Prog. Ser., 19, 7~16.
- Durbin, A.G. and E.G. Durbin. 1981. Standing stock and estimation production rates of phytoplankton and zooplankton in Narragansett Bay, Rhode Island. Estuaries, 4, 24~41.
- 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.
- Gifford, D.J. and D.A. Caron. 2000. Sampling, preservation, enumeration and biomass of marine protozooplankton. 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. 193~221.
- GLOBEC. 1999. Global Ocean Ecosystem Dynamics, Implementation Plan. GLOBEC Report No. 13, IGBP Report No. 47, GLOBEC, Paris.
- Go, Y.B., B.C. Oh and Y.C. Choi. 1996. Bioecological studies in the upwelling area of Cheju Island: standing stock and distribution of pelagic zooplankton. J. Korean Fish. Soc., 29, 271~278 (in Korean).
- Go, Y.B., B.C. Oh, B.Y. Ko and T.J. Sohn. 1994. Seasonal fluctuation of pelagic copepods on the coast of Cheju Island, Korea. Bull. Mar. Res. Inst., Cheju Natl. Univ., 18, 15~26 (in Korean).
- Go, Y.B., B.C. Oh, J.B. Lee and J.H. Chwa. 2000. Bioecological characteristics of coral habitats around Munseom, Cheju Island, Korea III. Seasonal and diel fluctuations of gelatinous zooplankton biomass. The Sea, J. Korean Soc. Oceanogr., 5, 141~145 (in Korean).
- Go, Y.B., J.B. Lee and Y.C. Choi. 1989. Standing stocks and production of planktonic crustaceans around coast line of Cheju Island from June 1987 to April 1988. J. Korean Earth Sci. Soc., 10, 68~75.
- Hong, S.Y., C.W. Ma and Y.S. Kang. 1994. Distribution of copepod indicator species and zooplankton communities in Pusan harbor, Korea. J. Korean Soc. Oceanogr., 29, 132~144 (in Korean).
- Hwang, H.J. and J.K. Choi. 1993. Seasonal characteristics of zooplankton community in the mid-eastern part of the Yellow Sea. J. Oceanol. Soc. Korea, 28, 24~34 (in Korean).
- Kang, H.-K. and Y.J. Kang. 1997. Length and weight relationship of *Acartia steucri* (Copepoda: Calanoida) in Ilkwang Bay, Korea. J. Korean Fish. Soc., 30, 906~908.
- Kang, H.-K. and Y.J. Kang. 1998. Growth and development of *Acartia steucri* (Copepoda: Calanoida) in the laboratory. J. Korean Fish. Soc., 31, 842~851 (in Korean).
- Kang, Y.S. 1986. A study on the regional difference of zooplankton communities in the southern waters of Korea. Bull. Fish. Res. Dev. Agency, 37, 35~44 (in Korean).
- Kang, Y.S. and S.S. Lee. 1991. Seasonal fluctuation of zooplankton biomass in the adjacent seas of Korea. Bull. Fish. Res. Dev. Agency, 45, 13~21 (in Korean).
- Kang, Y.S., Y.J. Jo, W.J. Go, S.S. Kim, K.A. Jeon and H.J. Oh. 2000. Swarm of salps (Tunicata: Thaliaca) and its impact on marine ecosystem in the South Sea of Korea. The Sea, J. Korean Soc. Oceanogr., 5, 47~58 (in Korean).
- Kim, D.Y. 1985. Taxonomical Study on Calanoid Copepod (Crustacea: Copepoda) in Korean Waters. Ph.D. thesis, Hanyang Univ., 187pp.
- Kim, D.Y. and H.T. Huh. 1983. Seasonal variations of copepods in Garolim Bay. Ocean Res., 5, 29~35 (in Korean).
- Kim, S.W. and J.H. Lee. 1994. Seasonal distribution of zooplankton communities in Incheon Dock, an artificially closed marine embayment facing the Yellow Sea, western Korea. J. Korean Soc. Oceanogr., 29, 376~382.
- Kim, S.W., C.I. Choi and K.I. Yoo. 1996. Observations on the biology of a marine cladoceran *Evadne spinifera* in waters adjacent to Ullung Do and Tok Do Islands in the East Sea, Korea. Korean J. Environ. Biol., 14, 189~193.
- Kimoto, K. 1988. Segregation of vertical distribution of calanoid copepod *Acartia omorii* depending on the developmental stages in Shijiki Bay, western Kyushu, Japan. Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., 66, 35~85.
- Koga, F. 1984. Morphology, ecology, classification and specialization of copepods nauplius. Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab., 16, 95~229 (in Japanese).
- 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, S.S. 1986. Morphological studies of developmental copepodid stages of calanoids in the southern coastal waters of Korea. Bull. Fish. Res. Dev. Agency, 37, 45~150 (in Korean).
- Liang, D. and S. Uye. 1996. Population dynamics and production of the planktonic copepods in a eutrophic inlet of the Inland Sea of Japan. II. *Acartia omorii*. Mar. Biol., 125, 109~117.
- Liang, D. and S. Uye. 1997. Population dynamics and production of the planktonic copepods in a eutrophic inlet of the Inland Sea of Japan. IV. *Pseudodiaptomus marinus*, the egg-carrying calanoid. Mar. Biol., 128, 415~421.
- Miller, C.B. 1995. The mesh size survey. TASC Newsl., 4, 5~7.
- Myung, C.S., J.M. Yoo and W.S. Kim. 1994. Distribution of zooplankton in Asan Bay, Korea. J. Korean Soc. Oceanogr., 29, 366~375 (in Korean).
- Nichols, J.H. and A.B. Thompson. 1991. Mesh selection of copepodite and nauplius stages of four calanoid copepod species. J. Plankton Res., 13, 66 1~671.
- Omori, M. and T. Ikeda. 1984. Methods in Marine Zooplankton Ecology. John Wiley, New York, 332pp.
- Paffenhöfer, G.-A. 1998. Heterotrophic protozoa and small metazoa: feeding rates and prey consumer interactions. J. Plankton Res., 20, 121~134.
- Park, C. and J.K. Choi. 1997. Zooplankton community in the front zone of the East Sea of Korea (the Sea of Japan): 1. Species list, distribution of dominant taxa, and species association. J. Korean Fish. Soc., 30, 225~238 (in Korean).
- Park, J.S., S.S. Lee, Y.S. Kang and S.H. Huh. 1991. Distribution of indicator species of copepods and chaetognaths in the middle East Sea of Korea and their relationships to the characteristics of water masses. Bull. Korean Fish. Soc., 24, 203~212 (in Korean).
- Park, J.S., S.S. Lee, Y.S. Kang, B.D. Lee and S.H. Huh. 1992. Distribution of indicator species of copepods and chaetognaths in the southeastern area of the Yellow Sea and their relationship to the characteristics of water masses. Bull. Korean Fish. Soc., 25, 251~264 (in Korean).
- Raymont, J.E.G. 1983. Plankton and Productivity in the Oceans. Zooplankton, 2nd ed., vol. 2. Pergamon Press, Oxford, 824pp.

- Roff, J.C., J.T. Turner, M.K. Webber and R.R. Hopcroft. 1995. Bacterivory by tropical copepod nauplii, extent and possible significance. *Aquat. Microb. Ecol.*, 9, 165~175.
- Runge and Roff. 2000. The measurement of growth and reproductive rates. 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. 401~454.
- 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.
- Shim, J.H. and C. Park. 1982. On the composition and the abundance distribution of zooplankton in the Yellow Sea in April, 1981. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 17, 95~101.
- Shim, J.H. and D.S. Lee. 1983. A study on the zooplankton off the coast of Gunsan, Korea. *Proc. Coll. Natur. Sci., SNU*, 8, 121~140 (in Korean).
- Shim, J.H. and D.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. Oceanol. Soc. Korea*, 21, 146~155.
- Shim, J.H. and I. Ro. 1982. The composition and abundance distribution of zooplankton in the vicinity of Yeosu, Korea. *Proc. Coll. Natur. Sci., SNU*, 7, 165~183 (in Korean).
- Shim, M.B. and J.K. Choi. 1996. A study on the seasonal succession of copepod community in Kyeonggi Bay, Yellow Sea through the short interval surveys. *The Yellow Sea*, 2, 65~73.
- Sieburth, J. McN., V. Smetacek and J. Lenz. 1978. Pelagic ecosystem structure: heterotrophic compartments of the plankton and their relationship to plankton size fractions. *Limnol. Oceanogr.*, 23, 1256~1263.
- Soh, H.Y. and H.L. Suh. 1993. Seasonal fluctuation of the abundance of the planktonic copepods in Kwangyang Bay. *Korean J. Environ. Biol.*, 11, 26~34 (in Korean).
- Suh, H.L. and H.Y. Soh and S.S. Cha. 1991. Salinity and distribution of zooplankton in the estuarine-system of Mankyong River and Dongjin River. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 26, 181~192 (in Korean).
- Tanaka, O. 1965. The pelagic copepods of Izu region, middle Japan. Systematic account. XIII. Families Parapontellidae, Acartiidae and Tortanidae. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.*, 7, 379~408.
- Uye, S. 1981. Fecundity studies of neritic calanoid copepods *Acartia clausi* Giesbrecht and *A. steueri* Smirnov: a simple empirical model of daily egg production. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 50, 255~271.
- Vannucci, M. 1968. Loss of organisms through the meshes. In *Zooplankton Sampling*, D.J. Tranter, ed. UNESCO, Paris, pp. 77~86.
- 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.
- Yoo, K.I., H.K. Hue and W.C. Lee. 1991. Taxonomical revision on the genus *Acartia* (Copepoda: Calanoida) in the Korean waters. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 24, 255~265 (in Korean).

2002년 4월 24일 접수
2002년 7월 27일 수리