

## 부산 인근 오륙도 주변에 출현하는 만각류 유생의 월별 출현 양상 변화

최정화 · 강정훈<sup>1</sup> · 박원규<sup>2,\*</sup>

국립수산과학원, <sup>1</sup>한국수산자원생태연구소, <sup>2</sup>부경대학교 자원생물학과

## Monthly Variations of Cirriped Larvae near Oryuk Islets off Busan, Korea

Jungwha Choi, Junghun Kang<sup>1</sup> and Wongyu Park<sup>2,\*</sup>

National Fisheries Research Development Institute, Kijang, Busan 619-705, Korea

<sup>1</sup>Korea Fisheries Resources Institute, Daeyong-3dong, Busan 608-737, Korea

<sup>2</sup>Department of Marine Biology, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

**Abstract** - Monthly variations of cirriped larvae near Oryuk islets off Busan were investigated at four stations from January 2012 to January 2013. Zooplankton was vertically collected, using NORPAC net (mouth 45 cm, mesh 200  $\mu\text{m}$ ), from the surface to 1 m above the bottom. 12 species belong to five genera of 4 families were identified including one unidentified species. Cirriped larvae occupied small portion of total zooplankton, ranging 0.02 to 4.1% of total zooplankton densities. The densities varied monthly from 1 inds.m<sup>-3</sup> to 715.1 inds.m<sup>-3</sup>, which was highest in September and lowest in February. *Chthamalus challengerii*, *Balanus glanula*, *B. improbisus*, *B. nubilus* and *Octomeris sulcata* were dominant species and accounted for 70.1% of total cirriped larvae. Larval densities of cirripeds between stations were not significantly different ( $F=0.237$ ,  $p=0.870$ ). The larval communities were grouped into two groups by cluster analysis. We discussed the distribution patterns of cirriped larvae in relation to oceanographic characteristics in the study area.

**Key words:** cirriped larvae, zooplankton, *Balanus*, Oryuk islets, *Chthamalus*, *Octomeris*

### 서론

만각류(Cirripedia)는 전 세계적으로 약 1,000종 이상이 분포한다. 주로 암반 및 다양한 기질에 무리를 이루어 부착생활을 한다(Kim 2011). 만각류 유생은 약 3주에서 6주

간 부유생활을 하며(Pyefinch 1948; Strathmann *et al.* 1981; Harns 1984), 여섯기의 노플리우스 유생기와 사이프러스 유생기를 거쳐 성체로 성장한다(Kim 2011). 만각류 유생은 다른 동물플랑크톤과 같이 수온, 염분 등의 요인에 영향을 받는다(Poulet and Williams 1991). 수온보다는 염분의 영향을 더 받는 것으로 알려져 있으며, 주걱따개비(*Balanus amphitrite*)의 경우에도 낮은 염분에서 생존율이 높았다(Arga *et al.* 1995).

만각류는 원생동물과 같은 소형생물의 서식처가 되기

\* Corresponding author: Wongyu Park, Tel. 051-629-5928, Fax. 051-629-5931, E-mail. wpark@pknu.ac.kr

도 하며, 선박이나 다른 생물들에 부착생활을 하기도 한다 (Gittens *et al.* 2013; Bienlecka and Boehnke 2014). 만각류는 자유유영을 하는 부유유생기를 지내며, 한번 정착시 정착한 곳에서 일생을 보낸다 (Zheden *et al.* 2014). 주로 바위와 같은 경성기질이나 부유하는 플라스틱이나 목재 등에 부착생활을 한다 (Minchin 1996; Thiel and Gutow 2005). 만각류는 거북이나 해수류와 같은 생물에서도 부착생활을 한다 (Barnes *et al.* 2004; Casale *et al.* 2012). 만각류의 강한 부착성 때문에 선박의 항해와 선체에 영향을 주기도 한다 (Aldred and Clare 2008; Bienlecka and Boehnke 2014). 선박에 한번 부착시 인위적으로 제거하기 전까지는 분리가 되지 않기 때문에 선박운용의 비용을 추가시키기도 한다 (Yebra *et al.* 2004).

만각류는 대부분의 해안가의 경성기질에 다량으로 분포하기 때문에 지역해양생태계에서 중요한 역할을 한다 (Morgan 2001; Chan 2007). 식물플랑크톤의 번무는 만각류 유생의 성장을 빠르고 생존율을 증가시킨다 (Sanford and Menge 2001). 만각류 정착율의 변화는 조건대무척추동물군집의 변화를 초래한다 (Gaines and Roughgarden 1985; Connolly *et al.* 2001). 만각류의 cyprid는 가장 생존율이 높은 곳에 정착을 하려하고 기정착한 동물들과 치열한 경쟁을 통해 살아남기도 하고 도태되기도 한다. 궁극적으로 성공적인 정착은 개체군의 증가를 초래한다 (Gaines 1985). 해수에서 부유하는 만각류 유생의 양은 인근 조건대등에 고착 생활하는 성체의 군집크기를 알 수 있다 (Connell 1985; Gaines and Roughgarden 1985). 계절적으로 일시플랑크톤이 전체 동물플랑크톤의 50% 이상을 차지하기도 하는데 생존하여 개체군으로 가입되기도 하고 상위영양단계의 동물들에 포식되기도 한다 (Coyle and Paul 1990; Navarrete and Wieters 2000).

오륙도는 남해동부에 위치하고 있으며 인근 해역은 북한한류, 대마난류, 담수 및 부유사 등의 영향을 받는 해역이다. 북한한류는 동해연안을 따라 남하하는 해류이며, 대마난류는 대한해협으로부터 유입되는 해류이다. 담수는 인근에 위치한 낙동강 하구에서 유입되며, 연안개발에 따른 부유사로 인해 만각류 유생의 군집에도 영향을 미친다.

본 연구는 오륙도 인근해역에서 출현한 만각류 유생의 월별 출현변화를 분석하여 오륙도 인근에 서식하는 만각류의 생활사를 이해하고, 만각류 유생의 출현과 수온, 염분과의 상관 관계를 분석하였다.

### 재료 및 방법

동물플랑크톤의 채집은 부산광역시 남구 오륙도 주변의

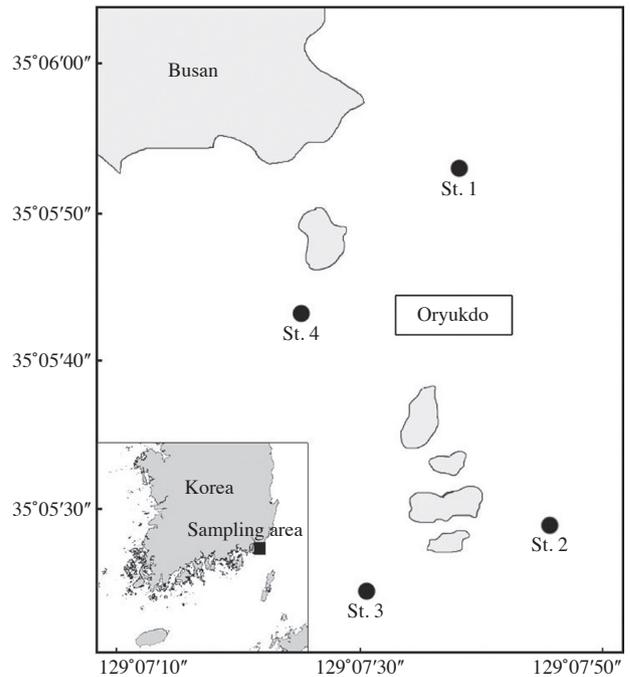


Fig. 1. Sampling stations near Oryuk islets off Busan, Korea from January 2012 to January 2013.

4개 정점 (Fig. 1)에서 2012년 1월에서 2013년 1월까지 매월 실시하였다. 정점 위치에 따른 만각류 유생의 출현 양상이 다른 지를 보기 위해 외해 쪽 2개 정점과 내해 쪽 2개 정점을 선정하여 만각류 유생을 채집하였다. 채집방법은 선박에 설치된 수심기를 통하여 각 정점의 수심을 파악한 뒤 NORPAC net (망구 45 cm, 망목 200  $\mu$ m)를 이용하여 각 정점의 바닥 1 m 위부터 표층까지 수직채집 하였다. 채집된 동물플랑크톤은 1,000 mL 폴리에틸렌 용기에 담은 뒤 70%의 에틸알코올을 이용하여 고정하였으며, 각 정점별 동물플랑크톤의 분포양상을 파악하기 위하여 실험실로 운반하여 분석하였다. 동물플랑크톤의 정량분석을 위하여 네트 입구에 유량계 (Hydro-Bios model 438115)를 부착하여 여과된 해수량을 측정하였다. 수온과 염분의 측정은 동물플랑크톤의 채집과 함께 진행하였다. 측정방법은 표층의 해수를 채수하여 현장에서 수온염분측정기 (YSI model 30-10 FT)를 이용하였다. 동물플랑크톤의 개체수를 파악하기 위하여 분할이 필요한 경우에는 Motoda splitter를 이용하여 최종 계수시 400~700개체로 분할하여 Bogorov 계수판을 이용하여 400~700 개체를 동정한 뒤 이를 단위 체적당 개체수 (inds.  $m^{-3}$ )로 환산하였다. 만각류 유생은 광학현미경 (Wild M20)과 해부현미경 (Wild M5)을 이용하여 종과 생활사 단계까지 동정하였다. 만각류 유생의 종 및 생활사 단계 동정은 Yoo (1995), Chihara and Murano (1997), Costlow and Bookhout

(1957, 1958), Egan and Herz (1933), Kado and Kim (1996), Karande (1979), Lee et al. (1999), Lewis (1975), Molares (1994) 그리고 Thiyagarajan *et al.* (1997) 등을 참고하였다.

만각류 유생의 군집분석은 2012년 1월부터 2013년 1월까지 출현한 단위 체적당 개체수 (inds.m<sup>-3</sup>)를 이용하였으며, 소수종에 의한 과대평가를 낮추기 위해 단위 체적당 개체수 (inds.m<sup>-3</sup>)를  $\log(x+1)$ 로 변환하였다. 군집분석은 만각류 유생의 개체수를 이용하여 Bray-Curtis 유사도 지수를 구하여 출현 양상을 파악하였고, 유사도 지수 자료를 근거로 집괴분석 (Cluster analysis)을 실시하여 그 결과를 nMDS (Non-metric multidimensional scaling) 배열법으로 나타내었고, 군집은 PRIMER (version 6.1.1)를 이용하여 분석하였다.

만각류 유생의 출현 양상 분석은 수온, 염분, 월별 및 정점별의 4가지 요인에 대하여 각각 분석하였다. 분석방법은 상관분석과 분산분석을 이용하였다. 상관분석은 수온과 염분에 대한 만각류 유생의 출현 양상 분석에 이용하였고, 분산분석은 월별 및 정점별 만각류 유생의 출현 양상 분석에 이용하였다. 상관분석은 각 요인과 만각류 유생 출현 개체수 간의 피어슨 상관계수를 구하고, 피어슨 상관계수의 유의성 검증을 통해 상관관계를 파악하였다. 분산분석은 요인별로 2012년 1월부터 2013년 1월까지 출현한 단위 체적당 개체수 (inds.m<sup>-3</sup>)를  $\log(x+1)$ 로 변환하여 이용하였다. 각 요인별로 분산의 동질성을 파악한 뒤 동질성을 같은 경우에는 모수 검정방법인 분산분석 (ANOVA, analysis of variance)을 실시하였고, 동질성이 다른 경우에는 비모수 검정방법인 Kruskal-Wallis Test를 이용하였다. 상관분석에는 Excel 2007, 분산분석에는 SPSS (version 12.0.1) 컴퓨터 프로그램을 이용하였다.

## 결 과

### 1. 표층수온과 염분

월 평균 수온은 2012년 1월에 13.3°C였고 2월과 3월은 각각 12.8°C와 12.9°C였으며, 4월은 가장 낮은 12.1°C였다. 5월은 4월보다 4°C가 높은 16.1°C였으며 6월과 7월은 각각 19.9°C와 21.1°C였다. 8월은 년중 가장 수온이 높은 26.6°C였으며 9월부터 수온이 내려가기 시작하여 9월과 10월은 각각 22.8°C와 20.1°C였다. 11월과 12월은 월평균 수온이 15.2도로 같았고, 2013년 1월은 12.2°C였다. 정점 간의 수온은 거의 유사하였다 (Fig. 2).

염분은 2012년 1월과 2월에 33.8 psu였고, 3월부터 5월까지 34.1-2 psu로 거의 변화가 없었다. 6월은 33.1 psu로 낮아졌고 7월과 8월은 31.8과 31.9 psu였다. 9월이 30.3 psu

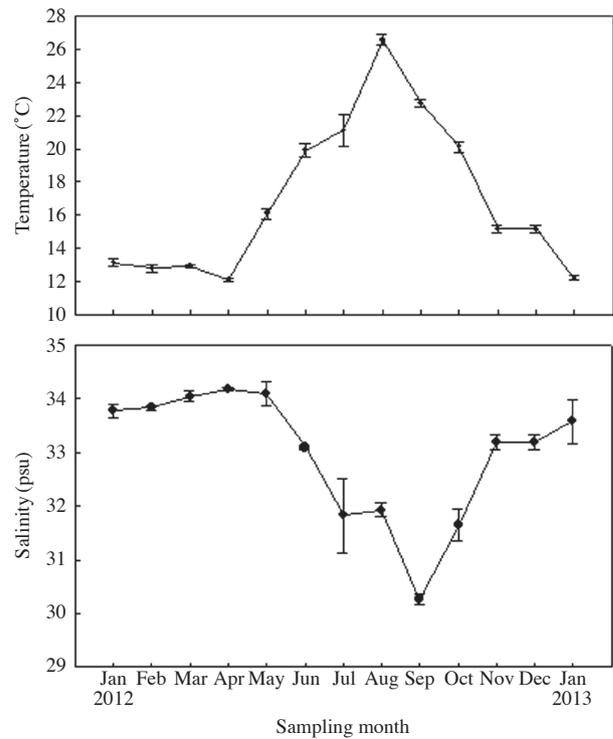


Fig. 2. Monthly variation of temperature and salinity near Oryuk islets off Busan from January 2012 to January 2013.

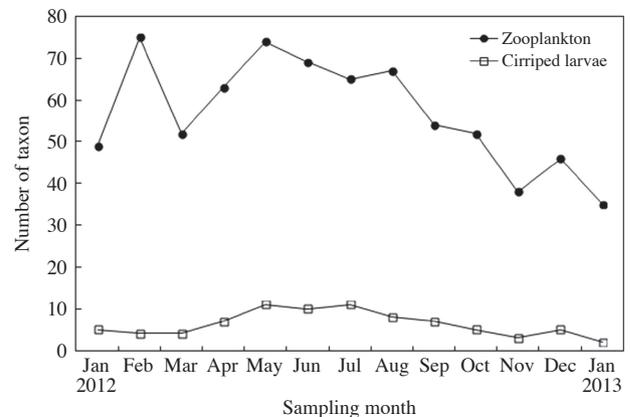


Fig. 3. Monthly variation of the number of zooplankton taxon and cirriped larvae near Oryukdo off Busan from January 2012 to January 2013.

로 가장 낮았고 10월은 31.7 psu이었고 10월부터 염도가 높아지기 시작하여 11월과 12월은 33.2 psu로 염도가 같았다. 2013년 1월은 33.6 psu로 전년 1월과 유사하였다. 4월부터 감소하기 시작하여 9월에 평균 31.9 psu로 가장 낮았으며, 10월부터 증가하기 시작하였다. 정점 간의 염도는 거의 유사하였다 (Fig. 2).

2. 동물플랑크톤 및 만각류 유생의 월별 출현종수 변화

조사기간 동안 오륙도 인근해역에서 출현한 동물플랑크톤은 요각류, 지각류, 만각류 등으로 총 13문 (Phyla), 133종 (species)이 출현하였다.

동물플랑크톤의 출현종의 월별 변화를 살펴보면 2012년 5월에 74종으로 가장 많은 종이 출현하였고, 2013년 1월에 총 35종으로 가장 낮았다. 조사기간 중 만각류는 4과 (Families) 5속 (Genera)에 속한 종 11종과 미동정종 1종을 포함하여 총 12종이 출현하였다 (Appendix I). 월별로는 5월과 7월에 각각 11종으로 가장 많은 종이 출현하였고, 2013년 1월에 2종이 출현하여 가장 낮았다 (Fig. 3).

3. 동물플랑크톤 및 만각류 유생의 월별 출현 밀도 변화

조사기간 동안 오륙도 인근해역에서 출현한 동물플랑크톤

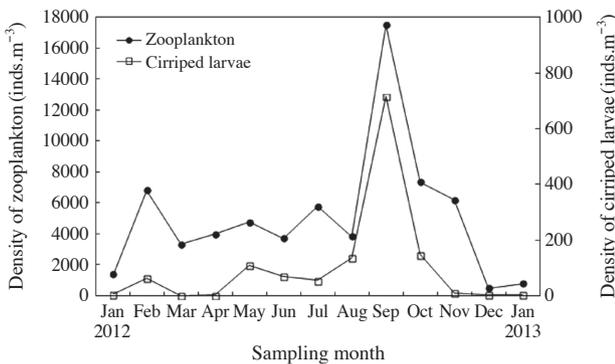


Fig. 4. Monthly variation of the density of zooplankton and cirriped larvae near Oryuk islets off Busan, Korea from January 2012 to January 2013.

은 월 평균 485~17,499 inds.m<sup>-3</sup>로 계절별로 차이가 컸다. 만각류 유생은 월평균 1~715 inds.m<sup>-3</sup> 범위로 출현하였으며, 동물플랑크톤 월평균 출현 개체수의 0.02~4.1%를 차지하였다.

월평균 출현 개체수는 조사기간 동안 증가와 감소를 반복하였으며, 동물플랑크톤과 만각류 유생의 출현은 9월에 가장 높았고, 동물플랑크톤은 12월, 만각류 유생은 3월에 출현 개체수가 가장 낮았다 (Fig. 4).

4. 만각류 유생의 월별 정점별 출현 양상

조사기간 동안 만각류 유생은 정점 2에서 11종이 출현하여 가장 많았고, 정점 1과 4에서는 10종, 그리고 정점 3에서는 9종이 출현하였다. 정점 1에서는 5월, 7월, 8월에 가장 많은 7종이 꾸준히 출현하였고, 9월부터 점차 출현종이 감소하였다. 정점 2에서는 4월부터 출현종이 다양해지기 시작하여 6월에 가장 많은 8종이 출현한 뒤 점차 출현종이 감소하여 2013년 1월에는 만각류 유생이 출현하지 않았다. 정점 3에서는 5월과 7월에 7종이 출현하여 가장 많은 종이 출현하였으며 12월에는 출현하지 않았고, 정점 4에서는 6월에 7종이 출현하여 가장 많은 종이 출현하였으며 그 후 점차 출현종이 감소하여 2013년 1월에는 만각류 유생이 출현하지 않았다 (Fig. 5).

만각류 유생의 정점별 출현 개체수는 정점 4에서 0~910 inds.m<sup>-3</sup> 범위로 가장 높았으며, 정점 3은 0~950 inds.m<sup>-3</sup> 범위, 정점 2는 0~427 inds.m<sup>-3</sup> 범위, 정점 1은 1~574 inds.m<sup>-3</sup> 범위로 나타났다. 정점 1에서는 8월부터 10월까지 높은 개체수를 보였으며, 9월에 574 inds.m<sup>-3</sup>로 가장 높았고, 정점 2에서는 5월에 150 inds.m<sup>-3</sup>로 증가하였다 감소한 뒤 9월에

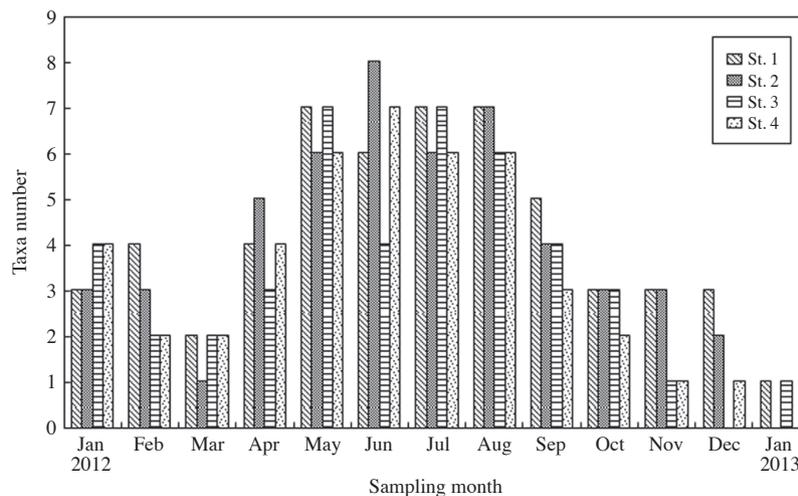


Fig. 5. Monthly variation of the number of cirriped larval taxa near Oryuk islets off Busan from January 2012 to January 2013.

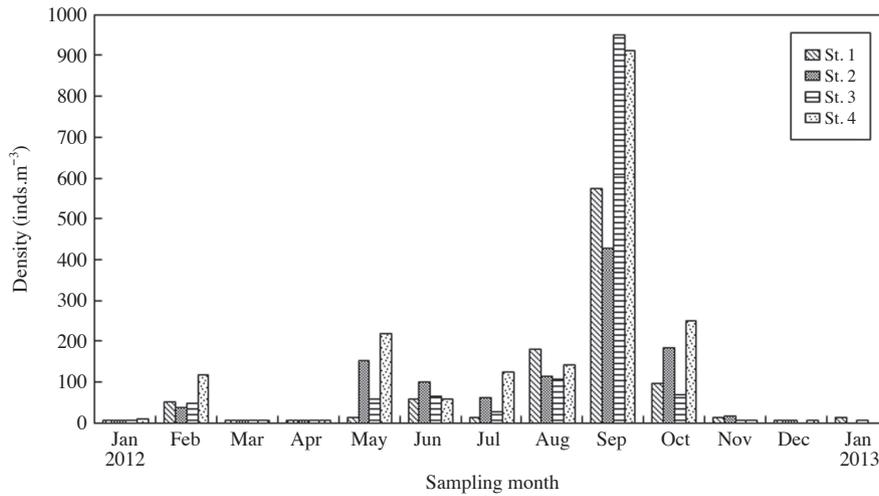


Fig. 6. Monthly variation of the density of barnacle larvae near Oryuk islets off Busan from January 2012 to January 2013.

427 inds.m<sup>-3</sup>로 가장 높았다. 정점 3에서는 8월부터 10월까지 높은 개체수를 나타내었으며, 9월에는 950 inds.m<sup>-3</sup>로 조사기간 동안 전 정점에서 가장 높았다.

정점 4에서는 5월에 216 inds.m<sup>-3</sup>로 증가하였다 감소한 뒤, 9월에 910 inds.m<sup>-3</sup>로 가장 높았다. 유생출현이 가장 높은 달은 4개의 정점이 9월로 같았으며, 가장 낮은 달은 정점별로 달랐다 (Fig. 6).

5. 만각류 유생 우점종의 월별 출현 양상

조사기간 동안 만각류 유생의 주요 우점종은 조무래기따개비 (*Chthamalus challenger*), 따개비류 (*Balanus glandula*), 흰따개비 (*Balanus improvisus*), 따개비류 (*Balanus nubilus*), 팔각따개비 (*Octomeris sulcata*)로, 이들 5종은 만각류 유생 전체 개체수의 평균 70.8%를 차지하였다 (Fig. 7).

2012년 1월에는 만각류 유생의 34.7%인 2 inds.m<sup>-3</sup>가 출현한 조무래기따개비 (*C. challenger*)가 출현율이 가장 높았으며, 2월에도 조무래기따개비 (*C. challenger*)가 19 inds.m<sup>-3</sup>로 증가하였다가, 3월과 4월에는 다시 감소하였다. 5월에는 흰따개비 (*B. improvisus*)가 31 inds.m<sup>-3</sup>가 출현하여 출현율이 가장 높았다.

조무래기따개비 (*C. challenger*)가 27 inds.m<sup>-3</sup>로 두 번째로 높았으며, 6월과 7월에도 흰따개비 (*B. improvisus*)는 15 및 16 inds.m<sup>-3</sup>, 조무래기따개비 (*C. challenger*)는 19 및 13 inds.m<sup>-3</sup>가 출현하여 유사한 현상을 보였다. 8월에는 큰 폭의 증가세를 보인 따개비류 (*B. nubilus*)가 54 inds.m<sup>-3</sup>로 가장 출현율이 높았다. 9월에는 대부분의 만각류 유생이 가장 많이 출현하였으며, 그 중 조무래기따개비 (*C. challenger*)

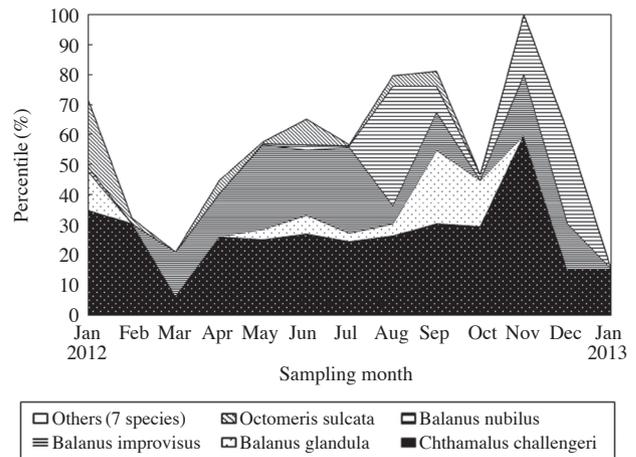


Fig. 7. Monthly variation of the composition rate of dominant barnacle larvae near Oryuk islets off Busan from January 2012 to January 2013.

는 217 inds.m<sup>-3</sup>, 따개비류 (*B. glandula*)는 176 inds.m<sup>-3</sup>로 높은 출현율을 보였으며, 10월에는 대부분의 만각류 유생이 크게 감소하는 양상을 보이는 가운데 조무래기따개비 (*C. challenger*)와 따개비류 (*B. glandula*)가 높은 출현율을 보였다. 11월부터 2013년 1월까지의 대다수의 만각류 유생이 1 inds.m<sup>-3</sup> 이하로 감소하거나 출현하지 않았다.

6. 주요 우점종의 월별 생활사 단계변화

1) 조무래기따개비 (*Chthamalus challenger*)

조사기간 동안 오륙도 인근해역에서 출현한 만각류 유생 중에서 가장 높은 출현율을 보인 조무래기따개비 (*C.*

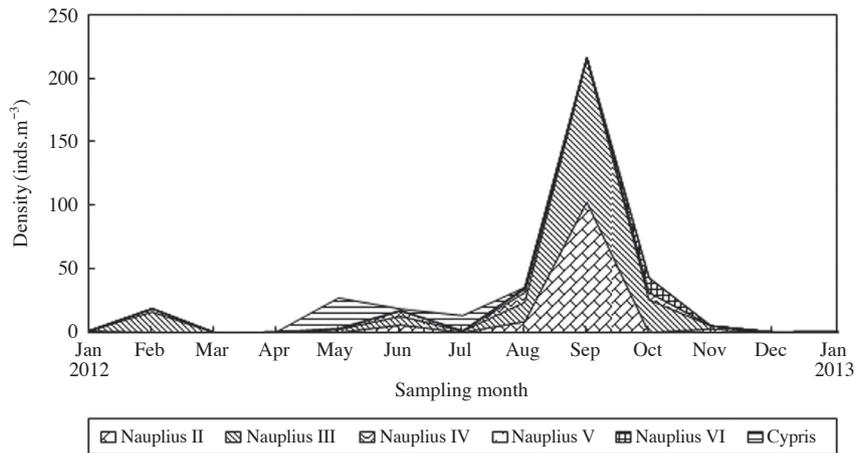


Fig. 8. Monthly variation of the density of *Chthamalus challengerii* life stage near Oryuk islets off Busan from January 2012 to January 2013.

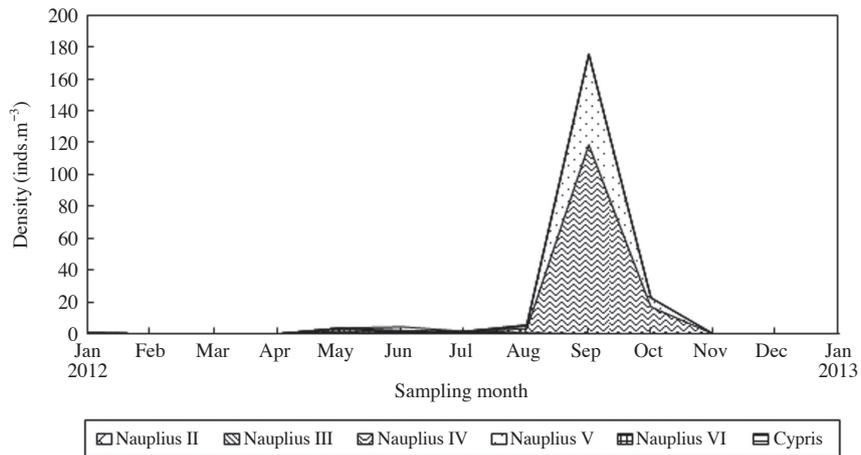


Fig. 9. Monthly variation of the density of *Balanus glandula* life stage near Oryuk islets off Busan from January 2012 to January 2013.

*challengerii*의 월별 평균 출현 개체수는 0~217 inds.m<sup>-3</sup>의 범위로 나타났으며, 2012년 8월에서 10월 사이에 집중적으로 출현하였다. 조사기간 동안 발달단계별 총 개체수는 Nauplius III기가 185 inds.m<sup>-3</sup>로 가장 많았으며, Nauplius II기가 122 inds.m<sup>-3</sup>로 다음으로 많았다. Cypris 유생이 37 inds.m<sup>-3</sup>, Nauplius IV기가 21 inds.m<sup>-3</sup>, Nauplius VI기가 13 inds.m<sup>-3</sup>, Nauplius V기가 4 inds.m<sup>-3</sup> 순으로 나타났다 (Fig. 9).

조무래기따개비 (*C. challengerii*)의 전체 개체수의 생활사 단계별 출현율은 Nauplius III기가 48.4%, Nauplius II기가 32.0%로 전체의 80.4%, Cypris 유생이 9.6%를 차지하였다. Nauplius III기와 Nauplius II기는 8월부터 10월을 포함한 대부분의 월에서 높은 출현율을 보였으며, Cypris 유생은 5월과 7월에 높은 출현율을 보였다 (Fig. 8).

2) 따개비류 (*Balanus glandula*)

따개비류 (*B. glandula*)는 오륙도 인근해역에서 출현한 만각류 유생 중에서 두 번째로 높은 출현율을 보인 종으로써 월별 평균 출현 개체수는 0~176 inds.m<sup>-3</sup>의 범위로 나타났으며, 8월에서 10월 사이에 집중적으로 출현하였다. 조사기간 동안 발달단계별 총 개체수는 Nauplius IV기가 139 inds.m<sup>-3</sup>로 가장 많았으며 Nauplius V기가 65 inds.m<sup>-3</sup>로 다음으로 많았으며 Nauplius III기가 4 inds.m<sup>-3</sup>, Nauplius II기가 3 inds.m<sup>-3</sup>, Cypris가 2 inds.m<sup>-3</sup>, Nauplius VI기가 0 inds.m<sup>-3</sup> 순으로 나타났다 (Fig. 9).

따개비류 (*B. glandula*)의 유생단계별 개체수의 비중을 월별로 살펴보면 1월, 5월, 7월에는 Nauplius II기와 III기가 95% 이상을 차지하고 있으며, 6월에는 Cypris 유생이 51.3%로 가장 우점하였다. 8월에는 Nauplius IV기와 Nauplius V기

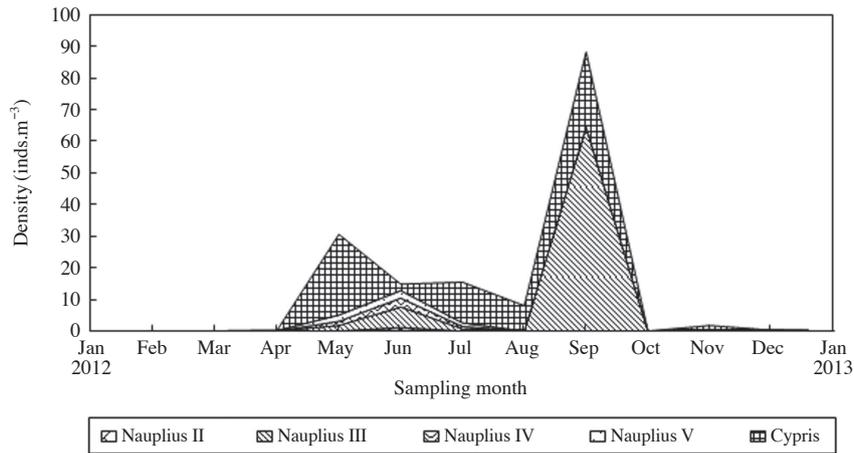


Fig. 10. Monthly variation of the density of *Balanus improvisus* life stage near Oryuk islets off Busan from January 2012 to January 2013.

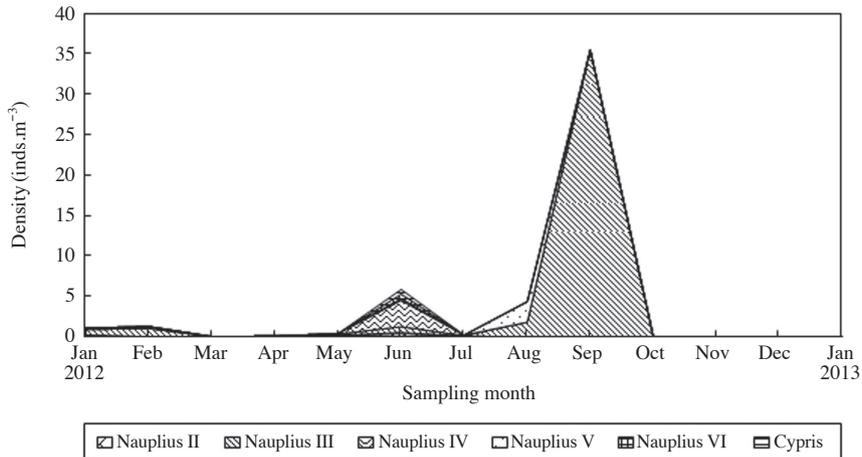


Fig. 11. Monthly variation in the density of *Octomeris sulcata* life stage near Oryuk islets off Busan from January 2012 to January 2013.

만 출현하였으며, Nauplius IV기가 67.7%, Nauplius V기가 32.3%를 차지하였다 (Fig. 9).

3) 흰따개비 (*Balanus improvisus*)

흰따개비 (*B. improvisus*)는 오륙도 인근해역에서 출현한 만각류 유생 중에서 세번째로 높은 출현율을 보인 종으로 월별 평균 출현 개체수는 0~89 inds.m<sup>-3</sup>의 범위였고, 5월과 9월에 집중적으로 출현하였다. 조사기간 동안 생활사 단계별 총 개체수는 Cypris가 74 inds.m<sup>-3</sup>로 가장 많이 출현하였으며, Nauplius III기가 74 inds.m<sup>-3</sup>로 다음으로 많았다. Nauplius V기가 6 inds.m<sup>-3</sup>, Nauplius III기가 5 inds.m<sup>-3</sup>, 그리고 Nauplius II기가 2 inds.m<sup>-3</sup> 순으로 나타났다 (Fig. 10).

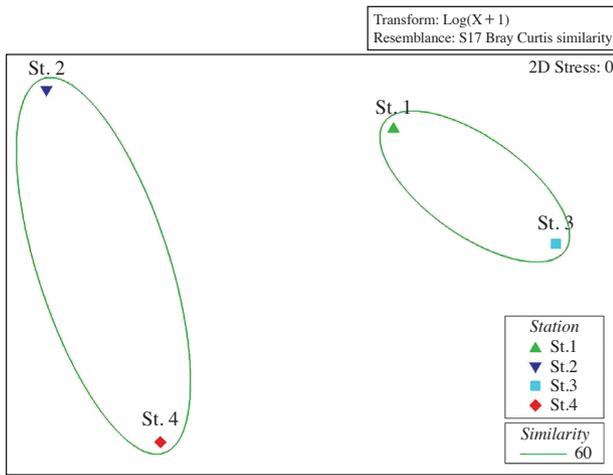
흰따개비 (*B. improvisus*)의 생활사 단계별 개체수의 비중을 월별로 살펴보면 3월, 8월, 11월에는 Cypris 유생만 출현하였으며, 12월에는 Nauplius II기만 출현하였다. 9월에는

Nauplius III기가 73.2%, Cypris 유생이 26.8% 출현하였고, 5월에는 Cypris 유생이 83.3%를 차지하여 가장 우점하였다 (Fig. 10).

4) 팔각따개비 (*Octomeris sulcata*)

팔각따개비 (*O. sulcata*)는 오륙도 인근해역에서 출현한 만각류 유생 중에서 다섯 번째로 높은 출현율을 보인 종으로, 월별 평균 출현 개체수는 0~36 inds.m<sup>-3</sup>의 범위였으며, 9월 36 inds.m<sup>-3</sup>가 출현하여 가장 우점적으로 출현하였다. 조사기간 동안 발달단계별 총 개체수는 Nauplius III기가 40 inds.m<sup>-3</sup>로 가장 많았으며 Nauplius IV기가 4 inds.m<sup>-3</sup>로 다음으로 많았고 Nauplius V기가 3 inds.m<sup>-3</sup>, Nauplius II기가 1 inds.m<sup>-3</sup>, Cypris 유생이 1 inds.m<sup>-3</sup>, Nauplius VI기가 1 inds.m<sup>-3</sup> 순으로 나타났다 (Fig. 11).

팔각따개비 (*O. sulcata*)의 생활사 단계별 출현 양상을 월



**Fig. 12.** Non-metric MDS ordination plot based on the density barnacle larvae by sampling sites near Oryuk islets off Busan from January 2012 to January 2013.

별로 살펴보면 9월에는 Nauplius III기의 출현율이 가장 높았다. 5월과 7월에는 Nauplius II기와 Nauplius III기가 약 80% 출현하여 가장 우점하였으며, 6월에는 Nauplius IV기가 55.9% 출현하여 가장 높았다(Fig. 11).

### 7. 군집분석

만각류 유생의 군집분석은 정점과 월의 평균 출현 개체수를 이용하여 분석하였다. 정점별 군집분석은 유사도 지수 60% 수준에서 정점 1과 3, 정점 2와 4가 각각 하나의 그룹을 형성하였다. 월별 군집분석은 유사도 지수 60% 수준에서 5월과 6월이 한 개의 그룹을 이루었고, 나머지는 그룹을 이루지 않았다(Fig. 12).

### 8. 만각류 유생출현과 환경과의 관계

#### 1) 수온과 만각류 유생 출현의 관계

수온변화에 따른 만각류 유생의 출현 양상 분석은 수온과 만각류 유생의 개체수를 이용하였다. 만각류 유생의 출현 개체수와 수온과의 상관관계는 보통 양의 상관관계가 나타났다( $r=0.51$ ). 상관계수( $r$ )의 유의성 검증결과는 검정통계량( $|t|=3.0825$ )이 기각치( $t_{0.001(2), 50}=3.4960$ )보다 크다. 따라서, 만각류 유생의 개체수는 수온변화에 따라 변화하는 출현 양상이 나타났다( $r=0.51, t=3.0825, P<0.001$ ).

#### 2) 염분과 만각류 유생 출현의 관계

염분변화에 따른 만각류 유생의 출현 양상 분석은 염분과 만각류 유생의 개체수를 이용하였다. 만각류 유생의 출현 개체수와 염분과의 상관관계는 강한 음의 상관관계가 나타났

다( $r=-0.71$ ). 상관계수( $r$ )의 유의성 검증결과 검정통계량( $|t|=7.6078$ )이 기각치( $t_{0.001(2), 50}=3.4960$ )보다 크다. 따라서, 만각류 유생의 개체수는 염분변화에 따라 크게 변화하는 출현 양상이 나타났다( $r=-0.71, t=-7.6078, P<0.001$ ).

#### 3) 월별 만각류 유생의 출현 양상 분석

만각류 유생의 염분별 출현 개체수를 이용하여 분산의 동질성을 검증하였다(Levene 통계량=3.007,  $p=0.006$ ). 동질성 검증을 바탕으로, 비모수검정인 Kruskal-Wallis Test 결과 만각류 유생은 월별로 개체수의 차이가 있음을 알 수 있다( $p=0.000<0.05$ ).

#### 4) 정점별 만각류 유생의 출현 양상 분석

만각류 유생의 정점별 출현 개체수를 이용하여 분산의 동질성을 검증하였다(Levene 통계량=0.853,  $p=0.472$ ). 동질성 검증 결과를 바탕으로 모수검정인 일원분산분석(one-way ANOVA) 결과 만각류 유생의 정점별 개체수의 차이가 없었다( $F=0.237, p=0.870>0.05$ ).

## 고 찰

만각류 유생은 다른 플랑크톤과 같이 수온, 염분 등의 요인에 영향을 받는다(Poulet and Williams 1991). 이러한 수온 및 염분변화에 따른 만각류 유생 출현 개체수의 변화 양상은 선행연구(Hwang 2011)에서도 확인되었다. 부산광역시 동일해역에서 2011년 조사한 만각류 유생의 출현 개체수는  $10\sim535\text{ inds.m}^{-3}$  범위이고, 만각류 유생이 가장 우점적으로 출현 시 표층 염분은 32.7 psu, 표층 수온은  $20.1^{\circ}\text{C}$ 이며, 출현 개체수가 가장 낮을 때 표층 염분은 33.8 psu, 표층 수온은  $13.2^{\circ}\text{C}$ 였다(Busan City 2012). 거제도 장목만에서 조사된 만각류 유생의 월평균 출현 개체수는  $0\sim9,990\text{ inds.m}^{-3}$  범위이며(Hwang 2011), 표층 염분이 약 31 psu, 표층 수온은 약  $22^{\circ}\text{C}$ 일 때 가장 우점적으로 출현하였고, 표층 염분이 약 34 psu, 표층 수온이  $10^{\circ}\text{C}$  미만인 1월에서 3월에는 출현하지 않았다. 본 연구에서 관찰된 오륙도 인근 해역에 출현한 만각류 유생의 월평균 출현 개체수는  $1\sim715\text{ inds.m}^{-3}$  범위이다. 만각류 유생의 출현 개체수가 가장 높을 때 표층 염분은 30.3 psu, 표층 수온은  $22.8^{\circ}\text{C}$ 이며, 출현 개체수가 가장 낮을 때 표층 염분은 34.1 psu, 표층 수온은  $12.9^{\circ}\text{C}$ 였다. 이와 같이 수온 및 염분변화에 대한 만각류 유생의 출현 개체수 변화양상은 선행연구와 본 연구결과가 유사함을 알 수 있다. 선행연구와 본 연구에서 만각류 유생은 수온이 낮고 염분이 높은 봄과 겨울에는 만각류 유생의 출현이 가장 낮고, 수온이 높고 염분이 낮은 여름과 가을에는 만각류 유생의 출현

이 높은 결과를 나타내었다.

해역에 부유하는 만각류 유생의 양으로 인근 조간대 등에 고착생활을 하는 성체의 군집크기를 알 수 있다(Connell 1985; Gaines and Roughgarden 1985). 본 연구에서는 조무래기따개비 (*C. challengerii*), 따개비류 (*B. glandula*), 흰따개비 (*B. improvisus*), 따개비류 (*B. nubilis*), 팔각따개비 (*O. sulcata*) 등이 오륙도 인근 해역에 출현하는 만각류 유생의 우점종으로 확인되었다. 이들 우점종의 인근 조간대에 서식여부는 부산광역시 조사한 오륙도 및 주변해양생태계 보고서에서 확인할 수 있었다(Busan City 2011, 2012). 이 보고서에는 조무래기따개비 (*C. challengerii*)가 암반 조간대 상부 지역에 고밀도로 서식하는 것으로 조사되었고, 따개비류 (*Balanidae* spp.), 거북손 (*Pollicipes mitella*), 검은큰따개비 (*Tetraclita japonica*)가 서식하고 있는 것으로 조사되었다. 이는 해역에 부유하는 만각류 유생의 양으로 인근 조간대의 성체 군집을 확인할 수 있지만 좀 더 구체화하기 위해서는 세부적인 조사가 필요할 것으로 판단된다.

만각류 유생 주요 우점종의 월별 생활사단계 변화에 대한 출현 양상을 파악할 수 없었다. 이는 만각류 유생이 3~6주 정도의 짧은 플랑크톤 생활을 함으로(Pyefinch 1948; Strathmann *et al.* 1981; Harns 1984), 월 간격의 채집으로는 생활사단계의 출현 양상을 파악하기 어려운 것으로 판단된다. 만각류 유생의 생활사단계 변화에 대한 출현양상을 파악하기 위해서는 월보다 짧은 주기의 채집이 필요한 것으로 판단된다.

이상의 결과를 요약하면 오륙도 인근 해역의 만각류 유생의 출현변화는 수온과 염분 같은 요인의 영향을 받아 출현 개체수가 변화한다. 각 정점별 출현 개체수의 차이는 없으나, 군집은 2개로 구분된다. 유사하게 묶여진 정점들은 각각 사선 방향에 위치하여 있어 위치만을 고려해볼 때 유사하다고 보기 어려우며, 오히려 오륙도를 기준으로 외해쪽과 내해쪽으로 정점들이 서로 유사할 것으로 판단되었으나 nMDS 분석 결과는 예상과는 다르게 나타났다.

## 사 사

이 논문은 부경대학교 자율창의학술연구비(2014년)에 의하여 연구되었음.

## REFERENCES

Aldred N and AS Clare. 2008. The adhesive strategies of cy-

prids and development of barnacle-resistant marine coatings. *Biofouling* 24:351-363.

Arga CA, C Kenji, O Ken and K. Hisashi. 1995. Influence of temperature and salinity on larval development of *Balanus amphitrite*: implications in fouling ecology. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 118:159-166.

Barnes DKA, NL Warren, K Webb, B Phalan and K Reid. 2004. Polar pedunculate barnacles piggy-back on pycnognona, penguins, pinniped seals and plastics. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 284:305-310.

Bienlecka L and R Boehnke. 2014. Epibionts and parasites on crustaceans (Copepoda, Cladocera, Cirripedia larvae) inhabiting the Gulf of Gdansk (Baltic Sea) in very large numbers. *Oceanologia* 56:629-638.

Busan City. 2012. Ecological study off Oryuk Islets. 336 pp.

Busan City. 2013. Ecological study off Oryuk Islets. 295 pp.

Casale P, M D'Addario, D Freggi and R Argano. 2012. Barnacles (Cirripedia, Thoracica) and associated epibionts from sea turtles in the central Mediterranean. *Crustaceana* 85: 533-549.

Chan BKK. 2007. Ecology and biodiversity of rocky intertidal barnacles along a latitudinal gradient; Japan, Taiwan and Hong Kong. Publications of the Seto Marine Laboratory, Special Series: Selected papers of the Nagisa World Congress 2006. Kyoto University Press, 1-10.

Chihara M and M Murano. 1997. An illustrated guide to marine plankton in Japan. Tokai Univ. Press. 3-330 pp, 333-1482 pp.

Connell JH. 1985. The consequences of variation in initial settlement vs. post-settlement mortality in rocky intertidal communities. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 93:11-46.

Connolly SR, BA Menge and J Roughgarden. 2001. A latitudinal gradient in recruitment of intertidal invertebrates in the northeast Pacific Ocean. *Ecol.* 82:1799-1813.

Costlow Jr JD and CG Bookhout. 1957. Larval Development of *Balanus eberneus* in the laboratory. *Biol. Bull.* 112:313-324.

Costlow Jr JD and CG Bookhout. 1958. Larval Development of *Balanus amphitrite* ver. *Denticulata broch* reared in the laboratory. *Biol. Bull.* 114:284-295.

Coyle KO and AJ Paul. 1990. Abundance and biomass of meroplankton during the spring bloom in an Alaskan bay. *Ophelia* 32:199-210.

Egan EA and DT Anderson. 2006. Larval development of the coronuloid barnacles *Austrobalanus imperator* (Darwin), *Tetraclitella purpurascens* (Wood) and *Tesseropora rosea* (Krauss) (Cirripedia, Tetraclitidae). *J. Nat. Hist.* 22:1379-1405.

Gaines S and J Roughgarden. 1985. Larval settlement rate: a

- leading determinant of structure in an ecological community of the marine intertidal zone. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 82:3707-3711.
- Gittens JE, TJ Smith, R Suleiman and R Akid. 2013. Current and emerging environmentally-friendly systems for fouling control in the marine environment. *Biotech. Adv.* 31:1738-1753.
- Harns J. 1984. Influence of water temperature on larval development of *Elminius modestus* and *Semibalanus balanoides* (Crustacea, Cirripedia). *Helgoland. Meeresunterser.* 38: 123-134.
- Herz LE. 1933. The morphology of the later stages of *Balanus crenatus* Bruguiere. *Biol. Bull.* 64:432-442.
- Hwang O. 2011. Relationship between Environmental Factors and Short-term Variations of Mesozooplankton in Jangmok Bay, South Coast of Korea. MS thesis. Pukyong National University, 67 pp.
- Kado R and MH Kim. 1996. Larval development of *Octomeris sulcata* Nilsson-Cantell (Cirripedia: Thoracica: Chthamaliidae) from Japan and Korea. *Hydrobiologia* 325:65-76.
- Karande AA. 1979. The nauplii of *Balanus kondakovi*. *Proc. Indian. Acad. Sci.* 88:73-83.
- Kim I. 2011. Invertebrate Fauna of Korea, Cirripedia (Arthropoda: Crustacea: Cirripedia), 21(6). National Institute of Biological Resources, Ministry of Environment. 158 pp.
- Lee C, JM Shim and CH Kim. 1999. Larval development of *Balanus reticulatus* Utinomi, 1967 (Cirripedia, Thoracica) and a comparison with other barnacle larvae. *J. Plankton Res.* 21:2125-2142.
- Lewis CA. 1975. Development of the gooseneck barnacle *Pollicipes polymerus* (Cirripedia: Lepadomorpha): fertilization through settlement. *Mar. Biol.* 32:141-153.
- Minchin D. 1996. Tar pellets and plastics as attachment surfaces for lepadid cirripedes in the North Atlantic Ocean. *Mar. Pollut. Bull.* 32:855-859.
- Molares J, F Tilves and C Pascual. 1994. Larval development of the pedunculate barnacle *Pollicipes cornucopia* (Cirripedia: Scalpellomorpha) reared in the laboratory. *Mar. Biol.* 120:261-264.
- Morgan SG. 2001. The larval ecology of marine communities. pp. 159-181. In *Marine community ecology* (Bertness MD, SD Gaines and M Hay eds.). Sinauer Associates, Sunderland, MA, USA.
- Navarrete SA and EA Wieters. 2000. Variation in barnacle recruitment over small scales: larval predation by adults and maintenance of community pattern. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 253:131-148.
- Poulet SA and R Williams. 1991. Characteristics and properties of copepods affecting the fourth international conference on Copepoda. *Bull. of Plankton Soc. Japan. Spec. vol.* 271-290.
- Pyefinch KA. 1948. Notes on the biology of Cirripedes. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 27:464-503.
- Sanford E and BA Menge. 2001. Spatial and temporal variation in barnacle growth in a coastal upwelling system. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 209:143-157.
- Strathmann RR, ES Branscomb and K Vedder. 1981. Fatal errors in set as a cost of dispersal and the influence of intertidal flora on set of barnacles. *Oecologia* 48:13-18.
- Thiel M and L Gutow. 2005. The ecology of rafting in the marine environment. 1. The floating substrata. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 42:181-264.
- Thiyagarajan V, VP Venugopalan, KVK Nair and T Subramoniam. 1997. Larval description of *Balanus reticulatus* Utinomi (Cirripedia, Balanidae), reared in the laboratory. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 209:215-231.
- Yebra DM, S Kiil and K Dam-Johansen. 2004. Antifouling technology: past, present and future steps towards efficient and environmentally friendly antifouling coatings. *Prog. Org. Coat.* 50:75-104.
- Yoo K. 1995. *Marine Zooplankton. Illustrated Encyclopedia of Fauna and Flora* 35. Ministry of Education, Seoul, 415 pp.
- Zheden V, A Kovalev, SN Gorb and W Klepal. 2014. Characterization of cement float buoyancy in the stalked barnacle *Dosima fascicularis* (Crustacea, Cirripedia). *Int. Focus* 5: 20140060. <http://dx.doi.org/10.1098/rsfs.2014.0060>.

Received: 18 May 2015

Revised: 2 June 2015

Revision accepted: 3 June 2015