



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

이 학 석 사 학 위 논 문

한국 동해 남부 해역의

Euchaetid 요각류 개체군 생태학



2015년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

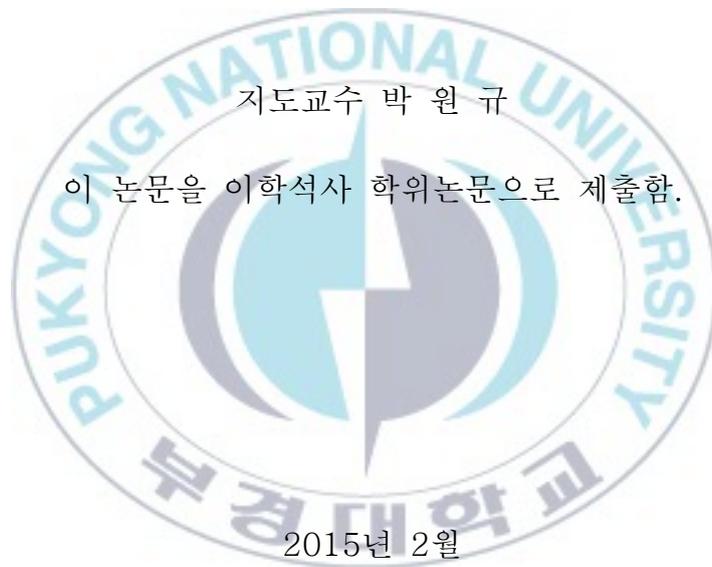
해 양 생 물 학 과

김 가 램

이 학 석 사 학 위 논 문

한국 동해 남부 해역의

Euchaetid 요각류 개체군 생태학



지도교수 박 원 규

이 논문을 이학석사 학위논문으로 제출함.

2015년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

해 양 생 물 학 과

김 가 램

김가람의 이학석사 학위논문을 인준함.

2015년 2월



주 심 이학박사 김 현 우



위 원 이학박사 강 정 훈



위 원 이학박사 박 원 규



# 목 차

List of Figures .....	iii
List of Tables .....	v
Abstract .....	vi
I. 서론 .....	1
II. 재료 및 방법 .....	3
2.1 시료채집 .....	3
2.2 환경측정 .....	3
2.3 시료분석 .....	4
2.4 자료분석 .....	4

III. 결과 .....	7
3.1 환경요인 .....	7
3.1.1 수온과 염분 .....	7
3.1.2 Chlorophyll- <i>a</i> .....	8
3.2 Euchaetid 요각류 개체군 밀도 .....	12
3.2.1 개체군 밀도 변화 .....	12
3.2.2 출현 종 수 및 조성 .....	17
3.2.3 환경요인과 밀도의 관계 .....	19
3.3 Euchaetid 요각류 개체군 구성 .....	20
3.3.1 발생단계별 밀도 및 구성비 .....	20
3.3.2 성비 및 생식 .....	24
3.3.3 발생단계별 크기 변화 .....	27
IV. 고찰 .....	31
V. 참고문헌 .....	34

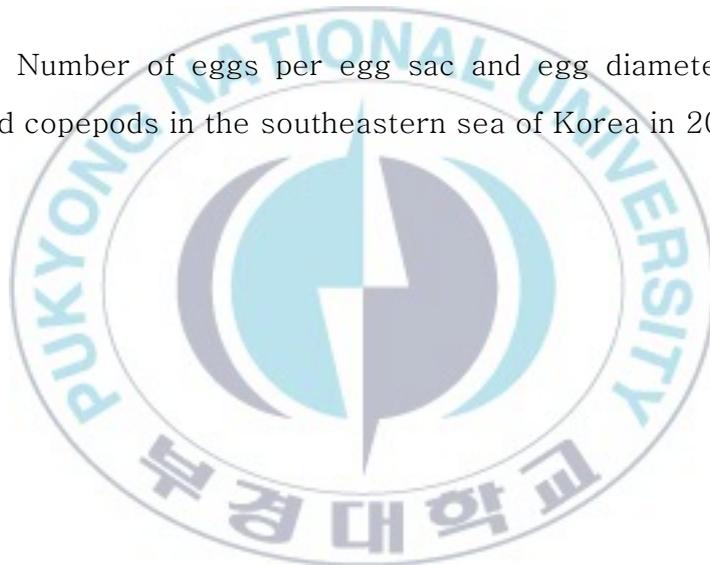
## List of Figures

<b>Fig. 1.</b> Zooplankton sampling locations in the southeastern sea of Korea in 2014 .....	6
<b>Fig. 2.</b> Monthly variations of surface temperature(●), bottom temperature(○), surface salinity(▲) and bottom salinity(△) in the southeastern sea of Korea in 2014 .....	9
<b>Fig. 3.</b> Temperature and salinity distributions by months (above) and sampling stations (below) in the southeastern sea of Korea in 2014. ....	10
<b>Fig. 4.</b> Monthly changes in the Chl- <i>a</i> concentrations at 0–1 m, 10–20 m and bottom waters in the southeastern sea of Korea in 2014 .....	11
<b>Fig. 5.</b> Composition of zooplankton group in the southeastern sea of Korea in 2014 .....	13
<b>Fig. 6.</b> Monthly density changes of euchaetid copepods in the southeastern sea of Korea in 2014 .....	14
<b>Fig. 7.</b> Monthly variations of euchaetid adults in the southeastern sea of Korea in 2014 .....	15
<b>Fig. 8.</b> Relationship between the euchaetid copepods density (inds. m <sup>-3</sup> ), surface temperature and salinity in the southeastern sea of	

Korea in 2014 .....	16
<b>Fig. 9.</b> Monthly variations in the species number and percentile of adult euchaetid copepods in the southeastern sea of Korea in 2014 .....	18
<b>Fig. 10.</b> Monthly changes of densities and developmental stages in euchaetid copepods in the southeastern sea of Korea in 2014 .....	21
<b>Fig. 11.</b> Monthly changes of densities and developmental stages of <i>Euchaeta plana</i> in the southeastern sea of Korea in 2014 .....	22
<b>Fig. 12.</b> Monthly changes of densities and developmental stages of <i>Paraeuchaeta russelli</i> in the southeastern sea of Korea in 2014 .....	23
<b>Fig. 13.</b> Sex ratio of adult euchaetid copepods .....	25
<b>Fig. 14.</b> Monthly variations of reproductive euchaetid female (Spermatophore attached or egg carrying female) in the southeastern sea of Korea in 2014 .....	26
<b>Fig. 15.</b> Monthly changes in the prosome length of <i>Euchaeta plana</i> female CIV to CVI in the southeastern sea of Korea in 2014 .....	28

## List of Tables

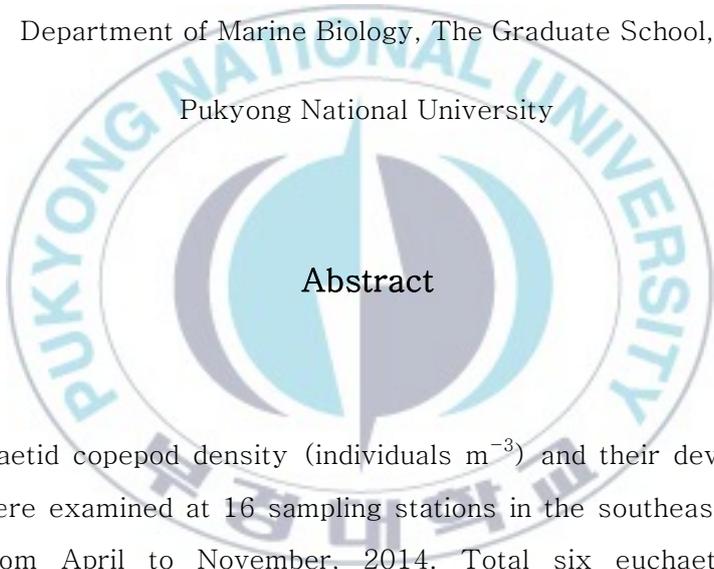
- Table 1.** Results of Spearman rank correlation analysis between total euchaetid density and temperature, salinity, Chl-*a* concentration in the southeastern sea of Korea, 2014 .....19
- Table 2.** Mean prosome length of six adult euchaetid copepods in the southeastern coastal sea of Korea in 2014 .....29
- Table 3.** Number of eggs per egg sac and egg diameter ( $\mu\text{m}$ ) of euchaetid copepods in the southeastern sea of Korea in 2014 .....30



Population ecology of euchaetid copepods (Copepoda:  
Calanoida) in the southeastern sea of Korea

Garam Kim

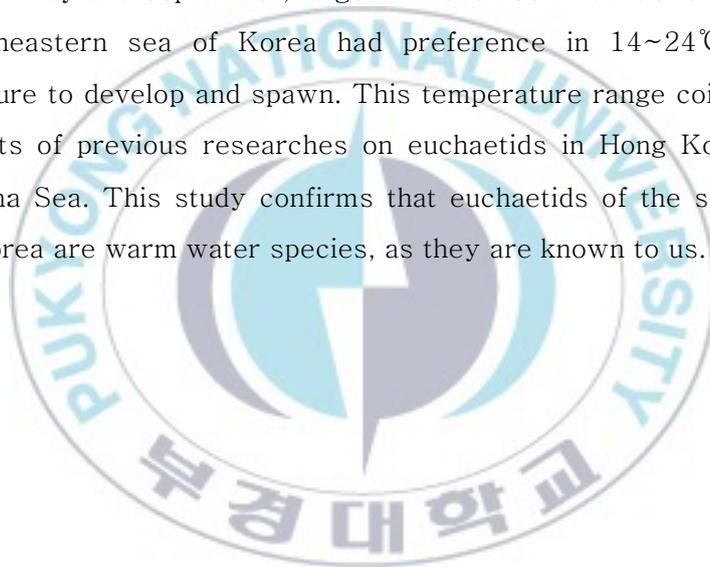
Department of Marine Biology, The Graduate School,  
Pukyong National University



Abstract

Euchaetid copepod density (individuals  $m^{-3}$ ) and their developmental stages were examined at 16 sampling stations in the southeastern sea of Korea from April to November, 2014. Total six euchaetid species appeared in the research area: *Euchaeta concinna*, *E. indica*, *E. longicornis*, *E. plana*, *E. rimana*, *Paraeuchaeta russelli*. Among euchaetid species, *E. plana* and *P. russelli* dominated throughout the year. They occupied more than 62% of total euchaetids. Monthly mean density of euchaetids ranged from about 2 to 44 inds.  $m^{-3}$ . Density of euchaetids was highest in November and lowest in April. Euchaetid density was positively correlated with surface water temperature and negatively related with bottom

temperature. Correlations between euchaetid density and salinity or Chl-*a* concentration were not significant. Copepodite II and III accounted for 58.7% of total densities. Adult euchaetid copepods occupied 25.6% in April and 12.8% in October. The density of reproductive female was high in August to November, which means euchaetid copepods had spawning peak in these periods. Monthly mean prosome length of female *E. plana* adults was  $2.15 \pm 0.23$  mm (n=50). The prosome length was smaller than average in May and September, larger in November. Euchaetid copepods in the southeastern sea of Korea had preference in 14~24°C of water temperature to develop and spawn. This temperature range coincides with the results of previous researches on euchaetids in Hong Kong and the East China Sea. This study confirms that euchaetids of the southeastern sea of Korea are warm water species, as they are known to us.



## I. 서론

해양에서 요각류는 중형동물플랑크톤 생체량의 최대 80%를 차지하며, 유영 먹이망의 하위와 상위 영양단계를 연결하는 중요한 역할을 한다(Jonasdottir et al., 1998). 요각류의 알과 초기 유생단계는 수온변화와 포식에 취약하므로 요각류의 알 생산과 부화, 가입과 사망은 환경변화에 좌우된다(Taylor, 1988). 따라서 요각류 개체군 변동은 환경요인에 의한 개체군의 개체수나 발생단계 구성의 변화라고 할 수 있다.

요각류 개체군의 밀도와 발생단계 구성은 수온, 염분과 같은 물리적 요인과 먹이조건, 포식, 경쟁과 같은 생물학적 요인에 영향을 받는다(Peterson and Kimmerer, 1994; Aksnes et al., 1997). 일반적으로 수온이 높아지면 개체의 성장과 생식이 빠르게 일어나며, 먹이가 풍부해지면 생산력이 커지고, 포식이나 경쟁이 증가하면 개체군의 밀도가 감소한다.

Euchaetidae 과에 속하는 요각류의 개체군 변동은 수온, 염분, 먹이 밀도에 영향을 받는다. Euchaetid 요각류는 극지와 열대를 포함한 전세계 해역에 분포하며(Bradford and Haakonssen, 1983), 한국 근해에서 보고된 8종은 대마난류가 확장하는 여름과 가을철 수온이 높고 염분이 낮을 때에 남해와 동해 남부에서 많이 출현한다(국립생물자원관, 2013). Euchaetid 요각류는 대부분 대형(2 mm 이상)이고 육식성으로 서식해역에 풍부한 소형 요각류를 섭식하므로, euchaetid 요각류 개체군의 변동은 유영생태계의 중형플랑크톤의 분포와 밀도에 큰 영향을 준다(Yen, 1983; Øresland, 1991).

Euchaetid 요각류의 밀도, 크기와 생식시기는 수온과 먹이밀도의

영향을 받는다. 동중국해에서 euchaetid 요각류는 수온이 높은 여름과 가을에 가장 높은 밀도를 보인다(Wong et al., 2012). Oyashio region 과 Southern East/Japan Sea에서 *Paraeuchaeta elongate* 개체군을 비교했을 때 상대적으로 낮은 수온에서 서식하는 개체의 크기가 더 크고, 생식시기는 수온이 낮은 해역에서 4개월정도 빠르게 시작된다(Ozaki and Ikeda, 1999).

연구해역인 동해 남부는 대마난류의 분지인 동한난류와 북한한류의 영향을 받는다. 이 해역은 비교적 고온 고염인 동한난류와 저온 저염인 북한한류 사이의 세력 균형에 의해 불규칙한 연안용승과 냉수대가 발생하면서 영양염이 공급되어 생산력이 높다(Kim and Kim, 1983; Lee, 1983; Park and Kim, 2010). 대한해협을 통한 수송량은 겨울철에 최소 이나 점차 증가하여 늦여름에서 초가을에 최대량이 나타난다(Egawa et al., 1993). 조사해역은 여러 해류가 만나고 연안용승이 일어나 계절변동이 큰 해역으로, 계절에 따른 수온, 염분, 일차생산, 동물플랑크톤 변화로 인해 euchaetid 요각류 개체군의 변동이 일어날 것으로 예상된다.

이 연구의 목적은 동해 남부 해역의 euchaetid 요각류 개체군 밀도와 구성 변동을 파악하여 euchaetid 요각류 개체군 생태를 이해하는 것이다. 특히, euchaetid 요각류 개체군의 월별 종 구성과 양적 변동을 조사하고, 월별 개체군 발생단계의 구성과 개체 크기 변화를 연구하고자 한다.

## II. 재료 및 방법

### 2.1 시료채집

한국 동해 남부 해역 16개 정점에서 2014년 4월부터 11월까지 매월 동물플랑크톤을 채집하였다(Fig. 1). 유량계가 부착된 망구 60 cm, 망목 333  $\mu\text{m}$ 의 봉고네트를 저층부터 표층까지 복경사 예인 하였고, 채집한 시료는 선상에서 4-5% 중성 포르말린으로 즉시 고정 후 실험실로 운반하여 분석하였다.

### 2.2 환경측정

동물플랑크톤 채집과 동일한 정점의 수온과 염분을 SBE 43(Sea-Bird Electronics 43)으로 측정하였다. 10월과 11월에는 CTD 기기이상으로 환경자료가 손실되어 국립해양조사원의 해양 관측자료를 사용하였으며, 저층 자료는 얻지 못하였다. Chlorophyll-*a* 농도 측정을 위해 동일한 조사정점에서 해수 1  $\ell$  를 채수하였다. 해수는 선상에서 GF/F 여과지(47 mm, Whatman glass fiber filters)로 여과하여 냉동 보관하였다. 냉동된 시료는 실험실로 운반하여 90% 아세톤 10ml 주입 후 24시간동안 냉암소에서 엽록소를 추출하였고, 형광광도계(Turner 10-AU)로 측정된 형광량을 Chl-*a* 값으로 환산하였다.

## 2.3 시료분석

Euchaetid 요각류의 밀도, 발생단계, 크기 분석을 위해 동물플랑크톤을 Motoda 분할기로 나누어 euchaetid 요각류 100개체 내외를 골라 내었고, 분할은 1/2 에서 1/512까지 다양하였다. 골라낸 euchaetid 요각류는 해부현미경(Wild M5)과 광학현미경(Wild M20)을 사용하여 종과 발생단계를 동정하였고, 구분은 문헌(Park, 1993; Conway, 2006; Ferrari and Dahms, 2007; Jeong et al., 2011)을 따랐다.

흉지의 개수에 따라 copepodite I-III기를 구분하였고, 수컷의 5흉지 발생여부와 암컷의 미절 분화 정도에 따라 IV기를 구분하였다. 수컷의 5흉지가 2마디 이상이고 암컷의 생식절이 발달중인 단계를 V단계로 구분하였고, 수컷 5흉지와 암컷 생식절이 완전히 성장한 단계를 성체로 보았다. 성체는 암컷의 경우 생식절과 2흉지의 형태로 종을 구분하였고, 수컷은 5흉지 왼쪽 외지 두 번째 마디의 형태로 종을 동정하였다.

동정 후에는 Bogorov 계수판을 사용하여 계수하고, 단위체적당 개체수(individuals  $m^{-3}$ )로 환산하였다. 개체의 크기는 두흉부 길이(Prosome length)를 실체현미경(Olympus SZX10)과 영상분석프로그램(Active Measure version 2.5.1)으로 측정하였다.

## 2.4 자료분석

조사기간 동안의 수온, 염분, Chl-a 농도와 같은 환경요인의 변동과 euchaetid 요각류 개체군 밀도 사이의 상관관계를 분석하기 위해

SPSS(Statistical Package for the Social Sciences, version 12.0)를 사용하여 순위 상관 분석(Spearman rank correlation analysis)을 시행하였다. 환경요인과 euchaetid 요각류 성체 두흉부 길이와의 상관관계도 순위 상관 분석을 하였다.



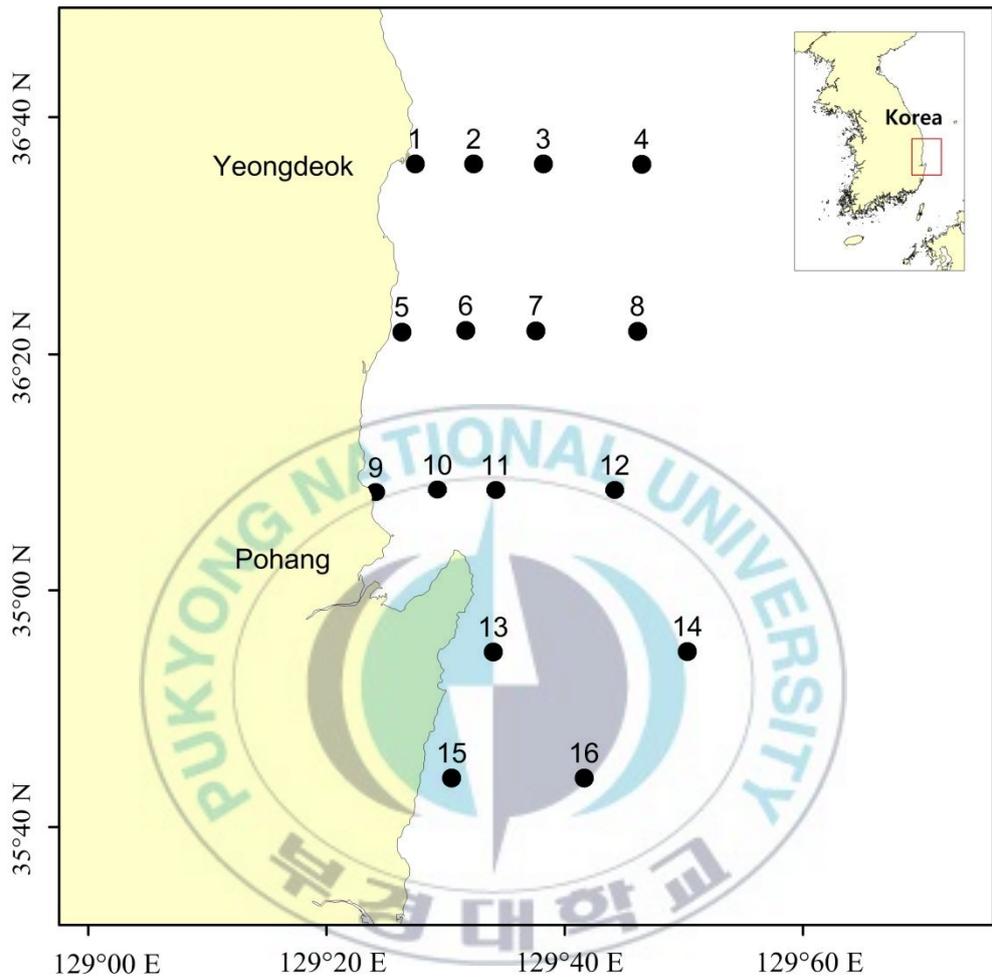


Fig. 1. Zooplankton sampling locations in the southeastern sea of Korea in 2014.

### Ⅲ. 결과

#### 3.1 환경요인

##### 3.1.1 수온과 염분

수온과 염분은 표층과 저층으로 나누어 표층은 수심 10 m의 수층을, 저층은 정점별 최저 수심으로 평균값을 나타내었다(Fig. 2, Fig. 3).

월별 수온은 표층에서 13.7~23℃의 범위로, 4월에 수온이 가장 낮았고, 9월에 가장 높았다. 저층수온은 3.1~13.6℃의 범위로, 5월에 최저와 7월에 최고 수온이었다. 표층과 저층의 평균 수온 차이는 평균 12.1℃로, 7월에 가장 작은 5.5℃ 수온 차이가, 9월에 가장 큰 18.6℃의 수온 차이가 있었다. 월별 염분은 표층과 저층에서 각각 32.4~34.4와 33.2~34.1의 범위였다. 표층과 저층 모두 8월에 최저 염분과 4월에 최고 염분이 나타났고, 표층보다 저층의 염분이 평균 약 0.3 높게 나타났다. 4월부터 6월까지 저층보다 표층의 염분이 높았으나, 7월부터 11월에는 저층의 염분이 높았다. 표층과 저층의 염분차이는 11월에 약 0.04로 가장 작았고, 9월에 0.95로 가장 컸다.

정점별 수온 염분을 보면 평균 표층수온은 정점 14에서 최고수온 22.3℃가, 저층은 정점 9에서 11.3℃의 최고수온이 나타났다. 표층과 저층염분은 각각 정점 3에서 34.3 정점 15에서 34.2로 가장 높게 나타났다. 표층과 저층의 수온 차이는 정점 14에서 21.7℃로 가장 컸고, 정점 9에서 5.6℃로 가장 작았다. 정점별 표층과 저층의 염분 차이는 0.0008~0.8의 범위로, 정점 7에서 최소, 정점 13에서 최대였다. 내만에

위치한 정점에서는 표층과 저층의 수온차가 작고 염분차가 컸으며, 외해 정점에서는 표저층 간의 수온차가 크고, 염분차가 작았다.

### 3.1.2 Chlorophyll-*a*

Chl-*a* 월별 농도 변동은 1 m 내외의 최표층, 10-20 m 표층, 정점별 최저층으로 나누어 평균값을 나타내었다(Fig. 4). 수심을 종합해보면 Chl-*a* 농도는 5월에 평균  $1.87 \mu\text{g L}^{-1}$ 로 가장 높았고, 7월이 다음으로 높았으며, 6월에  $0.35 \mu\text{g L}^{-1}$ 로 가장 낮았다. 최표층의 Chl-*a* 농도는 5월에  $3.42 \mu\text{g L}^{-1}$ 로 가장 높았고, 6월에 급감하여 최저인  $0.24 \mu\text{g L}^{-1}$ 였으며, 이후 다시 8월까지 증가하였다. 표층 10-20 m에서는 Chl-*a* 농도가 6월에  $0.61 \mu\text{g L}^{-1}$ 로 가장 낮았고, 7월에  $2.91 \mu\text{g L}^{-1}$ 로 최고치였으며, 이후 8월부터 감소하였다. 저층의 Chl-*a* 농도는 7월에 최고인  $0.75 \mu\text{g L}^{-1}$ 였고, 이후 감소하다 11월에 가장 낮은  $0.1 \mu\text{g L}^{-1}$ 를 보이고, 다시 4월에 비교적 높은  $0.5 \mu\text{g L}^{-1}$ 였다. 표층과 저층의 Chl-*a* 농도 차이는 7월에  $2.2 \mu\text{g L}^{-1}$ 로 가장 컸고, 6월에  $0.4 \mu\text{g L}^{-1}$ 로 가장 작았다.

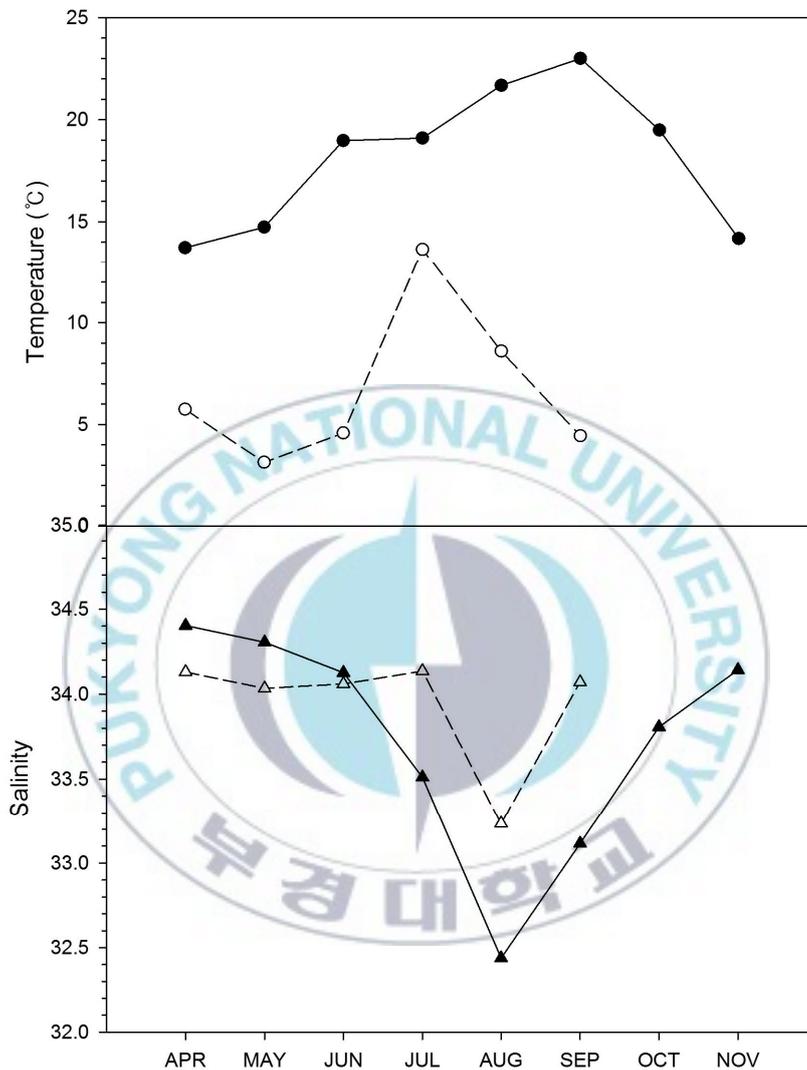


Fig. 2. Monthly variations of surface temperature(●), bottom temperature(○), surface salinity(▲) and bottom salinity(△) in the southeastern sea of Korea in 2014. Temperatures and salinities were measured using CTD and averaged by month.

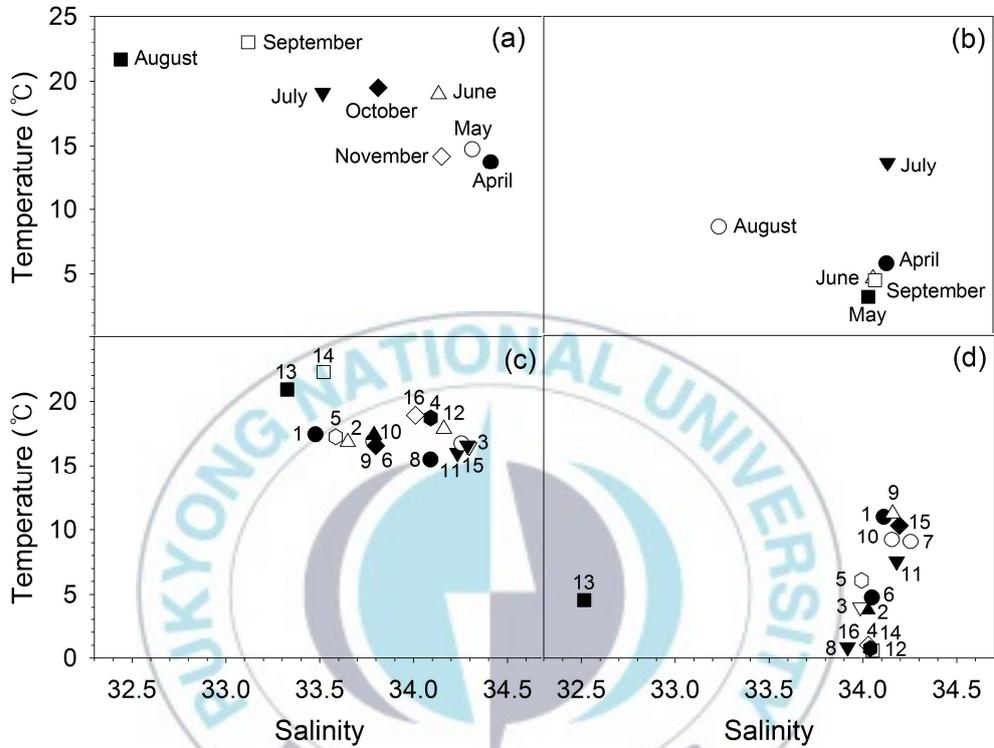


Fig. 3. Temperature and salinity distributions by months (above) and sampling stations (below) in the southeastern sea of Korea in 2014. (a), (c) surface water (b), (d) bottom water. Temperatures and salinities were measured using CTD and averaged by month or stations.

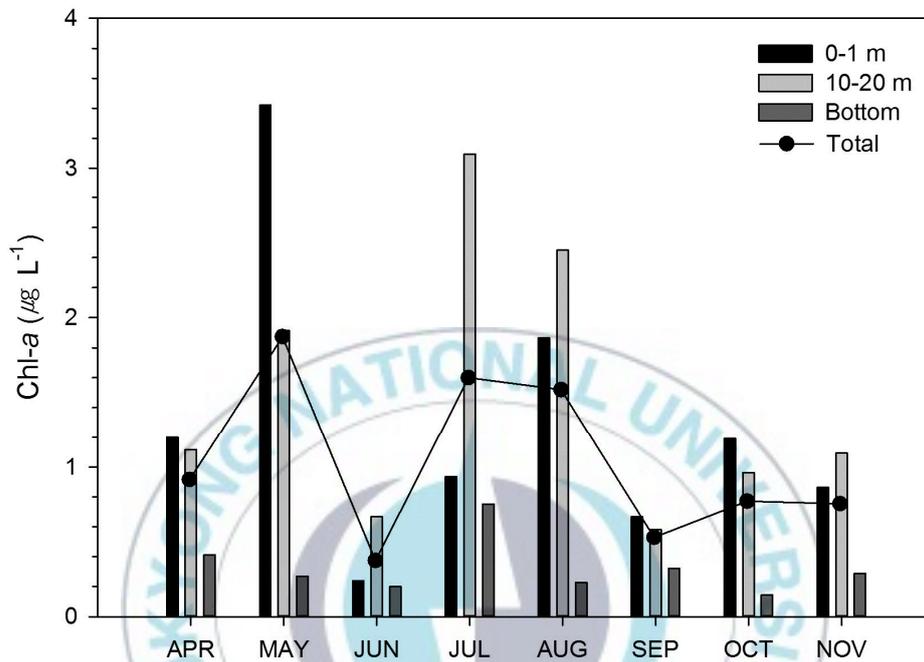


Fig. 4. Monthly changes in the Chl-a concentrations at 0–1 m, 10–20m, bottom and averaged depth (solid line) in the southeastern sea of Korea in 2014.

## 3.2 Euchaetid 요각류 개체군 밀도

### 3.2.1 개체군 밀도 변화

동해 남부 연구해역에서 조사기간 동안 euchaetid 요각류는 전체 동물플랑크톤 개체수의 2.8%, 요각류 개체수의 5.1%를 차지하였다(Fig. 5). Euchaetid 요각류는 총 6종 (*Euchaeta concinna*, *E. indica*, *E. longicornis*, *E. plana*, *E. rimana*, *Paraeuchaeta russelli*) 이 출현하였다.

Copepodite를 포함한 전 단계 euchaetid 요각류의 월 평균 개체군 밀도는 4월에 가장 낮고, 11월에 가장 높았다(Fig. 6). 4월에 약 2 inds.  $m^{-3}$ 로 낮았던 개체군 평균 밀도는 5월에 급증하여 약 33 inds.  $m^{-3}$ 였고, 6월에 급감하였다. 이후 증가추세로 11월에 조사기간 중 가장 높은 약 44 inds.  $m^{-3}$  이 나타났다. Euchaetid 요각류의 개체수는 봄과 가을에 많은 경향을 보였다.

Euchaetid 요각류의 성체의 출현시기는 종별로 차이가 있었다(Fig. 7). *E. concinna* 성체는 7월에 소폭 증가하였고, 11월에 가장 많이 출현하였다. *E. indica* 성체는 8월에 높은 밀도로 출현하였다가, 9월에 급감하였다. *E. longicornis* 성체는 4월, 10월, 11월에만 적은 개체가 출현했으며, *E. rimana*의 성체는 8월, 10월, 11월에 출현하였다. *E. plana* 성체는 연중 출현하였으며, 4월에 특히 밀도가 높았다. *P. russelli*도 연중 출현하며 증감을 반복하다 11월에 비교적 많이 출현하였다.

수온, 염분, 개체군 밀도를 종합적으로 보면(Fig. 8), 수온 14–15°C, 염분 약 34.3에서 가장 높은 euchaetid 요각류의 밀도가 나타났다.

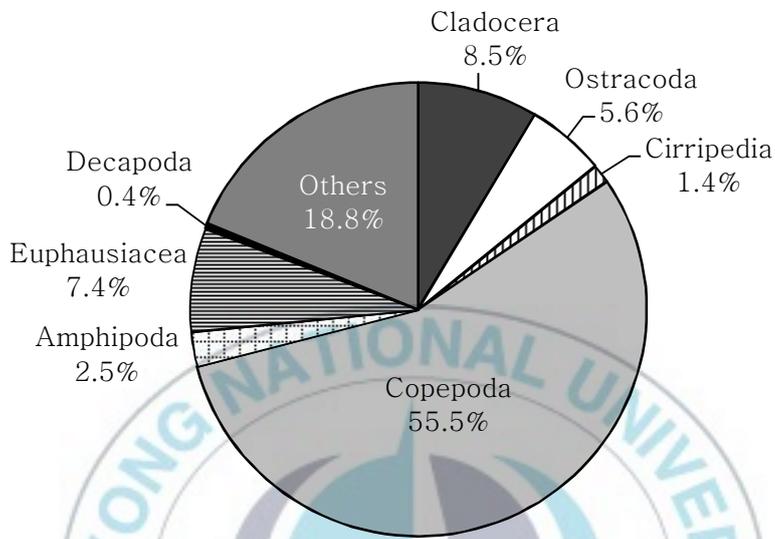


Fig. 5. Composition of zooplankton group in the southeastern sea of Korea in 2014.

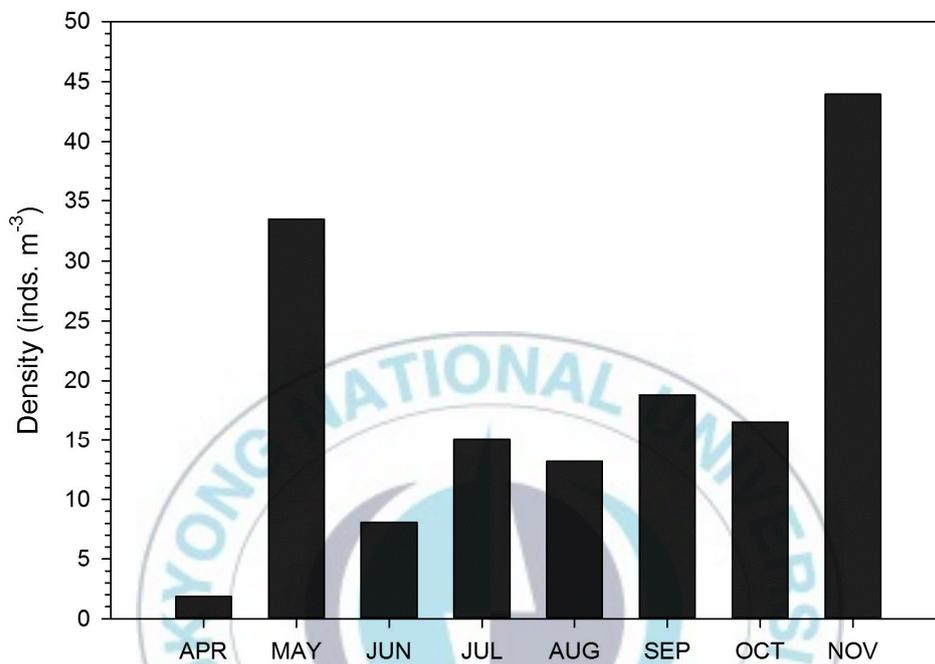


Fig. 6. Monthly density changes of euchaetid copepods in the southeastern sea of Korea in 2014. The number of euchaetid individuals was divided by flow rate and averaged by month.

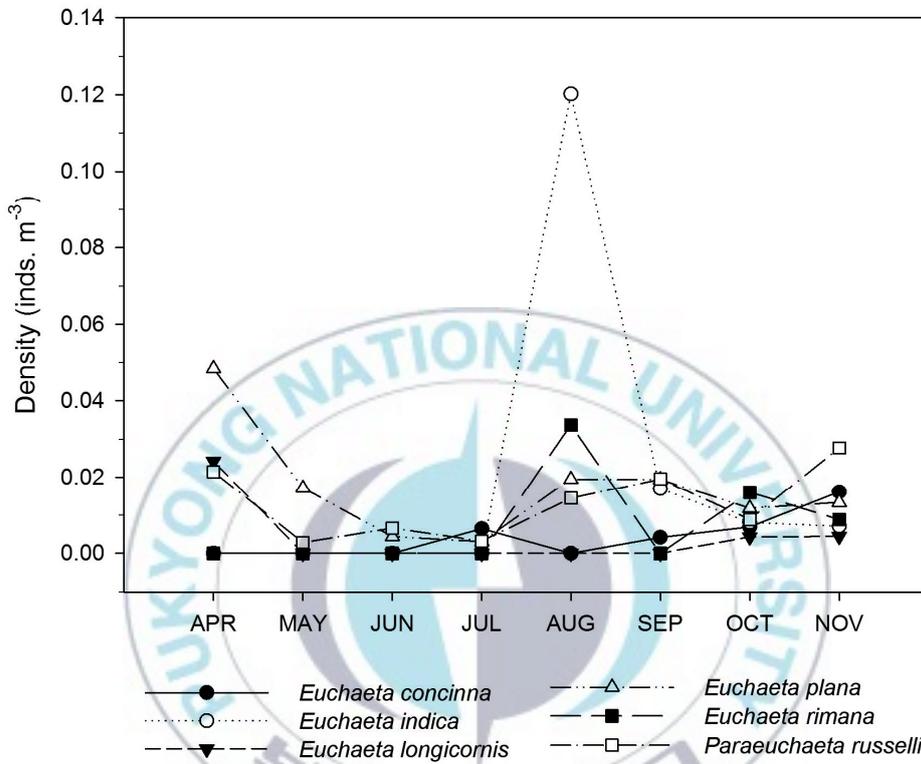


Fig. 7. Monthly variations of euchaetid adults in the southeastern sea of Korea in 2014. Each symbols represent different species.

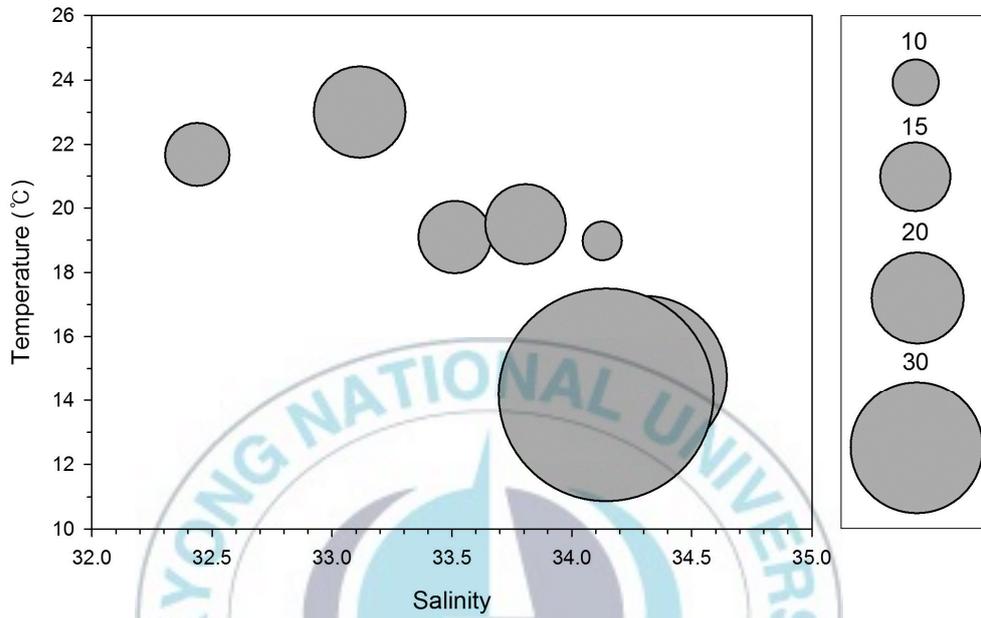


Fig. 8. Relationship between the euchaetid copepods density (inds. m<sup>-3</sup>), surface temperature and salinity in the southeastern sea of Korea in 2014. The size of circles represents density of copepods.

### 3.2.2 출현 종 수 및 조성

Euchaetid 요각류 성체는 10월과 11월에 가장 많은 6종이 출현했고, 5월과 6월에 가장 적은 2종이 출현하였다(Fig. 9). *E. plana*는 조사 전 기간 전체 개체수의 평균 35.3%를 차지하였고, 5월에 85.9%로 가장 많았다. *P. russelli*는 전체의 평균 26.7%를 차지했으며, 6월에 60.1%로 높은 비율을 차지하였다. 두 종은 조사 전 기간에 출현하였고 전체 개체수의 62%로 많은 비중을 차지하였다. *E. concinna*는 7월에 50.7%로 우점하였으며, *E. indica*는 8월에 64%를 차지하였다. *E. longicornis*는 4월에 25.8%, *E. rimana*는 10월에 28.6%로 비교적 많은 비율을 차지하였다. *E. plana*와 *P. russelli*가 우점하는 4~6월에 비하여 10월과 11월에는 다양한 종이 일정한 비율을 나누어 차지하였다.

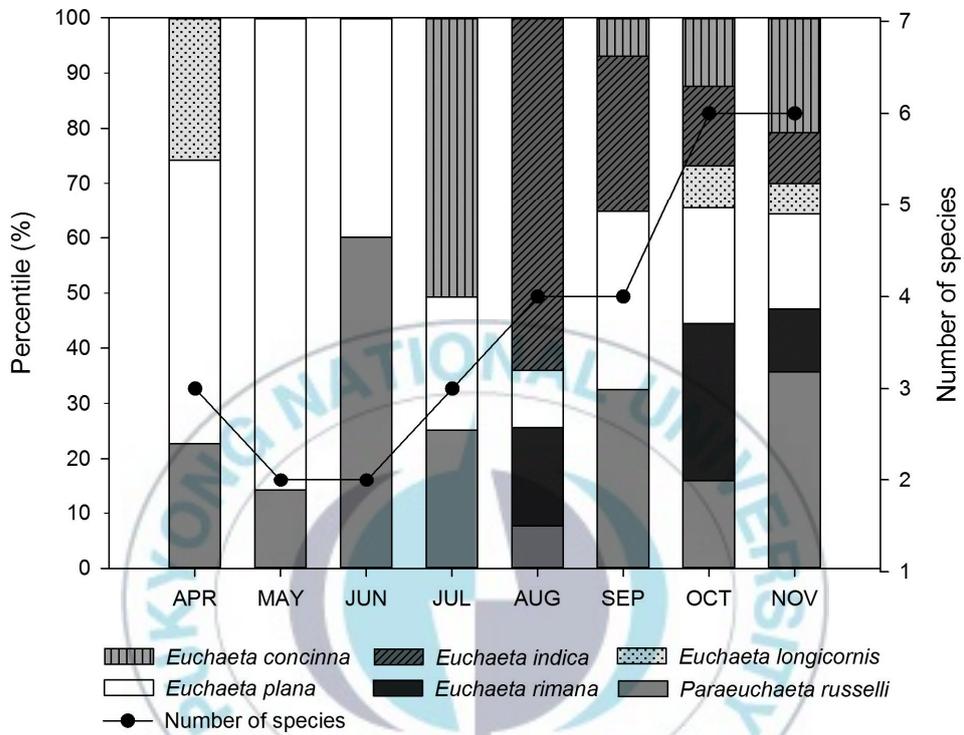


Fig. 9. Monthly variations in the species number and percentile of adult euchaetid copepods in the southeastern sea of Korea in 2014.

### 3.2.3 환경요인과 밀도의 관계

동해 남부 연구해역에서 수온, 염분, Chl-*a* 농도와 같은 환경요인과 euchaetid 요각류의 밀도의 관계를 분석하였다. 그 결과 수온과 euchaetid 요각류 전 단계의 밀도에는 상관관계가 있었으나, 염분, Chl-*a* 농도와 밀도 간에는 상관관계가 나타나지 않았다.

수온과 밀도의 관계는 표층과 저층 수온으로 나누어 분석하였다 (Table 1). 표층수온과 Euchaetid 요각류 밀도 간에는 유의한 양의 상관관계가 있었고 ( $r = 0.734, P < 0.01$ ), 저층수온과 밀도 간에는 유의한 음의 상관관계가 있었다 ( $r = -0.565, P < 0.01$ ).

Table 1. Results of Spearman rank correlation analysis between total euchaetid density and temperature, salinity, Chl-*a* concentration in the southeastern sea of Korea, 2014

Parameters	Total density (inds. m <sup>-3</sup> )	
	<i>r</i>	<i>P</i>
Surface temperature	0.734	<0.001
Bottom temperature	-0.565	0.005
Surface salinity	-0.190	0.386
Bottom salinity	-0.311	0.148
Mean Chl- <i>a</i> concentration	0.116	0.599

### 3.3 Euchaetid 요각류 개체군 구성

#### 3.3.1 발달단계별 밀도 및 구성비

조사기간 동안 모든 발달단계가 출현했으며, copepodite II기와 III기가 매월 많은 비중을 차지하였다(Fig. 10). Copepodite I기는 10월에 약 8 inds.  $m^{-3}$ 로 많이 출현하였고, Copepodite II기, III기는 5월에 각각 약 17 과 11 inds.  $m^{-3}$ 로 우점하였다. Copepodite IV기와 V기는 11월에 각각 약 6 과 7 inds.  $m^{-3}$ 로 많이 출현하였다. 성체 또한 11월에 약 5 inds.  $m^{-3}$ 로 많이 출현하였다.

종합해보면 4월에는 copepodite 전 단계의 비율이 비슷하고, 5월에는 copepodite II-III기가 많이 출현한다. 6월에는 copepodite II-V기의 비율이 크게 차이나지 않으며, 7월에 다시 낮은 발생단계의 비중이 커진다. 8월부터 11월까지 점차 높은 발생단계가 증가하며, 11월에는 성체가 많이 출현한다.

조사기간 중 계속 높은 밀도로 출현한 두 종 *Euchaeta plana*와 *Paraeuchaeta russelli*의 copepodite IV-VI기의 월별 단계구성비를 별도로 분석하였다(Fig.11, 12). *E. plana*는 4월과 8월에 후기 발생단계가 많이 출현하였으며, 특히 4월에 성체의 비중이 높았다(Fig. 11). *P. russelli*는 6월, 9월, 11월에 후기 발생단계의 출현량이 많았으며, 4월, 9월, 11월에 성체의 비중이 높았다(Fig. 12).

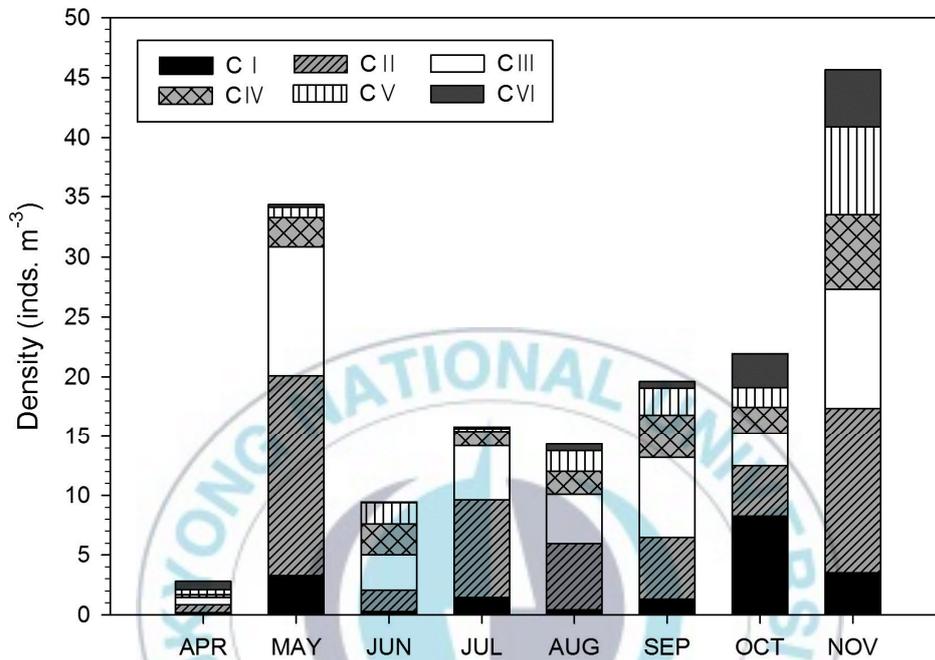


Fig. 10. Monthly changes of densities and developmental stages in euchaetid copepods in the southeastern sea of Korea in 2014.

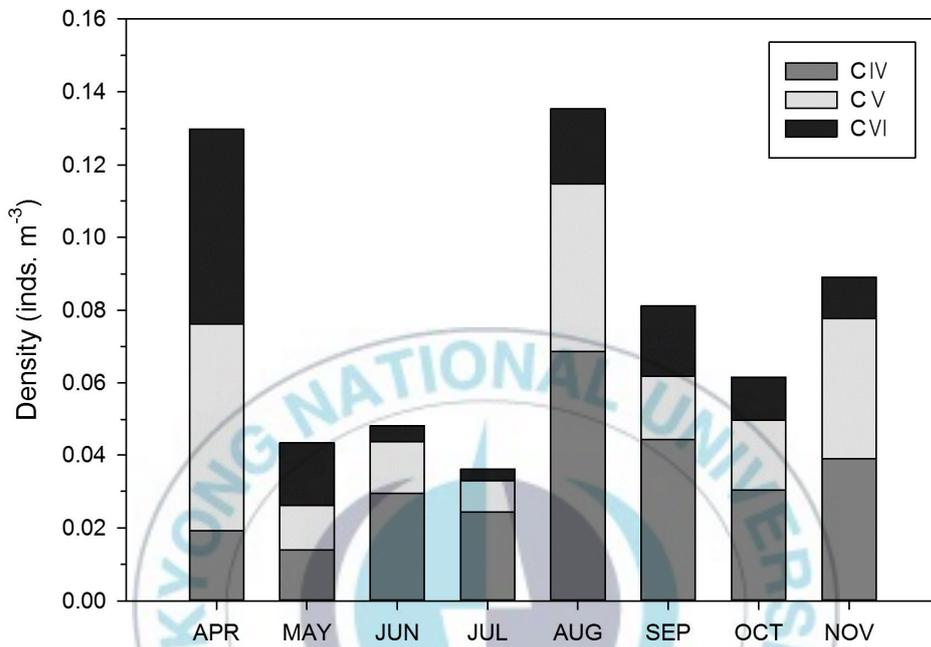


Fig. 11. Monthly changes of densities and developmental stages of *Euchaeta plana* in the southeastern sea of Korea in 2014.

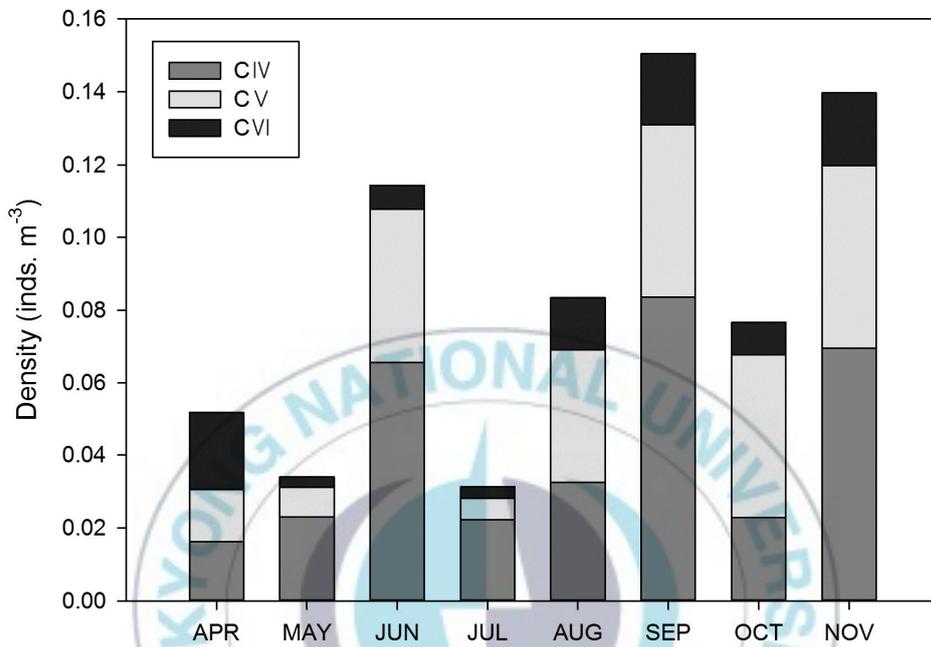


Fig. 12. Monthly changes of densities and developmental stages of *Paraeuchaeta russelli* in the southeastern sea of Korea in 2014.

### 3.3.2 성비 및 생식

Euchaetid 요각류 성체의 성비는 암컷과 수컷, 난포(Egg sac) 또는 정포(Spermatophore)를 부착하여 생식 중인 암컷으로 나누어 분석하였다.

월별 성비 변화를 보면 5월과 6월에는 암컷이 53-56%로 암수성비가 비슷했고, 나머지 달에는 암컷이 75.8% 이상으로 비율이 높았다. 생식 중인 암컷은 전 조사기간에 25.5% 이상을 차지했으며, 10월에는 성체의 56.7%가 생식 중인 암컷이었다(Fig. 13).

생식 중인 암컷은 4월에 많이 나타났고, 5월에서 7월까지 적게 출현하다가 8월부터 11월에 많이 출현하였다(Fig. 14). 종별로는 *E. concinna*의 생식 중인 암컷이 7월과 11월에 많이 나타났고, *E. indica*는 8월에 많이 출현하였다. *E. plana*는 4월과 8~10월에, *E. rimana*는 8월과 10월에, *P. russelli*는 9월과 11월에 높은 밀도로 출현하였다.

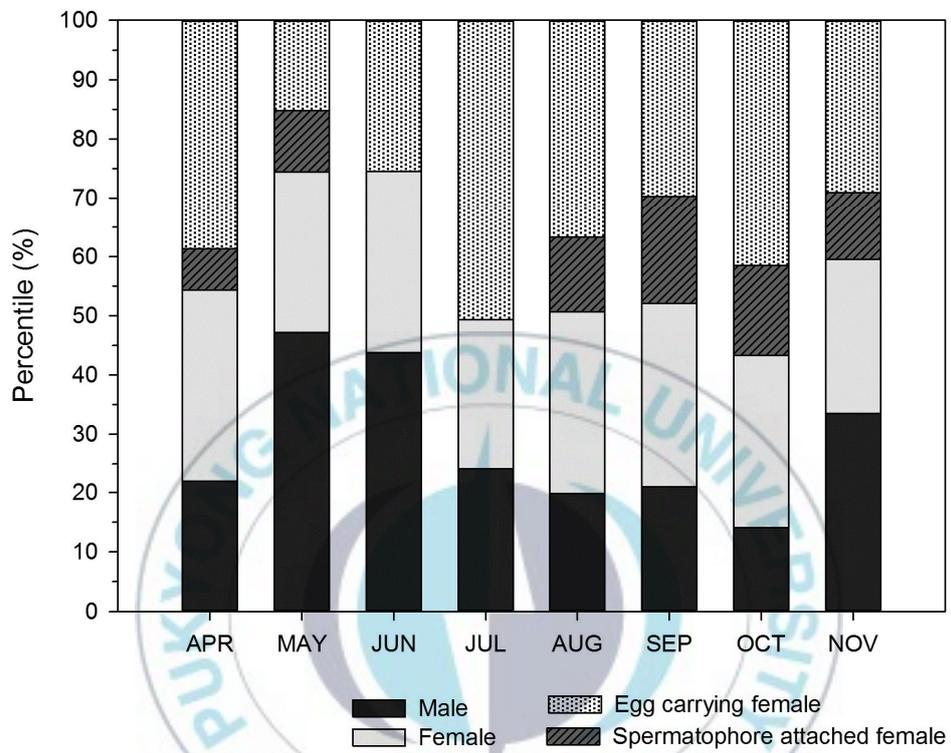


Fig. 13. Sex ratio of adult euchaetid copepods.

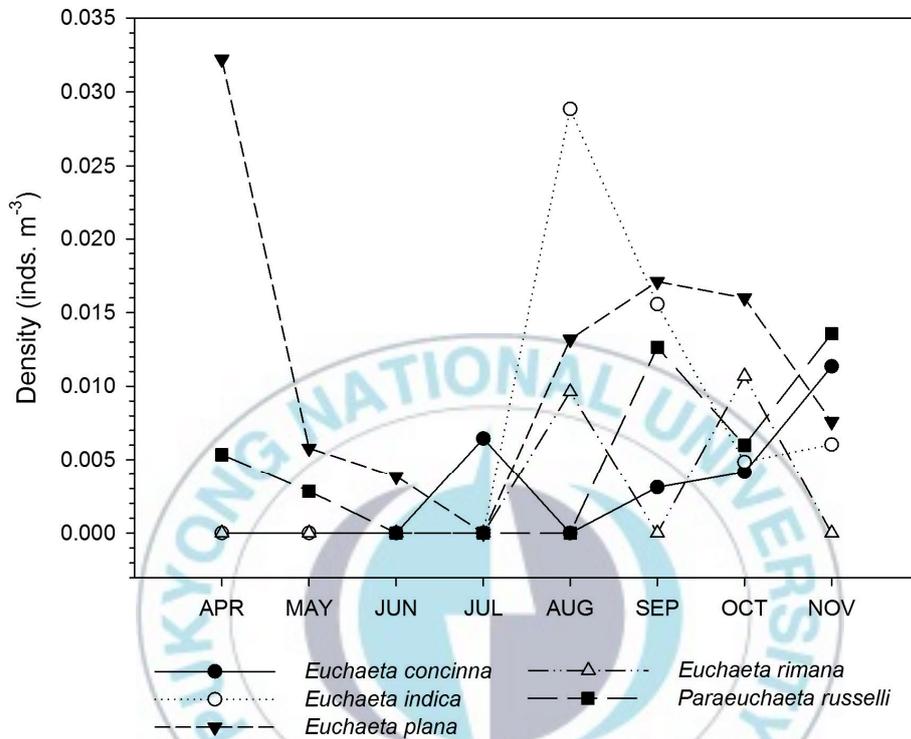


Fig. 14. Monthly variations of reproductive euchaetid female (Spermatophore attached or egg carrying female) in the southeastern sea of Korea in 2014. Reproductive female of *E. longicornis* was not found during the research period.

### 3.3.3 발생단계별 크기 변화

조사 전체 기간 동안 우점하였던 *Euchaeta plana*의 copepodite IV기 이상에서 두흉부 길이는 copepodite IV기에서 평균  $1.38 \pm 0.11$  mm ( $n=146$ ), copepodite V기에서 평균  $1.75 \pm 0.11$  mm ( $n=81$ ), 성체에서  $2.15 \pm 0.23$  mm ( $n=50$ ) 였다(Fig. 15). Copepodite IV기의 두흉부 길이는 9월에 평균보다 0.09 mm 작았으며, copepodite V기는 5~8월에 평균보다 작고, 9~11월에 평균보다 컸다. 성체의 경우 5월, 9월에 평균보다 각각 약 0.2, 0.17 mm 작았으며, 11월에는 평균보다 0.25 mm 컸다. Euchaetid 요각류 성체의 두흉부 길이와 수온, 염분, Chl-*a* 농도의 순위 상관 분석 결과 상관관계를 발견할 수 없었다.

연구해역인 동해 남부에서 출현한 총 6종의 euchaetid 요각류의 두흉부 길이는 암컷이 더 컸다(Table 2). *E. indica*와 *E. longicornis*는 크기가 비교적 작아 두흉부 길이가 2 mm를 넘지 않았다.

난포를 가진 euchaetid 요각류 암컷 중에서 표본 수가 적은 *E. longicornis*를 제외한 종들의 난포 하나당 알의 개수는 9개에서 19개의 범위이며, 크기는 218–259  $\mu$ m 의 범위이다(Table 3). *E. indica*는 다른 종들과 비교하여 난포 하나에 적은 수의 알을 가지며, *E. rimana*는 하나의 난포에 상대적으로 크기가 작은 알들을 많이 가졌다.

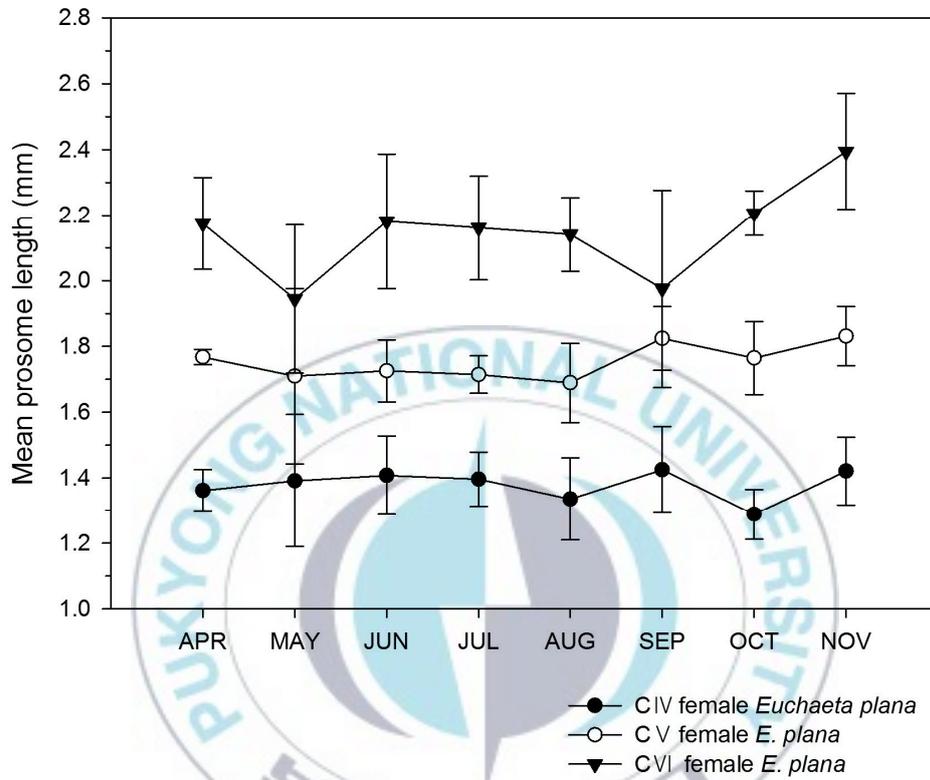


Fig. 15. Monthly changes in the prosome length of *Euchaeta plana* female C IV to C VI in the southeastern sea of Korea in 2014.

Table 2. Mean prosome length of adult euchaetid copepods (*n*) in the southeastern coastal sea of Korea in 2014

Prosome length (mm)				
Species	Female	<i>n</i>	Male	<i>n</i>
<i>Euchaeta concinna</i>	2.22±0.15	14	2.10±0.06	4
<i>Euchaeta indica</i>	1.79±0.13	34	1.71±0.10	10
<i>Euchaeta longicornis</i>	1.87±0.06	4	2.03	1
<i>Euchaeta plana</i>	2.15±0.23	50	2.00±0.17	22
<i>Euchaeta rimana</i>	2.36±0.16	14	2.39±0.14	3
<i>Paraeuchaeta russelli</i>	2.60±0.23	35	2.41±0.10	19

Table 3. Number of eggs per egg sac and egg diameter ( $\mu\text{m}$ ) of euchaetid copepods in the southeastern sea of Korea in 2014

Species	Brood size		Egg dm ( $\mu\text{m}$ )
	Range	Mean	Mean
<i>Euchaeta concinna</i>	10–24	16 $\pm$ 5	223 $\pm$ 14
<i>Euchaeta indica</i>	6–16	9 $\pm$ 3	224 $\pm$ 34
<i>Euchaeta plana</i>	7–24	16 $\pm$ 5	239 $\pm$ 25
<i>Euchaeta rimana</i>	18–19	19 $\pm$ 1	218 $\pm$ 4
<i>Paraeuchaeta russelli</i>	9–23	16 $\pm$ 4	259 $\pm$ 12



## IV. 고찰

요각류의 분포와 밀도는 수온과 염분의 영향을 받으며, 동일한 환경 조건에 대해서 요각류의 생태학적 특성에 따라 종별로 다른 분포와 밀도 변동을 보인다(Boucher et al., 1987). Euchaetid 요각류는 열대부터 극지방까지 전세계 해역에 분포하는데, 한국 근해에 출현하는 종들은 대마난류가 확장하는 여름과 가을에 주로 출현하는 난류 외양성 종들이다(Kang, 1992). 부산항에서 *Euchaeta plana*와 *Paraeuchaeta russelli*는 가을철 표층수온이 20℃ 내외일 때에만 나타났다(Hong et al., 1994). 한국 근해보다 온난한 홍콩과 동중국해의 경우 수온이 낮아지는 겨울에만 euchaetid 요각류가 출현한다. 홍콩 근해에서 *Euchaeta concinna*는 수온이 16~24℃일 때에만 나타났고, 약 17℃에서 가장 높은 밀도로 출현하였다(Wong et al., 2012). 동중국해에서 *Euchaeta plana*의 밀도는 수온 17.8℃에서 최고였다(Xu et al., 2013). 동해 남부의 조사기간 중 수온은 14~23℃로, 이전 연구에서 euchaetid 요각류가 출현하였던 수온 범위와 비슷하였다. 따라서 한국 근해의 euchaetid 종들은 수온이 14~24℃일 때 주로 출현하는 것으로 보인다. 다만, 동해 남부는 홍콩 근해나 동중국해보다 평균 수온이 낮아 위 해역들보다 낮은 14℃ 내외의 수온에서 가장 높은 euchaetid 요각류 밀도가 나타났다.

Euchaetid 요각류는 연중 산란하여 세대구분이 어려우므로, 난포나 정포가 붙어있는 암컷의 비율로 주요 산란시기(Spawning peak)를 유추한다(Mauchline, 1994). 일본의 Oyashio region의 수온은 2~15℃의 범위이며, 5월에 식물플랑크톤 대번식이 일어난다. 이 해역에서 *Paraeuchaeta elongata*는 6월~9월에 수온이 11~15℃로 연중 최고일

때 주요 산란시기를 갖는다(Yamaguchi and Ikeda, 2001). 동해 중부의 일본 Sado Island 근해는 수온이 10~28℃ 범위이며, 5월에 식물플랑크톤 대번식이 일어난다(Takahashi and Uchiyama, 2007). 이 해역에서 *P. elongata*는 수온이 20~28℃로 연중 가장 높은 8월~10월에 주요 산란시기를 갖는다(Morioka, 1975). 동해 남부에서도 수온이 가장 높은 8월~10월에 euchaetid 요각류의 생식중인 암컷이 많이 출현하였다. 서식지에 따라 euchaetid 요각류의 산란 시기는 차이가 있으나, 공통적으로 식물플랑크톤 대번식이 지난 후 연중 수온이 가장 높은 시기에 산란을 하는 것으로 추정된다. 동해 남부에서 11월에 수온이 급감하는 시기에 *Euchaeta plana*, *E. rimana*, *E. indica*는 생식중인 암컷의 수가 감소하였으나, *E. concinna*와 *Paraeuchaeta russelli*는 약간의 증가를 보여, 종별로 수온에 대응하는 산란시기에 차이가 있음을 알 수 있었다. 그 중 *E. plana*의 생식중인 암컷은 8월~10월 뿐 아니라 4월에도 높은 밀도로 출현한 것으로 보아, 1년에 2회의 주요 산란시기를 가질 수도 있다.

일반적으로 요각류의 크기는 온도가 상승하면 작아지며, 먹이 농도가 증가하면 커진다(Breteler and Gonzalez, 1988). 자연환경에서 수온이 일정하거나 먹이 농도가 충분한 경우는 드물기 때문에, 온도와 먹이 농도가 함께 요각류의 크기에 영향을 끼치게 된다. 육식성인 euchaetid 요각류의 주요 먹이는 소형 요각류인데, 움직임의 감지가 어려운 Cyclopoid 요각류 보다는 *Acrocalanus*, *Paracalanus*와 같은 Calanoid 요각류를 선호한다(Wong et al., 2012). 동해 남부에서 *Paracalanus parvus*는 연중 높은 밀도로 출현하며, 11월에 1326 inds. m<sup>-3</sup>로 가장 많이 출현하고 나머지 계절에는 밀도가 약 반으로 줄어든다(해양수산부, 2013). 동해 남부에서 *Paracalanus*는 연중 밀도가 높아, euchaetid 요

각류의 주요 먹이일 것으로 추정된다. *Paracalanus*의 밀도가 최대였던 11월에 *Euchaeta plana* 성체의 두흉부 길이가 평균보다 약 0.2 mm 더 컸다. 11월과 수온이 비슷하였으나 *Paracalanus*의 밀도가 낮았던 5월에는 *E. plana*의 크기가 평균보다 약 0.2 mm 작았던 것을 고려하면, *E. plana*의 크기는 수온보다는 먹이 농도의 영향을 크게 받은 것으로 보인다.

이 연구는 동해 남부에 출현하는 euchaetid 요각류가 알려진 바와 같이 난류종임을 확인하였고, euchaetid 요각류의 출현양상과 산란시기를 파악하였다. 후에 추가적으로 겨울철 euchaetid 개체군 변동을 조사하면 euchaetid 요각류 생활사에 대한 더 정확한 이해가 가능할 것이다. 이번 연구에 의하면 한국 근해에 출현하는 6종의 euchaetid 요각류는 종별로 발달 과정과 산란 시기에 적지 않은 차이가 있었다. 추후 실험실 배양이나 유전적 분석 등의 방법으로 copepodite III기 이하의 종 동정을 실시한다면, 종별 생활사를 세부적으로 이해할 수 있을 것으로 기대한다.

## V. 참고문헌

- 국립생물자원관. 2013. 한국의 무척추동물: 해산 부유성 요각류 II, 제 21권 28호.
- 해양수산부. 2013. 해양생태계 기본조사 동해 남부해역 기장 35.5N° ~ 영덕 36.5N. 해양환경관리공단, 11-1192000-000002-10, 211 p.
- Aksnes, D. L., Miller, C. B., Ohman, M. D., and Wood, S. N. 1997. Estimation techniques used in studies of copepod population dynamics—a review of underlying assumptions. *Sarsia*, 82: 279–296.
- Boucher, J., Ibanez, F., and Prieur, L. 1987. Daily and seasonal variations in the spatial distribution of zooplankton populations in relation to the physical structure in the Ligurian Sea. *Front. Journal of Marine Research*, 45: 133–173.
- Bradford, J. M., and Haakonssen, L. J. 1983. The marine fauna of New Zealand: Pelagic calanoid copepods: Families Euchaetidae, Phaennidae, Scolecithricidae, Diaxidae, and Tharybidae. *New Zealand Oceanographic Institute Memoir*, 90: 1–150.
- Breteler, W. C. M. K., and Gonzalez, S. R. 1988. Influence of temperature and food concentration on body size, weight and lipid content of two calanoid copepod species. *Hydrobiologia*, 167: 201–210.
- Conway, D. V. P. 2006. Identification of the copepodite developmental stages of twenty–six North Atlantic copepods. *Occasional Publications. Marine Biological Association of the United Kingdom*, 21: 27.

- Egawa, T., Nagata, Y., and Sato, S. 1993. Seasonal variation of the current in the Tsushima Strait deduced from ADCP data of ship-of-opportunity. *Journal of Oceanography*, 49: 39–50.
- Ferrari, F. D., and Dahms, H. U. 2007. Post-embryonic development of the Copepoda, Brill.
- Hong, S. Y., Ma, C. W., and Kang, Y. S. 1994. Distribution of copepod indicator species and zooplankton communities in Pusan Harbor. *The Journal of the Korean Society of Oceanography*, 29: 132–144.
- Jeong, M. K., Suh, H. L., and Soh, H. Y. 2011. Taxonomy and zoogeography of euchaetid copepods (Calanoida, Clausocalanoidea) from Korean waters, with notes on their female genital structure. *Ocean Science Journal*, 46: 117–132.
- Jonasdottir, S., Kiørboe, T., Tang, K. W., St. John, M., Visser, A., Saiz, E., and Dam, H. G. 1998. Role of diatoms in copepod production: good, harmless or toxic? *Marine Ecology Progress Series*, 172: 305–308.
- Kang, Y. S. 1992. Systematics and distribution of the oceanic warm water calanoid copepods in the Korean waters. Ph. D. Thesis, National Fisheries University of Pusan.
- Kim, C. H., and Kim, K. 1983. Characteristics and origin of the cold water mass along the east coast of Korea. *Journal of the Oceanological Society of Korea*, 18: 73–83.
- Lee, J. C. 1983. Variations of sea level and sea surface temperature associated with wind-induced upwelling in the southeast coast of Korea in summer. *Journal of the Oceanological Society of Korea*, 18: 149–160.

- Mauchline, J. 1994. Seasonal variation in some population parameters of *Euchaeta* species (Copepoda: Calanoida). *Marine Biology*, 120: 561–570.
- Morioka, Y. 1975. A preliminary report on the distribution and life history of a copepod, *Pareuchaeta elongata*, in the vicinity of Sado Island, the Japan Sea. *Bulletin of the Japan Sea Regulation Fisheries Research Laboratory*, 26: 41–56.
- Øresland, V. 1991. Feeding of the carnivorous copepod *Euchaeta antarctica* in Antarctic waters. *Marine Ecology Progress Series*, 78: 41–47.
- Ozaki, K., and Ikeda, T. 1999. Vertical distribution, population structure and life cycle of the mesopelagic copepod *Paraeuchaeta elongata* off Cape Esan, southwestern Hokkaido, Japan. *Plankton biology and ecology*, 46: 48–53.
- Park, K., and Kim, K. R. 2010. Unprecedented coastal upwelling in the East/Japan Sea and linkage to long-term large-scale variations. *Geophysical research letters*, 37.
- Park, T. 1993. Taxonomy and distribution of the marine calanoid copepod family Euchaetidae. *Scripps Institution of Oceanography*.
- Peterson, W. T., and Kimmerer, W. J. 1994. Processes controlling recruitment of the marine Calanoid copepod *Temora zortgicoks* in Long Island Sound: Egg production, egg mortality, and cohort survival rates. *Limnology and oceanography*, 39: 1594–1605.
- Takahashi, T., and Uchiyama, I. 2007. Morphology of the naupliar stages of some *Oithona* species (Copepoda: Cyclopoida) occurring in Toyama Bay, southern Japan Sea. *Plankton and Benthos Research*, 2: 12–27.

- Taylor, B. E. 1988. Analyzing population dynamics of zooplankton. *Limnology and oceanography*, 33: 1266–1273.
- Wong, C. K., Yau, E. Y. W., and Lie, A. A. Y. 2012. The seasonal distribution, diel vertical distribution and feeding behavior of *Paraeuchaeta concinna* in the shallow subtropical coastal waters of eastern Hong Kong. *Aquatic biosystems*, 8: 28.
- Xu, Z. L., Gao, Q., Kang, W., and Zhou, J. 2013. Regional warming and decline in abundance of *Euchaeta plana* (Copepoda, Calanoida) in the nearshore waters of the East China Sea. *Journal of Crustacean Biology*, 33.
- Yamaguchi, A., and Ikeda, T. 2001. Abundance and population structure of three mesopelagic *Paraeuchaeta* species (Copepoda: Calanoida) in the Oyashio region, western subarctic Pacific Ocean with notes on their carcasses and epizoic ciliates. *Plankton biology and ecology*, 48: 104–113.
- Yen, J. 1983. Effects of prey concentration, prey size, predator life stage, predator starvation, and season on predation rates of the carnivorous copepod *Euchaeta elongata*. *Marine Biology*, 75: 69–77.