ISSN 1226-9999 (print)
ISSN 2287-7851 (online)

*Korean J. Environ. Biol.* 31(4) : 275~287 (2013) http://dx.doi.org/10.11626/KJEB.2013.31.4.275

# 한국 남해 연안 해역에서 출현하는 동물플랑크톤의 분포에 따른 멸치 섭이 특성

김민정 · 윤석현* · 김진영[1] · 오철웅[2]

국립수산과학원 수산해양종합정보과, [1]국립수산과학원 남서해수산연구소,
[2]부경대학교 자원생물학과

# Feeding Characteristics of the Japanese Anchovy, *Engraulis japonicus* According to the Distribution of Zooplankton in the Coastal Waters of Southern Korea

Min Jung Kim, Seok Hyun Youn*, Jin-Yeong Kim[1] and Chul-Woong Oh[2]

*Fishery and Ocean Information Division, NFRDI, Busan 619-705, Korea*
[1]*Fisheries Resources and Environment Division, Southwest Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Yeosu-Si, Jeollanam-do 556-823, Korea*
[2]*Department of Marine Biology, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea*

**Abstract - The Japanese anchovy *Engraulis japonicus* is a widespread species in the western North Pacific and major fishery resource. To understand the spatio-temporal variation of anchovy prey items in the coastal waters of southern Korea, the stomach contents of anchovy and the structure of the zooplankton community were analysed at three sites (Jindo, Yeosu and Tongyeong) from July 2011 to February 2012. The main prey items in Yeosu and Jindo were cyprid stage of barnacle (>35%) and copepod *Calanus sinicus* (>22%) in July, respectively, while, predominant ones in Tongyeong were small copepods, *Paracalanus parvus* s.l. (41%) and *Corycaeus affinis* (22%). During this period, the dominant zooplankton were cladoceran *Evadne tergestina* (39%) in Yeosu, small copepod, *P. parvus* s.l. (28%) in Jindo and cladoceran *E. tergestina* (14%) in Tongyeong. The dominant prey items were barnacle larvae and copepods in summer, phytoplankton and *Pseudodiaptomus marinus* in autumn and *P. parvus* s.l. and cold water copepod, *Centropages abdominalis* in winter. Anchovy prefer the prey item *C. sinicus* (3%) over *E. tergestina* (39%), which was a dominant species in the catching site in summer. *P. marinus* (0.5%) and *C. abdominalis* (0.9%) were preferred over *P. parvus* s.l. (30%, 21%) in autumn and winter, respectively. Prey items varied with area and season in the coastal waters of southern Korea. These results suggest that the prey selectivity of anchovy showed high flexibility and adaptability in the study waters.**

**Key words : anchovy, zooplankton, prey item, Korea**

* Corresponding author: Seok Hyun Youn, Tel. 051-720-2233,
Fax. 051-720-2266, E-mail. younsh@korea.kr

ⓒ 2013. Korean Society of Environmental Biology.

## 서 론

멸치(*Engraulis japonicus*)는 연안 난류성 부어류로 북서태평양, 중앙태평양, 황해와 동중국해에 널리 분포하고 있다(Yasue *et al.* 2010). 멸치는 큰 무리를 형성하여 이동하고 계절적 회유를 하며, 성장률이 높고 연중 산란하는 특징을 가진다(Park and Cha 1995; Bacha and Amara 2009). 또한, 광온성과 광염성으로서 한국 연안에서는 수온 9～32℃ 범위와 염분 28.0～34.5 psu 범위에서도 서식한다(Im and Ok 1977).

한국 남해는 황해, 동중국해와 동해를 연결하는 해역으로 많은 섬과 크고 작은 만으로 이루어져 해안의 굴곡이 심한 리아스식 해안이다. 남쪽으로부터 유입되는 고온 고염 외양수인 쿠로시오 해류의 지류인 대마난류수, 서쪽 제주해협을 통해 유입되는 저염의 서해 연안수와 남해 연안수 등 다양한 수괴가 공존하여 해양환경과 생태계 뿐 아니라 어장의 형성에 복합적으로 영향을 미치고 있다(Choo and Kim 1998; Kim and Pang 2005). 따라서 다양한 수괴가 접하는 남해는 먹이생물과 영양염이 풍부하여 상업적으로 유용한 해양 생물들이 서식하기 좋은 환경이며 특히, 주요한 수산자원인 멸치, 고등어 등 다양한 어류와 패류의 산란장과 성육장으로써의 높은 가치를 평가 받고 있다(Choo and Kim 1998; Kim and Pang 2005; Ko *et al.* 2010).

우리나라 멸치는 한국 남해에서 가장 많이 어획되는 어류이며, 상업적으로도 중요한 수산 자원 중 하나이다(Choo and Kim 1998). 2010년의 경우 총 어획량이 약 240,000톤에 달했으며, 수산 자원 통계에 따르면, 전체 소형 연안성 어류 중 어획량이 16%로 가장 많이 어획되었다고 보고된 바 있다(NFRDI 2010). 연안의 생태계에서 우점하는 멸치의 가입과 자원량의 변동은 해양환경의 다양성 중 영양학적 조건인 플랑크톤의 시·공간적 군집구조의 변동에 의해 영향을 받는다(Bacha and Amara 2009; Bergeron 2009; Diaz *et al.* 2011).

멸치는 유종섬모충류인 Tintinnids와 요각류, 이매패류와 복족류 등의 동물플랑크톤을 주로 섭이하며, 황아귀(*Lophius litulon*), 갈치(*Trichiurus lepturus*) 그리고 흰바다수염오리(*Cerorhinca monocerata*) 등의 상업적으로 중요한 어류와 상위 영양단계에 있는 생물들의 주요 먹이원으로 알려져 있다(Cha *et al.* 1997; Huh 1999; Takahashi *et al.* 2001; Kim and Pang 2005).

동물플랑크톤은 소형 연안성 유영 어류에게 중요한 먹이이며 해양의 일차 소비자로서 생산자인 식물플랑크톤을 섭이하여 상위 영양단계에 있는 개체군들에게 일차 생산을 전달해주는 역할을 한다(Bergeron 2009; Diaz *et al.* 2011). 따라서, 멸치는 해양의 표영 생태계에서 일차생산자와 상위 영양단계를 연결하는 중간 영양단계에 위치하고 있는 중요한 어종이다.

멸치의 이러한 생태학적 위치의 중요성을 바탕으로 식성에 관한 연구는 남해안 멸치와 같은 속인 *Engraulis encrasicolus* (Plounevez and Champalbert 1999; Bacha and Amara 2009; Catalan *et al.* 2010)와 *Engraulis mordax* (Hunter 1972; O'Connell 1972; Chiappa-Carrara and Gallardo-Cabello 1993)에서 활발히 이루어진 바 있다.

우리나라에서는 멸치 식성 연구의 중요성에도 불구하고 멸치에 대한 연구는 멸치 후기자어의 먹이생물(Park and Cha 1995), 해황에 따른 멸치의 난과 자치어의 분포특성(Kim and Choi 1988; Ko *et al.* 2010), 난과 자치어의 수송 특성(Choo and Kim 1998; Kim and Pang 2005)과 멸치의 산란 생태(Kim and Kang 1992; Kim and Lo 2001; Lee *et al.* 2009) 등 만이 수행되어 왔으며 멸치의 섭이 특성에 관한 연구는 거의 이루어지지 못한 실정이다.

이 연구는 한국 남해에 서식하는 멸치의 지역별, 계절별 먹이생물의 차이를 통해 멸치의 주요 먹이생물과 섭이 생태를 알고, 이를 통해 멸치의 생태학적 위치의 중요성에 대해 살펴보고자 한다.

## 재료 및 방법

이번 연구의 조사는 한국 남해의 통영, 진도 그리고 여수에서 각각 멸치의 채집이 이루어졌다(Fig. 1). 세 지역은 다양한 수괴가 상존하며 멸치의 생산량이 높은 지역으로 2011년 7월, 11월과 2012년 2월에 걸쳐 조사하였다. 계절에 따라 멸치가 채집된 장소는 7월 통영, 진도, 여수, 11월과 2월 여수에서 채집하였다.

멸치 채집은 각 지역적 특성에 따라 채집이 이루어졌는데, 통영은 권현망을 이용하였으며, 진도는 조류가 강하여 낭장망을 이용하였다. 여수에서는 7월과 2월에 권현망을 사용하였으며, 11월은 빔의 길이가 12 m인 빔트롤을 사용하여 채집하였다.

동물플랑크톤 채집은 총 4개의 정점에서 멸치 채집이 이루어진 시기의 조사해역에서 채집하였다. 동물플랑크톤 시료는 네트 RN-80 (구경 80 cm, 망목 330 μm)을 사용하여 채집하였으며, 네트의 입구에 유량계 부착하여 네트를 통과한 해수의 양을 계산하였다. 채집된 시료를 해수와 혼합하여 최종 농도가 5%가 되도록 중성 포르

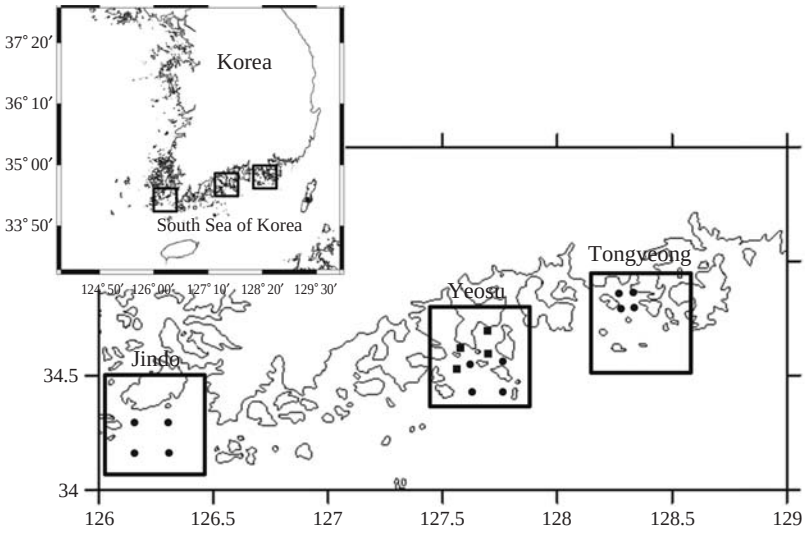


**Fig. 1.** Map showing sampling areas (●: sampling areas for zooplankton in July, ■: sampling areas for zooplankton in November and February).

말린으로 고정한 후 실험실로 운반하였다. 네트로 여과한 수량은 계측한 유량계의 회전수(FR)에 유량계의 진행거리로 환산하기 위한 계수를 곱하여 계산되었다.

동물플랑크톤의 동정 및 계수를 위해 채집된 시료들의 총량을 메스실린더로 계량한 후 잘 혼합하여 Motoda식 분할기를 이용하여 시료의 양에 따라 1/64～1/4로 적절히 분할하였다. 분할된 동물플랑크톤은 Bogorov 챔버에 옮겨 담아 현미경을 이용하여 동정 및 계수하였다. 동물플랑크톤 중 우점종들(요각류, 지각류, 모악류)은 종 단위까지 동정하였고 다른 동물플랑크톤은 문 단위까지 분류하였다(Yamaji 1966; Chihara and Murano 1997). 수직 채집으로 얻어진 동물플랑크톤은 계수를 하여 그 값에 수심을 곱하였고 수평 채집에 의해 계수된 생물량은 해수 여과량으로 나누어 단위 체적당 개체수(ind. · $m^{-3}$)로 환산하였다.

멸치의 위 내용물 분석을 위해 각 조사 해역별, 시기별 최소 30개체 이상의 멸치를 이용하였다. 멸치는 확보한 즉시 실험실내로 운반하여 멸치에 대한 전장(Total length)을 0.1 cm 단위까지 측정한 후, 복부를 절개하여 위를 분리한 뒤 10% 포르말린에 고정시켰다. 분리된 위는 먹이생물의 분석을 위해 샬레에 옮겨 담아 위를 절개하였다. 위 속의 먹이생물은 현미경(Nikon SMZ1500)을 이용하여 가능한 가장 낮은 분류 단위까지 동정(Yamaji 1966; Chihara and Murano 1997) 및 계수하였고 비어있는 위도 계수하였다. 각 유생의 발달 단계에 따른 크기의 차이를 고려하기 위해 위 속의 먹이생물 중 유생은 각각의 발달 단계에 따라 나누어 동정 및 계수가 이루어졌다. 먹이생물 중 단일 먹이생물로 측정하기에 상당 부분 소화가 되어 형태학적으로 손상된 먹이생물들의 경우, 정확한 동정이 불가능하여 대분류군 수준으로 구분하였으며, 먹이 생물 중 요각류의 경우 전체부가 절반 정도 남아 있거나 유생의 일부분이 남아 있는 경우에는 각 분류군별로 계수 할 부위를 지정하여 하나의 개체로 계수하였다.

멸치의 섭이 생태를 조사하기 위해서 먹이생물의 출현빈도와 개체수, 공위율, Shannon-Wiever의 다양도(1963), Pielou의 균등도(1966) 그리고 Ivlev의 선택성지수(1961)를 이용하여 분석하였다.

멸치가 섭이한 먹이생물의 지역별 유사도를 알아보기 위해서 Bray-Curtis의 유사도 지수를 사용하였다. 각 지역에서 채집된 멸치 먹이생물 개체수의 출현빈도(O%)와 개체수(N%)를 바탕으로 PRIMER 6.0 computer package를 이용하여 지역별 유사도를 작성하였다. 계절에 따른 먹이생물의 차이를 검정하기 위해 카이 제곱($\chi^2$)검정(Korean Minitab Ver. 4.0)을 실시하였고, 먹이생물의 연관성을 알아보기 위해 대응분석(Correspondence analysis)을 XLSTAT를 이용하여 분석하였다.

## 결 과

### 1. 연구 해역의 동물플랑크톤

2011년 7월 통영, 진도, 여수, 11월 그리고 2012년 2월

**Table 1.** The average abundance of zooplankton composition in the three sampling areas

| | Month | July | | | Nov. | Feb. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Taxa./Station | | Tongyeong | Jindo | Yeosu | Yeosu | Yeosu |
| Dinoflagellate | | | | | | |
| | *Noctiluca scintillans* | | | 1 | 561 | 183 |
| Cnidarian | | | | | | |
| | Hydrozoa | 27 | 25 | 14 | 3 | * |
| | Siphonophora | 44 | | 166 | 14 | |
| Polychaete larvae | | 1 | | 8 | 25 | * |
| Chaetognatha | | | | | | |
| | *Sagitta crassa* | 82 | * | 76 | 124 | 14 |
| | *Sagitta enflata* | | | | 21 | * |
| | *Sagitta nagae* | 105 | | 38 | 10 | * |
| Cladocera | | | | | | |
| | *Podon polyphemoides* | 4 | | 1 | 29 | |
| | *Evadne tergestina* | 154 | | 707 | | |
| | *Penilia avirostris* | 1 | | 133 | 3 | |
| Unidentified Ostracoda | | | * | | | |
| Copepoda | | | | | | |
| | *Calanus sinicus* | 18 | 21 | 54 | 10 | 2 |
| | *Calanus* copepodite | 80 | 1 | 28 | 149 | 8 |
| | *Paracalanus parvus* s.l. | 6 | 39 | 190 | 2203 | 136 |
| | *Pavocalanus crassirostris* | | | | 34 | |
| | *Acrocalanus gibber* | | | | 5 | |
| | *Bestiolina coreana* | | * | | 76 | |
| | *Euchaeta indica* | | | 8 | | |
| | *Centropages tenuiremis* | 5 | | | | |
| | *Centropages dorsispinatus* | | | 1 | | |
| | *Centropages abdominalis* | | | | | 6 |
| | *Centropages* copepodite | | | 1 | | 48 |
| | *Pseudodiaptomus marinus* | | | 2 | 37 | 2 |
| | *Temora discaudata* | | | | 3 | |
| | *Labidocera rotunda* | 3 | | 10 | | |
| | *Labidocera* copepodite | 4 | 1 | 10 | | |
| | *Acartia hongi* | | 4 | | 626 | |
| | *Acartia pacifica* | | | 3 | 38 | |
| | *Acartia ohtsukai* | | | | 4 | |
| | *Acartia omorii* | 10 | | 1 | 542 | 3 |
| | *Acartia erythraea* | 2 | | | | |
| | *Acartia* copepodite | | | | 45 | 79 |
| | *Tortanus forcipatus* | 1 | | 2 | | |
| | *Tortanus* copepodite | | | | 3 | |
| | *Corycaeus affinis* | 10 | 1 | 68 | | 19 |
| | *Corycaeus* spp. | | | | 448 | |
| | *Oithona* spp. | | | | 671 | 121 |
| | *Oncaea* spp. | | | | 12 | |
| | Unidentified Harpacticoids | | | | 64 | 1 |
| Amphipod larvae | | | * | 1 | | |
| Appendicularia | | 3 | * | 2 | 1492 | 14 |
| Unidentified Salpidia | | | | | | |
| Cirriped larvae | | | | | 57 | 4 |
| Cirriped larvae-cyprid | | | | 3 | | |
| Cirriped larvae-nauplii | | 86 | * | 123 | | |
| Decapods larvae | | | | | 4 | * |
| Decapoda larvae-mysis | | 11 | 2 | 6 | | |
| Decapoda larvae-megalopa | | 1 | | 5 | | |
| Decapoda larvae-zoea | | 83 | 13 | 74 | | |
| Porcellana-zoea | | 3 | | 5 | | |
| Squila larvae | | | | 2 | | |
| Euphausiid larvae | | 16 | * | 19 | 3 | |
| Crustacean nauplius | | | * | | | |
| Bivalve larvae | | | | 10 | 7 | 2 |

**Table 1.** Continued

| Month | July | | | Nov. | Feb. |
|---|---|---|---|---|---|
| Taxa./Station | Tongyeong | Jindo | Yeosu | Yeosu | Yeosu |
| Gastropod larvae | | | 3 | 22 | 1 |
| *Ophiopluteus* larvae | 6 | 1 | 1 | 27 | * |
| Fish egg | 16 | 12 | 31 | | |
| Anchovy egg | 335 | 19 | 11 | | |
| Fish larvae | 10 | | 2 | | |
| Average | 1129 | 142 | 1817 | 7381 | 644 |

- * : < 1 ind. · $m^{-3}$

**Table 2.** Diet composition of *E. japonicus* in the three sampling areas at July (O%, frequency of occurrence; N%, percentage abundance)

| | | Tongyeong | | Jindo | | Yeosu | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Taxa. | | O (%) | N (%) | O (%) | N (%) | O (%) | N (%) |
| Cladocera | | | | | | | |
| | *Podon polyphemoides* | | | 4.4 | 0.2 | | |
| | *Evadne tergestina* | | | | | 16.4 | 0.4 |
| Copepoda | | | | | | | |
| | *Calanus sinicus* | 37.5 | 14.5 | 75.6 | 32.4 | 45.9 | 22.1 |
| | *Paracalanus parvus* s. l. | 53.1 | 41.6 | 46.7 | 7.6 | 50.8 | 5.3 |
| | *Euchaeta rimana* | | | 13.3 | 0.8 | 16.4 | 0.3 |
| | *Centropages dorsispinatus* | | | | | 3.3 | * |
| | *Labidocera rotunda* | | | 2.2 | 0.4 | 19.7 | 0.4 |
| | *Acartia hongi* | | | 20.0 | 3.5 | | |
| | *Tortanus forcipatus* | | | | | 6.6 | 0.1 |
| | *Oithona similis* | | | | | 3.3 | * |
| | *Corycaeus affinis* | 56.3 | 22.3 | 42.2 | 9.3 | 68.9 | 6.3 |
| | *Oncaea* sp. | | | 2.2 | 0.1 | | |
| | Unidentified Harpacticoids | 6.3 | 1.2 | 2.2 | 0.1 | 9.8 | 0.1 |
| | Copepoda nauplii | | | | | 6.6 | 0.1 |
| Amphipod larvae | | 3.1 | 0.6 | 4.4 | 0.2 | 9.8 | 0.1 |
| Decapod larvae - mysis | | | | 2.2 | 0.3 | 11.5 | 0.1 |
| Decapod larvae - megalopa | | 6.3 | 1.2 | | | 6.6 | 0.1 |
| Decapod larvae - zoea | | 15.6 | 3.0 | 17.8 | 1.5 | 62.3 | 4.9 |
| Bivalve larvae | | 9.4 | 1.8 | 4.4 | 0.3 | 31.1 | 1.0 |
| Gastropod larvae | | | | | | 4.9 | * |
| Cirriped larvae - cyprid | | 25.0 | 5.4 | 31.1 | 35.4 | 88.5 | 54.7 |
| Cirriped larvae - nauplii | | 15.6 | 8.4 | 13.3 | 1.9 | 54.1 | 2.9 |
| Undentified Eggs | | | | 2.2 | 0.2 | 9.8 | 0.1 |
| Fish larvae | | | | | | 3.3 | 0.1 |
| Phytoplankton | | | | | | | |
| | *Coscinodiscus* spp. | | | 11.1 | 6.0 | 31.1 | 0.8 |
| Vacuity index | | 66.67 | | 6.25 | | 1.69 | |
| Diversity index | | 1.98 | | 2.21 | | 2.50 | |
| Evenness index | | 0.86 | | 0.80 | | 0.82 | |

- * : < 0.1%

여수에서 각각 4개의 정점에서 채집된 동물플랑크톤을 분석하였다. 조사해역에서 출현한 동물플랑크톤 종조성을 살펴보면, 원생동물 1종, 미동정 해파리류, 미동정 다모류 유생 분류군, 모악류 3종, 지각류 3종, 요각류 19종, 4종의 미동정 요각류, 단각류, 미동정 미색류와 피낭류, 따개비 유생 및 십각류 유생, 난바다곤쟁이류, 이매패류 유생과 미동정 어란과 치자어 등 총 49개 분류군이 출현하였다 (Table 1). 동물플랑크톤 군집의 종조성은 시공간적으로 서로 다른 분포양상을 보이는데, 7월에는 통영 26종, 진도 18종 그리고 여수에서 32종의 동물플랑크톤이 출현하였고 11월과 2월 여수에서는 각각 32종과 18종의 동물플랑크톤이 나타났다. 조사기간 동안 한국 남해에서

는 모악류(*Sagitta crassa*)와 요각류(*Calanus sinicus, Paracalanus parvus* s.l., *Corycaeus* spp.)가 지속적으로 출현하였다.

7월 각 조사해역에서 출현한 동물플랑크톤의 평균 개체수는 통영 1,129 ind.·$m^{-3}$, 진도 142 ind.·$m^{-3}$ 그리고 여수에서 1,817 ind.·$m^{-3}$가 나타났으며, 여수에서 동물플랑크톤의 평균 출현 개체수가 가장 높았다. 계절에 따라 여수에서 출현한 동물플랑크톤의 평균 개체수는 11월 7,38 ind.·$m^{-3}$이 출현하였고 2월 644 ind.·$m^{-3}$로 멸치가 채집된 세 계절 동안 11월에 가장 많은 동물플랑크톤의 평균 개체수가 출현하였다(Table 1).

### 2. 지역별 먹이생물

지역별 먹이생물의 분석이 이루어졌던 7월은 많은 에너지가 요구되는 멸치의 산란시기로 총(전장 3 cm～11 cm) 203마리의 위 내용물을 분석하였다. 지역별 분석된 멸치는 통영 96개체, 진도 48개체, 여수 59개체로 각 지역에 따라 통영 8개 분류군, 진도 15개 분류군 그리고 여수에서 가장 많은 19개 분류군의 먹이생물이 나타났다(Table 2). 통영에서는 요각류 4종, 단각류, 십각류, 이매패류와 따개비 유생이 출현하였고, 진도에서 출현한 먹이생물은 지각류 1종, 요각류 8종, 단각류, 십각류, 이매패류, 따개비 유생과 미동정 어란, 그리고 식물플랑크톤이 나타났다. 가장 많은 먹이생물 분류군이 출현한 여수에서는 지각류 1종, 요각류 9종, 요각류 유생, 단각류, 십각류, 이매패류, 복족류, 따개비 유생, 미동정 어란과 자치어 그리고 식물플랑크톤이 출현하였다. 먹이생물의 출현빈도와 개체수는 조사지역에 따라 다르게 나타났지만, 전 조사지역에 걸쳐 많은 개체수가 출현한 먹이생물의 분류군은 요각류(＞34.7 N%)와 따개비 유생(＞13.7 N%)이었고, 전체 조사지역에서 출현한 멸치의 먹이생물은 요각류인 *C. sinicus, P. parvus* s.l., *C. affinis*, 미동정 Harpacticoids와 십각류의 zoea유생, 이매패류와 따개비 유생이었다. 이 외에 분석된 다른 먹이생물은 출현빈도는 높게 나타났지만 그 개체수가 적어 전체 먹이생물에서 상대적인 기여도가 낮았다.

7월에 채집된 멸치의 먹이생물 중 우점종은 조사지역에 따라 출현빈도와 개체수가 각각 다르게 나타났다. 통영에서는 소형 요각류인 *P. parvus* s.l. (53.1 O%, 41.6 N%)가 가장 우점하였고, *C. affinis* (56.3 O%, 22.3 N%)는 차우점종으로 나타났다. 진도에서는 따개비 유생의 cyprid기(31.1 O%, 35.4 N%)가 가장 우점하여 나타났고, 다음으로는 *C. sinicus* (75.6 O%, 32.9 N%)가 많이 출현하였다.

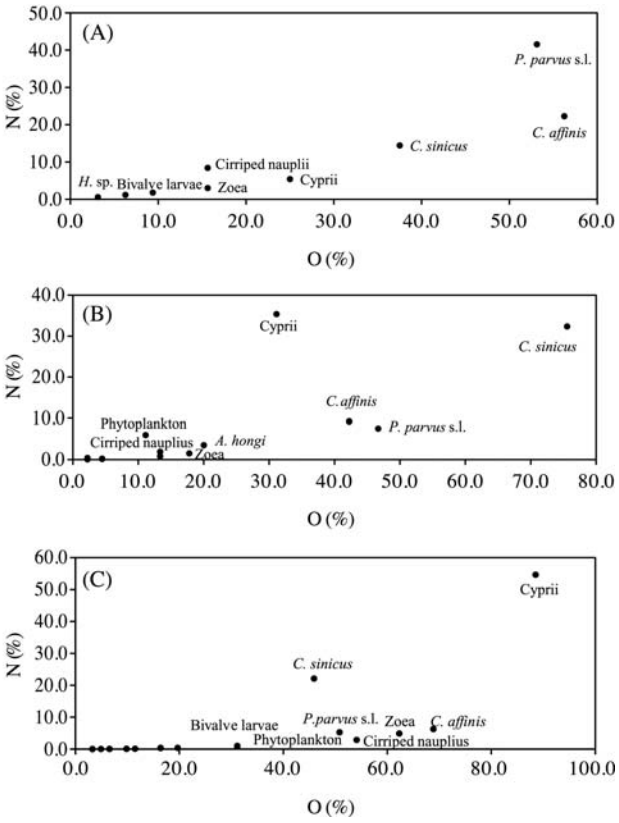


**Fig. 2.** Relative importance of major prey items in the stomachs in the three sampling areas at July (A) Tongyeong, (B) Jindo and (C) Yeosu.

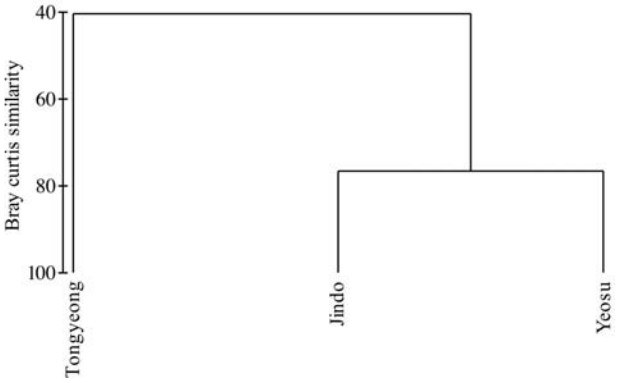


**Fig. 3.** Dendrogram produced by cluster analysis in the three sampling areas at July based on percentage of abundance (%N).

여수에서는 따개비 유생의 cyprid기(88.5 O%, 54.7 N%)가 높은 출현빈도와 개체수로 가장 우점하였고, *C. sinicus* (45.9 O%, 22.1 N%)와 *C. affinis* (68.9 O%, 6.3 N%)가 다른 먹이생물에 비해 상대적으로 중요한 먹이생물로 나타났다(Fig. 2).

**Table 3.** Electivity index of anchovy prey items calculated by relative abundance in the three sampling areas at July

| | Tongyeong | | | Jindo | | | Yeosu | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Stomach | Env. | E | Stomach | Env. | E | Stomach | Env. | E |
| *Evadne tergestina* | | | | | | | 0.41 | 38.88 | −0.98 |
| *Calanus sinicus* | 14.46 | 1.62 | 0.80 | 32.38 | 14.86 | 0.37 | 22.13 | 2.96 | 0.76 |
| *Paracalanus parvus* s. l. | 41.57 | 0.55 | 0.97 | 7.57 | 27.72 | −0.57 | 5.28 | 10.43 | −0.33 |
| *Centropages dorsispinatus* | | | | | | | 0.02 | 0.04 | −0.31 |
| *Labidocera rotunda* | | | | | | | 0.43 | 0.58 | −0.15 |
| *Acartia hongi* | | | | 3.53 | 2.92 | 0.09 | | | |
| *Tortanus forcipatus* | | | | | | | 0.06 | 0.08 | −0.20 |
| *Corycaeus affinis* | 22.29 | 0.91 | 0.92 | 9.25 | 0.89 | 0.82 | 6.31 | 3.76 | 0.25 |
| Amphiod larvae | | | | 0.17 | 0.11 | 0.19 | 0.09 | 0.05 | 0.28 |
| Decapod larvae - zoea | 3.01 | 7.38 | −0.42 | 1.51 | 9.38 | −0.72 | 4.92 | 4.10 | 0.09 |
| Decapod larvae - megalopa | 1.20 | 0.08 | 0.87 | | | | 0.11 | 0.27 | −0.41 |
| Decapod larvae - mysis | | | | 0.25 | 1.13 | −0.64 | 0.13 | 0.36 | −0.46 |
| Bivalve larvae | | | | | | | 1.05 | 0.54 | 0.32 |
| Gastropod larvae | | | | | | | 0.04 | 0.18 | −0.65 |
| Cirriped larvae - cyprid | | | | | | | 54.66 | 0.15 | 0.99 |
| Cirriped larvae - nauplii | 8.43 | 7.64 | 0.05 | 1.93 | 0.11 | 0.89 | 2.88 | 6.75 | −0.40 |
| Undentified Egg | | | | 0.17 | 8.28 | −0.96 | 0.13 | 1.71 | −0.86 |
| Fish larvae | | | | | | | 0.06 | 0.11 | −0.31 |

지역별 공위율은 통영에서 가장 높은 값을 보였고 여수에서 가장 낮은 값으로 공위율은 조사지역에 따라 다른 값을 나타냈다. 다양도 지수는 여수에서 가장 높게 나타났고 통영에서 가장 낮게 나타났다(Table 2).

유사도에 근거한 지역별 먹이생물의 집괴분석 결과 유사도 80% 수준에서 진도와 여수가 한 그룹으로 묶였고 통영은 별개의 그룹으로 구분되었다(Fig. 3). 진도와 여수에서 공통적으로 출현한 먹이생물 중 요각류는 *C. sinicus*, *P. parvus* s.l., *Euchaeta rimana*, *Labidocera rotunda*, *C. affinis*, 미동정 Harpacticoids이었고, 그 외에 단각류, 십각류 유생, 이매패류, 따개비 유생, 미동정 어란, 식물플랑크톤이 나타났다. 반면, 통영에서는 *C. sinicus*, *P. parvus* s.l., *C. affinis*, 미동정 Harpacticoids와 단각류, 십각류, 따개비 유생등이 먹이생물로 출현하였기 때문에 진도, 여수와는 다른 그룹으로 구분된 것으로 판단된다.

지역별 멸치의 먹이생물과 멸치가 채집된 조사해역에서 출현한 동물플랑크톤을 비교하여 먹이생물에 대한 선택성지수를 살펴보았다(Table 3). 통영에서는 zoea기의 십각류 유생의 선택성지수 −0.42를 제외하고 모든 먹이생물이 양의 값을 보였다. 특히, *P. parvus* s.l.와 *C. affinis*의 선택성지수는 각각 0.97과 0.92로 높은 양의 값을 보였고 다음으로 *C. sinicus*가 0.80의 양의 선택성지수를 나타냈다. 진도에서는 nauplii기의 따개비 유생이 0.89의 가장 높은 양의 선택성지수 나타냈고, 다음으로 *C. affinis*가 0.82의 양의 선택성지수를 나타냈다. 이외의 먹이생물의 선택성지수는 미동정 어란이 −0.96의 음의 값으로 높게 나타났다. 여수에서는 cyprid기의 따개비 유생이 0.99의 가장 높은 양의 선택성지수를 보였고, 다음으로는 *C. sinicus*가 0.76의 양의 선택성지수를 나타냈다. 지각류인

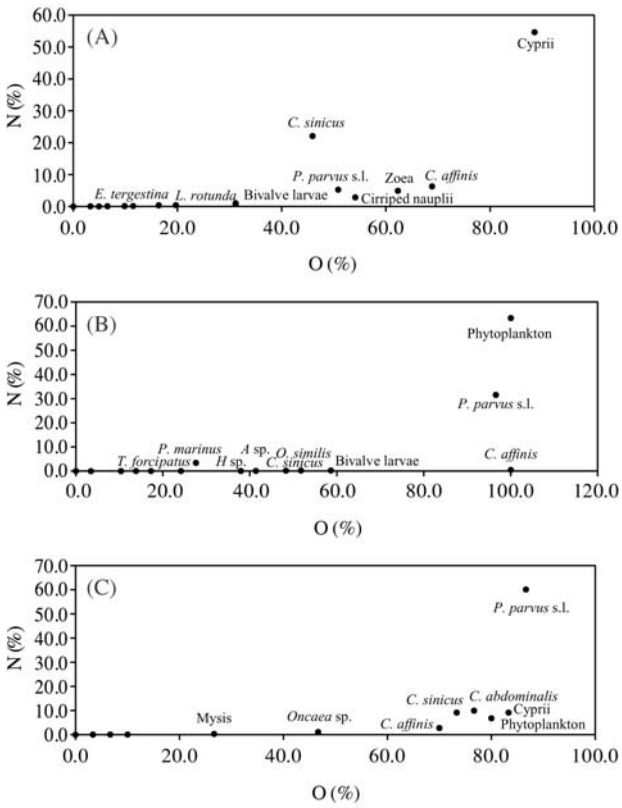


**Fig. 4.** Relative importance of major prey items in the stomachs in Yeosu at the each season (A) July, (B) November and (C) February.

**Table 4.** Diet composition of *E. japonicus* in Yeosu at the each season (O%, frequency of occurrence; N%, percentage abundance)

| | | July | | Nov. | | Feb. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Taxa. | | O (%) | N (%) | O (%) | N (%) | O (%) | N (%) |
| Unidentified ostracoida | | | | | | 3.3 | * |
| Cladocera | | | | | | | |
| | *Evadne tergestina* | 16.4 | 0.4 | | | | |
| | *Podon polyphemoides* | | | 3.4 | * | | |
| Copepoda | | | | | | | |
| | *Calanus sinicus* | 45.9 | 22.1 | 51.7 | 0.3 | 73.3 | 9.2 |
| | *Paracalanus parvus* s.l. | 50.8 | 5.3 | 96.6 | 31.6 | 86.7 | 60.1 |
| | *Pseudodiaptomus marinus* | | | 27.6 | 3.5 | | |
| | *Calanopia thompsoni* | | | 3.4 | * | | |
| | *Euchaeta rimana* | 16.4 | 0.3 | | | 3.3 | * |
| | *Centropages dorsispinatus* | 3.3 | * | | | | |
| | *Centropages abdominalis* | | | | | 76.7 | 10.0 |
| | *Labidocera rotunda* | 19.7 | 0.4 | | | | |
| | *Acartia* sp. | | | 41.4 | 0.1 | 3.3 | 0.1 |
| | *Tortanus forcipatus* | 6.6 | 0.1 | 24.1 | 0.1 | | |
| | *Oithona similis* | 3.3 | * | 48.3 | 0.2 | 10.0 | 0.1 |
| | *Corycaeus affinis* | 68.9 | 6.3 | 100.0 | 0.5 | 70.0 | 2.8 |
| | *Oncaea* sp. | | | | | 46.7 | 1.1 |
| | Unidentified Harpacticoids | 9.8 | 0.1 | 37.9 | 0.1 | 6.7 | 0.1 |
| | Copepoda nauplii | 6.6 | 0.1 | 10.3 | * | 3.3 | * |
| Amphiod larvae | | 9.8 | 0.1 | | | | |
| Decapoda larvae - mysis | | 11.5 | 0.1 | 3.4 | * | 26.7 | 0.3 |
| Decapoda larvae - megalopa | | 6.6 | 0.1 | | | | |
| Decapoda larvae - zoea | | 62.3 | 4.9 | | | | |
| Bivalve larvae | | 31.1 | 1.0 | 58.6 | 0.3 | 3.3 | * |
| Gastropod larvae | | 4.9 | 0.0 | 10.3 | * | | |
| Cirriped larvae - cyprid | | 88.5 | 54.7 | 13.8 | * | 83.3 | 9.2 |
| Cirriped larvae - nauplii | | 54.1 | 2.9 | 17.2 | * | 6.7 | 0.1 |
| Undentified Egg | | 9.8 | 0.1 | | | 3.3 | * |
| Fish larvae | | 3.3 | 0.1 | | | | |
| Phytoplankton | | | | | | | |
| | *Coscinodiscus* spp. | 31.1 | 0.8 | 100.0 | 63.4 | 80.0 | 6.8 |
| Vacuity index | | 1.61 | | 3.33 | | 0.00 | |
| Diversity index | | 2.67 | | 2.47 | | 2.30 | |
| Evenness index | | 0.86 | | 0.87 | | 0.81 | |

- * : < 0.1%

*E. tergestina*는 −0.98의 음의 선택성지수를 나타냈고, 미동정 어란도 −0.86의 음의 값을 나타냈다. 이 외에, 음의 선택성지수를 나타낸 먹이생물은 9개 분류군(*P. parvus* s.l., *Centropages dorsispinatus, L. rotunda, Tortanus forcipatus*, megalopa기와 mysis기의 십각류 유생, 복족류, nauplii기의 따개비 유생, 미동정 자치어)으로 낮은 먹이생물 선호도를 보였다.

### 3. 계절별 먹이생물

계절에 따른 멸치의 먹이생물 분석을 위하여 하계 62개체, 추계 30개체 그리고 동계 30개체로 여수에서 채집된 멸치(전장 3～11 cm)를 이용하였다. 각 계절별로 분석된 멸치의 먹이생물은 총 26개 분류군으로 하계 20개 분류군, 추계 18개 분류군, 동계 17개 분류군으로 하계에 가장 많은 먹이생물 분류군이 출현하였다(Table 4). 하계에 출현한 먹이생물은 지각류 1종, 요각류 11종, 요각류 유생, 단각류, 발달 단계별 십각류 유생, 연체동물 유생, 따개비 유생, 미동정 어란과 자치어 그리고 식물플랑크톤인 *Coscinodiscus* spp.이었다. 추계에 분석된 먹이생물은 지각류 1종, 요각류 11종, 요각류 유생, mysis기의 십각류 유생, 이매패류, 복족류, 따개비 유생 그리고 식물플랑크톤이었다. 동계에는 미동정 패충류와 요각류 10종, 십각류 유생, 이매패류, 따개비 유생, 미동정 어란 그리고 식물플랑톤이 먹이생물로 분석되었다. 계절별 우점종을 살펴보면, 하계에 우점한 먹이생물은 따개비 유생(57.5 N%)

**Table 5.** Contingency table analysis of the seasonal variation of 8 different categories of prey items found in the stomachs. Values are total number of prey examined in each season, with expected values given in parentheses. $\chi^2$-statistics are highly significant (***P< 0.001)

| Prey type | | July | Nov. | Feb. | $N_1$ | $\chi^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Copepoda | | | | | | |
| | Calanoids | 1509 (2038) | 7284 (7843) | 2099 (1010) | 10892 | 1350.38 |
| | Cyclopoids | 338 (109) | 139 (420) | 106 (54) | 583 | 717.95 |
| | Harpacticoids | 5 (4) | 14 (15) | 2 (2) | 21 | 0.38 |
| Decapod larvae | | 276 (54) | 1 (206) | 9 (27) | 286 | 1140.37 |
| Other crustaceans | | 30 (7) | 4 (26) | 2 (3) | 36 | 99.41 |
| Molluscs | | 58 (22) | 60 (86) | 1 (11) | 119 | 74.16 |
| Cirriped larvae | | 3074 (623) | 10 (2397) | 244 (309) | 3328 | 12037.93 |
| Phytoplankton | | 42 (2475) | 13006 (9526) | 180 (1227) | 13228 | 4557.22 |
| $N_1$ | | 5332 | 20518 | 2643 | 28493 | |
| $\chi^2$ | | 13720.41 | 4106.25 | 2151.15 | | 19977.81*** |

**Table 6.** Electivity index of anchovy prey items calculated by relative abundance in Yeosu

| | July | | | Nov. | | | Feb. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Taxa. | Gut | Env. | E | Gut | Env. | E | Gut | Env. | E |
| Unidentified Ostracoida | | | | | | | 0.04 | | |
| *Evadne tergestina* | 0.41 | 38.88 | −0.98 | | | | | | |
| *Podon polyphemoides* | | 0.06 | −1.00 | 0.00 | 0.39 | −0.98 | | | |
| *Calanus sinicus* | 22.13 | 2.96 | 0.76 | 0.26 | 0.13 | 0.32 | 9.15 | 0.36 | 0.92 |
| *Paracalanus parvus* s.l. | 5.28 | 10.43 | −0.33 | 31.57 | 29.84 | 0.03 | 60.14 | 21.13 | 0.48 |
| *Pseudodiaptomus marinus* | | | | 3.45 | 0.50 | 0.75 | | 0.38 | −1.00 |
| *Calanopia thompsoni* | | | | 0.00 | | 1.00 | | | |
| *Euchaeta rimana* | 0.34 | 0.44 | −0.13 | | | | 0.04 | | 1.00 |
| *Centropages dorsispinatus* | 0.02 | 0.04 | −0.31 | | | | | | |
| *Centropages abdominalis* | 0.00 | | | | 0.10 | −1.00 | 9.98 | 0.90 | 0.83 |
| *Labidocera rotunda* | 0.43 | 0.58 | −0.15 | 0.05 | 16.41 | −0.99 | | | |
| *Acartia* sp. | | | | 0.10 | 17.02 | −0.99 | 0.08 | 0.43 | −0.70 |
| *Tortanus forcipatus* | 0.06 | 0.08 | −0.20 | 0.06 | | 1.00 | 0.00 | | |
| *Oithona similis* | 0.02 | | 1.00 | 0.18 | 9.09 | −0.96 | 0.11 | 18.78 | −0.99 |
| *Corycaeus affinis* | 6.31 | 3.76 | 0.25 | 0.50 | 6.08 | −0.85 | 2.80 | 2.94 | −0.02 |
| *Oncaea* sp. | | | | | 0.17 | −1.00 | 1.10 | | 1.00 |
| Unidentified Harpacticoids | 0.09 | | 1.00 | 0.07 | 0.86 | −0.85 | 0.08 | 0.13 | −0.25 |
| Copepoda nauplius | 0.06 | | 1.00 | 0.01 | | 1.00 | 0.04 | | 1.00 |
| Amphiod larvae | 0.09 | 0.05 | 0.28 | | | | | | |
| Decapoda larvae - mysis | 0.13 | 4.10 | −0.94 | 0.00 | 0.06 | −0.85 | 0.34 | 0.04 | 0.77 |
| Decapoda larvae - megalopa | 0.11 | 0.27 | −0.41 | | | | | | |
| Decapoda larvae - zoea | 4.92 | 0.36 | 0.87 | | | | | | |
| Bivalve larvae | 1.05 | 0.54 | 0.32 | 0.26 | 0.10 | 0.46 | 0.04 | 0.27 | −0.76 |
| Gastropod larvae | 0.04 | 0.18 | −0.65 | 0.03 | 0.30 | −0.82 | 0.00 | 0.23 | −1.00 |
| Cirriped larvae - cyprid | 54.66 | 6.75 | 0.78 | 0.02 | | 1.00 | 9.15 | | 1.00 |
| Cirriped larvae - nauplii | 2.88 | 0.15 | 0.90 | 0.03 | | 1.00 | 0.08 | | 1.00 |
| Undentified Egg | 0.13 | 1.71 | −0.86 | | | | 0.04 | | 1.00 |
| Fish larvae | 0.06 | 0.11 | −0.31 | | | | | | |

과 요각류 (34.7 N%)였고, 추계에는 식물플랑크톤 (63.4 N%)이 가장 우점하는 먹이생물로 출현하였다. 동계는 요각류 (83.5 N%)가 전체 출현한 먹이생물 중 우점종이었다. 전 계절에 걸쳐 출현한 요각류는 *C. sinicus*, *P. parvus* s.l., *Oithona similis*, *C. affinis*, 미동정 Harpacticoids였다. 이 외에 출현한 요각류는 하계 *C. dorsispinatus*, *L. rotunda*와 추계 *Calanopia thompsoni* 그리고 동계에는 *Centropages abdominalis*로 계절의 특성에 따라 나타난 시기가 달랐다.

여수에서 채집된 멸치의 공위율은 하계 1.6%, 추계

3.3% 그리고 동계 0%의 값을 나타났다. 여수에서 채집된 멸치 먹이생물의 다양도 지수는 하계에서 동계로 가면서 그 값이 낮아졌고 균등도 지수는 동계에 가장 낮은 값을 나타냈다(Table 4).

여수에서 채집된 멸치 먹이생물의 출현빈도와 개체수는 계절에 따라 다른 분포 양상을 나타냈다(Fig. 4). 하계에는 따개비 유생의 cyprid기(88.5 O%, 54.7 N%)가 가장 우점하였고, *C. sinicus* (45.9 O%, 22.1 N%)가 차우점종의 먹이생물이었다. 추계에 가장 우점한 먹이생물은 식물플랑크톤으로 규조류인 *Coscinodiscus* spp. (100.0 O%, 63.4 N%)가 분석된 모든 멸치에서 출현하였고, *P. parvus* s.l. (96.6 O%, 31.6 N%)도 높은 출현 빈도와 개체수를 나타냈다. 동계에 분석된 멸치의 먹이생물 중에는 *P. parvus* s.l. (86.7 O%, 60.1 N%)가 먹이생물 분류군 가운데 가장 높은 출현양상을 보였다. 다음으로 우점한 먹이생물은 동계에 주로 출현하는 냉수성 연안종인 *C. abdominalis* (76.7 O%, 10.0 N%)였다.

멸치의 먹이생물은 계절에 따라 상당한 차이(df=14, $P<0.001$)가 나타났다(Table 5). 먹이생물 가운데, 따개비 유생($\chi^2$=12037.93)과 식물플랑크톤인 *Coscinodiscus* spp. ($\chi^2$=4557.21)이 높은 계절적 변화를 나타냈고, 멸치의 위내용물을 분석한 계절 중에는, 하계($\chi^2$=13720.41)에 먹이생물의 주요 변화가 나타났다.

계절에 따른 멸치의 먹이생물 선택성지수는 하계 따개비 유생의 nauplii기(0.90), cyprid기(0.78)와 zoea기의 십각류 유생(0.87)이 가장 높은 양의 값을 나타냈으며, 총 17개 먹이생물 분류군 중 7개 분류군이 양의 선택성을 보였고, 나머지 먹이생물 분류군은 음의 선택성을 보였다. 추계에는 *Pseudodiaptomus marinus* (0.75)를 가장 높은 양의 값으로 선택하였다. 또한, 이매패류(0.46), *C. sinicus* (0.32) 그리고 *P. parvus* s.l. (0.03)를 양의 값으로 먹이생물을 선택하였으나 그 값이 높지 않았다. 이 외에 나머지 먹이생물은 높은 음의 선택성을 보여 수층내에서 많이 존재했던 동물플랑크톤을 먹이생물로 선택하지 않았다. 동계에 채집된 먹이생물은 *C. sinicus* (0.92)와 *C. abdominalis* (0.83)가 양의 값을 보였다. 먹이생물 중 *O. similis*는 해양의 수층에서는 많은 개체수를 보인 반면, 위 속에서는 적은 개체수 출현으로 높은 음의 값(−0.99)을 보였다(Table 6).

계절별 멸치 먹이생물의 대응분석 결과, 각 계절에 따라 다른 먹이 그룹이 출현하였고, 축1과 축2는 각각 7.0%와 30.0%의 값을 나타냈고, 그래프는 계절에 따라 멸치 먹이생물의 연관성을 명확히 나타냈다. 하계에는 1사분면에서 먹이생물인 따개비 유생, 요각류인 *L. rotunda*, *E. rimana*, *C. affinis*, 이매패류, 복족류와 난자치어 등이 높은 연관성을 나타냈다. 2사분면에 나타난 추계는 먹이생물 중 식물플랑크톤과 요각류인 *P. marinus*, *O. similis* 등과 높은 연관성을 보였으며, 동계는 3사분면에 위치하여 *C. abdominalis*, *Oncaea* spp., *P. parvus* s.l. 등의 먹이생물과 연관성을 나타냈다(Fig. 5).

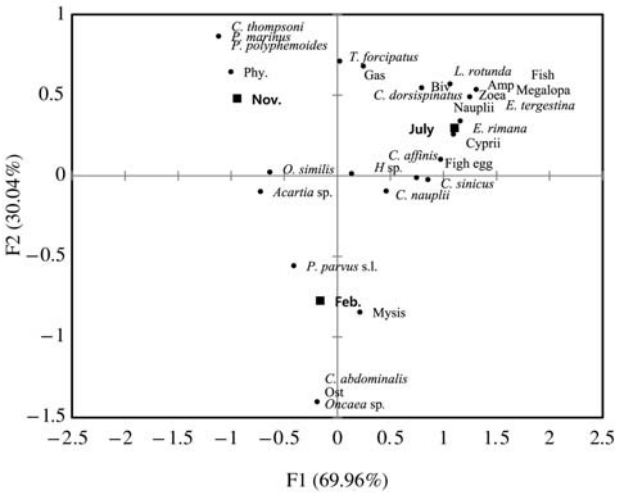


**Fig. 5.** Correspondence analysis for prey items and areas (CA based on N%).

## 고 찰

다양한 해양 생태계의 환경 요인 변동은 멸치의 생존과 분포에 영향을 미치는데 특히, 생물학적 요인 중 하나인 먹이생물의 이용은 멸치의 성장률과 사망률에 많은 영향을 미친다(Basilone *et al.* 2006). 이러한 먹이생물은 동·식물플랑크톤을 포함하는 부유생물로 멸치와 같은 많은 소형 유영어류들에게 이용된다(Bulagkova 1993). 이번 연구에서도 멸치는 요각류와 갑각류 등 다양한 동물플랑크톤과 식물플랑크톤을 섭이하는 것으로 조사되었다.

멸치의 먹이생물은 멸치가 분포하는 서식지에 따라 다양하게 나타나고, 이는 멸치의 먹이 섭이 활동에 영향을 미친다고 보고되었다(Tudela and Palomera 1997). 이번 연구에서도 지역에 따라 분석된 먹이생물의 유사도는 80% 수준에서 진도와 여수가 한 그룹이었고 통영은 별개의 그룹으로 나눠져 지역에 따른 멸치의 먹이생물의 차이를 확인할 수 있었다.

플랑크톤 식성의 어류는 먹이생물의 밀도가 낮으면 먹이생물의 포획빈도가 낮아져 선택성이 낮아진다(Confer

and Blades 1975; Munk 1995). 조사 해역에 따른 멸치의 먹이생물 선택도는 통영에서 가장 낮은 먹이 선택성을 보였는데, 이는 조사해역에 따라 서로 다른 수괴를 가지며 또한 해역별 먹이생물로 출현한 동물플랑크톤의 군집 차이에 의해 나타난 결과로 판단된다 (Tudela and Palomera 1997). 또한, 연구해역에 따라 진도와 여수에서는 공위율이 낮았고 먹이생물의 다양도는 높았던 반면, 통영에서는 높은 공위율과 낮은 다양도를 보였다. 이는 영양학적 조건이 좋고 높은 생산력을 지닌 해양환경은 플랑크톤 식성 어류의 생존과 가입에 중요한 역할을 한다는 사실을 보여주고 있다 (Alheit 2009; Bergeron 2009). 멸치의 성장과 생존은 성육장에서의 먹이생물 이용에 따라 크게 영향을 받는 것으로 알려져 있다 (Takahashi and Watanabe 2005; Yasue *et al.* 2010). 이번 연구에서는 진도와 여수가 통영에 비해 영양학적 해양환경이 비교적 좋은 것으로 나타났고, 이러한 환경이 멸치의 성육장으로 중요한 요소가 될 것으로 여겨진다. 하지만 지역에 따른 영양학적 해양환경을 좀 더 정확하게 파악하기 위해서는 추후 정밀 조사가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

멸치가 채집된 세 지역에서는 하계 해양환경에서 우점하는 따개비 유생 이외에 해양환경에서는 많은 개체수가 출현하지 않았지만 비교적 크기가 큰 동물플랑크톤 (*C. sinicus*, 단각류)과 정량적인 분석은 이루어지지 않았으나 상대적으로 많은 개체수가 나타났을 것으로 추정되는 식물플랑크톤(규조류)을 먹이생물로 선호하였다. 멸치와 같이 먹이생물을 시각적으로 인지하여 섭이가 가능한 어류들은 먹이생물의 크기에 따라 먹이를 선택하며 크기가 큰 종일수록 우점적인 먹이가 된다고 밝혀져 왔다 (Confer and Blades 1975; Plounevez and Champalbert 1999). 따라서 멸치는 비교적 풍부한 먹이 조건하에서는 선택적 먹이 이용이 나타나는 것으로 판단된다.

Bacha and Amara (2009)에 의하면 멸치의 먹이생물은 공간적 분포의 차이뿐만 아니라, 계절에 따라서도 다르게 발생한다고 언급하였다. 여수에서 채집된 멸치의 먹이생물은 계절에 따라 차이를 나타냈고, 이는 플랑크톤의 시·공간적 군집 구조의 변화에 따른 것으로 판단된다 (Kang and Jeon 1999). 계절별로 채집된 멸치의 먹이생물은 동물플랑크톤과 식물플랑크톤 모두를 섭취하는 잡식성으로 나타났으며, 이와 같은 결과는 기존의 연구 결과들과 일치한다 (Bulgakova 1993; Chiappa-Carrara and Gallardo-Cabello 1993; Park and Cha 1995; Espinoza and Bertrand 2008; Schaber *et al.* 2010). 각 계절에 따라 우점한 먹이생물은 하계에 따개비 유생과 요각류인 *C. sinicus* 였고, 추계에는 식물플랑크톤과 기수성 요각류인 *P. marinus*였으며, 동계에는 *P. parvus* s.l와 냉수성 요각류인 *C. abdominalis*가 나타났다. 이러한 결과를 바탕으로 한국 남해의 멸치는 식물플랑크톤과 동물플랑크톤을 모두 섭이하면서 해양환경 변화에 따른 높은 적응력과 유연성을 보인다고 판단된다 (Bulgakova 1993).

멸치의 먹이생물 섭이 방식에는 크게 두 가지로 나뉘는데, 크기가 작은 다량의 먹이생물 (예: 식물플랑크톤, 요각류의 난, 이매패류 등)은 한꺼번에 포식하는 형태의 여과 섭이를 하는 반면, 크기가 큰 먹이생물 (예: 요각류의 성체, 어류의 자치어 등)은 포획하여 섭이한다 (Konchina 1991; Bulgakova 1993; Chippa-Carrara and Gallardo-Cabello 1993). 또한, 멸치는 먹이생물이 증가하면 먹이 섭이 방식을 씹는 방법에서 여과 섭이를 하는데 (Bulgakova 1996), 하계에 일시적 대발생을 보였던 따개비 유생과 추계에 대증식을 하였던 식물플랑크톤을 여과 섭이를 하는 것으로 여겨진다. 또한 멸치는 하계에 해양환경에서 우점한 지각류 *E. tergestina* (38.9 N%)보다는 *C. sinicus* (3.0 N%)를 선택하였고, 추계와 동계에는 *P. parvus* s.l. (29.8, 21.1 N%)보다는 각각 *P. marinus* (0.5 N%)와 *C. abdominalis* (0.9 N%)를 선택하여 해양환경에 우점한 동물플랑크톤보다는 상대적으로 크기가 큰 먹이생물을 선택적으로 섭이하는 것으로 보여진다.

한국 남해에서 채집된 멸치의 먹이생물은 멸치가 서식하는 지역과 계절의 차이에 따른 먹이생물의 변동뿐만 아니라, 멸치의 생활사에 따른 먹이생물 선택의 변동도 보였다. 한국 남해에서 멸치의 산란 시기는 5월에서 7월 (Kim and Kang 1992)로 산란 시기의 멸치는 많은 에너지 소모가 요구되며 (Plounevez and Champalbert 1999; Bacha and Amara 2009), 이 연구의 조사시기인 하계 여수에서는 먹이생물의 다양도는 높은 반면, 공위율은 낮았다. 이는 성공적인 산란을 위해 필요한 에너지를 얻기 위한 먹이생물의 선택에 의한 것으로 생각된다 (Xue *et al.* 2005).

결론적으로, 한국 남해의 멸치는 서식하고 있는 지역에 따른 동물플랑크톤의 군집 구조의 차이에 따라 먹이생물의 선택성이 달라졌고, 계절에 따른 플랑크톤의 군집 구조에 따라 먹이생물의 종류와 섭이 형태가 달라졌다. 한국 남해의 멸치는 식물플랑크톤과 동물플랑크톤을 모두 섭이하면서 높은 적응력과 먹이생물에 유연성을 보였다. 이러한 먹이생물의 섭이 방식을 통해 멸치는 공간적 또는 계절적으로 많은 변동이 일어나는 한국 남해의 해양환경에서 생존하며 소형 유영 어류 중 가장 많은 어획량을 보인다고 생각된다. 또한, 한국 남해의 멸치는 해양에서 플랑크톤과 상위 영양 단계를 연결하는 중

간 영양단계에 있는 중요한 어류로써, 그 생태학적 가치가 높다고 판단된다.

## 적 요

멸치는 한국 남해에서 가장 많이 어획되는 어류이며, 상업적으로도 중요한 수산 자원 중 하나로써, 이 연구는 한국 남해에 서식하는 멸치의 지역별, 계절별 먹이생물의 차이를 통해 멸치의 주 먹이생물과 섭이 생태를 알고, 이를 통해 멸치의 생태학적 위치의 중요성에 대해 살펴보고자 한다. 2011년 7월부터 2012년 2월까지 한국 남해의 통영, 진도 그리고 여수에서 채집된 멸치의 먹이생물 분석과 멸치가 채집된 해역에서의 동물플랑크톤 군집 구조를 분석하였다. 조사된 멸치의 먹이생물은 조사 해역과 시기에 따라 차이가 나타났다. 여수와 진도에서 7월에 출현한 멸치의 먹이생물은 따개비 유생의 cyprid기 (＞35%)와 요각류인 *Calanus sinicus* (＞22%)가 우점하여 나타난 반면, 통영에서는 소형 요각류인 *Paracalanus parvus* s.l. (41%)와 *Corycaeus affinis* (22%)가 우점하여 나타났다. 같은 조사기간 동안 각 해역에서 출현한 동물플랑크톤은 여수에서 지각류인 *Evadne tergestina* (39%), 진도에서 *Paracalanus parvus* s.l. (28%)와 통영에서 *Evadne tergestina* (14%)가 우점하여 나타났다. 계절에 따라 살펴보면, 하계에 우점한 먹이생물은 따개비 유생과 요각류였고, 추계에는 식물플랑크톤과 요각류 *Pseudodiaptomus marinus*, 동계에는 *Paracalanus parvus* s.l.와 냉수성 요각류인 *Centropages abdominalis*가 가장 우점하는 먹이생물로 출현하였다. 계절에 따라 채집된 멸치의 먹이생물 선택성은 하계에 조사해역에서 우점한 지각류인 *Evadne tergestina* (39%)보다 작게 출현한 *Calanus sinicus* (3%)의 선택성이 높았고, 추계와 동계에 조사해역에서 우점종이었던 *Paracalanus parvus* s.l. (30%, 21%)보다 각각 *Pseudodiaptomus marinus* (0.5%) and *Centropages abdominalis* (0.9%)를 높게 선택하였다. 한국 남해의 멸치는 서식하고 있는 지역에 따른 동물플랑크톤의 군집 구조의 차이에 따라 먹이생물의 선택성이 달라졌다. 또한, 계절에 따른 플랑크톤의 군집 구조에 따라 먹이생물의 종류와 섭이 형태가 달라졌다. 한국 남해의 멸치는 식물플랑크톤과 동물플랑크톤을 모두 섭이하면서 높은 적응력과 먹이생물에 유연성을 보였다. 이러한 멸치의 먹이생물 섭이 방식은 공간적 또는 계절적으로 많은 변동이 일어나는 한국 남해 연안 해역에서 생존하는데 필수적인 것으로 보여진다.

## REFERENCES

Alheit J. 2009. Consequences of regime shifts for marine food webs. Int. J. Earth Sci. 98:261-268.

Bacha M and R Amara. 2009. Spatial, temporal and ontogenetic variation in diet of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) on the Algerian coast (SW Mediterranean). Estuar. Coast. Shelf Sci. 85:257-264.

Basilone G, C Guisande, B Partti, S Mazzola, A Cuttitta, A Bonanno, AR Vergara and I Maneiro. 2006. Effect of habitat conditions on reproduction of the European anchovy (*Engraulis encrasicolus*) in the Strait of Sicily. Fish. Oceanogr. 15:271-280.

Bergeron JP. 2009. Nutritional condition of anchovy *Engraulis encrasicolus* larvae in connection with mesozooplankton feeding catabolism in the southern Bay of Biscay, NE Atlantic. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 377:76-83.

Bulgakova YV. 1993. Daily feeding dynamics of the Black Sea anchovy, *Engraulis encrasicolus*. J. Ichtyol. 33:78-88.

Bulgakova YV. 1996. Feeding in the Black Sea anchovy; Diet composition, feeding behavior, feeding periodicity and daily rations. Sci. Mar. 60:283-284.

Catalan IA, A Folkvord, I Palomera, G Quilez-Badia, F Kallianoti, A Tselepides and A Kallianotis. 2010. Growth and feeding patterns of European anchovy (*Engraulis encrasicolus*) early life stages in the Aegean Sea (NE Mediterranean). Estuar. Coast. Shelf Sci. 86:299-312.

Cha BY, BQ Hong, HS Jo, HS Sohn, YC Park, WS Yang and OK Choi. 1997. Food habits of the yellow goosefish, *Lophius litulon*. J. Korean Fish. Soc. 30:95-104.

Chiappa-Carrara X and M Gallardo-Cabello. 1993. Feeding behavior and dietary composition of the Northern anchovy, *Engraulis mordax* Girard (Pisces: Engraulidae), off Baja California, Mexico. Sci. Mar. 19:285-305.

Chihara M and M Murano. 1997. An illustrated guide to marine plankton in Japan. Tokai University Press. Tokyo. 1270pp.

Choo HS and DS Kim. 1998. The effect of variations in the Tsushima warm currents on the egg and larval transport of anchovy in the Southern Sea of Korea. J. Korean Fish. Soc. 31:226-244.

Confer JL and PI Blades. 1975. Omnivorous zooplankton and planktivorous fish. Limnol. Oceanog. 20:571-579.

Diaz MV, M Pajaro, MP Olivar, P Martos and GJ Macchi. 2011. Nutritional condition of Argentine anchovy *Engraulis anchoita* larvae in connection with nursery ground properties. Fish. Res. 109:330-341.

Espinoza P and A Bertrand. 2008. Revisiting Peruvian anchovy (*Engraulis ringens*) trophodynamics provides a new vision

of the Humbolt Current system. Prog. Oceanogr. 79:215-227.

Huh SH. 1999. Feeding habits of Hairtail, *Trichiurus lepturus*. Korean J. Ichthyol. 11:191-197.

Hunter JR. 1972. Swimming and feeding behavior of larval anchovy *Engraulis mordax*. Fish. Bull. 70:821-838.

Im JY and IS Ok. 1977. Study in the distribution and appearance of anchovy egg and larvae in the Korean coastal waters. Res. Rep. Nat. Fish. Res. Dev. Agency 16:73-85.

Ivlev VS. 1961. Experimental ecology of feeding of fish. Yale Univ. Press. New Haven. 302pp.

Kang YS and KA Jeon. 1999. Biological and chemical characteristics and trophodynamics in the frontal zone in the southern waters of Korea. J. Korean Fish. Soc. 32:22-29.

Kim JY and YM Choi 1988. Vertical Distribution of anchovy, *Engraulis japonica* Eggs and larvae. Bull. Korean Fish. Soc. 21:139-144.

Kim JY and NCH Lo. 2001. Temporal variation of seasonality of egg production and the spawning biomass of Pacific anchovy, *Engraulis japonicus*, in the southern waters of Korea in 1983-1994. Fish. Oceanogr. 10:297-310.

Kim JY and YJ Kang. 1992. Spawning ecology of anchovy, *Engraulis japonica*, in the Southern Waters of Korea. Bull. Korean Fish. Soc. 25:331-340.

Kim SH and IC Pang. 2005. Distribution and characteristic of Transport mechanism of eggs and larvae of anchovy, *Engraulis japonica*, in the Southwestern Sea of Korea in July and November, 2001. J. Korean Fish. Soc. 38:331-341.

Ko JC, YI Seo, HY Kim, SK Kil, HK Cha and JI Kim. 2010. Distribution characteristics of eggs and larvae of the anchovy *Engraulis japonicus* in the Yeosu and Tongyeong coastal waters of Korea. Korean J. Ichthyol. 22:256-266.

Konchina YV. 1991. Trophic status of the Peruvian anchovy and sardine. J. Ichthyol. 31:59-72.

Lee CI, HJ Lee and SE Park. 2009. Influence of water temperature during the main spawning period on anchovy catch. Korean J. Fish. Aquat. Sci. 42:297-301.

Munk P. 1995. Foraging behavior of larval cod (*Gadus morhua*) influenced by prey density and hunger. Mar. Biol. 122:205-212.

NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute). 2010. Korean coastal and off shore fishery census. pp. 26-27.

O'Connell CP. 1972. The interrelation of biting and filtering in the feeding activity if the Northern Anchovy (*Engraulis mordax*). J. Fish. Res. Bd. Canada 29:285-293.

Park JP and SS Cha. 1995. Food organisms of postlarvae of Japanese anchovy (*Engraulis japonica*) in Kwangyang Bay. J. Korean Fish. Soc. 28:247-252.

Pielou EC. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. J. Theoret. Biol. 13:131-144.

Plounevez S and G Champalbert. 1999. Feeding behavior and trophic environment of *Engraulis encrasicolus* (L.) in the Bay of Biscay. Estuar. Coas. Shelf Sci. 49:177-191.

Schaber M, C Petereit and M Paulsen. 2010. Diet composition and feeding of European anchovy *Engraulis encrasicolus* in Kiel Bight, western Baltic Sea. J. Fish Biol. 76:1856-1862.

Shannon CE and W Weaver. 1963. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press. Urbana. 144pp.

Takahashi A, M Kuroki, Y Niizuma, A Kato, S Saitoh and Y Watanuki. 2001. Importance of the Japanese anchovy (*Engraulis japonicus*) to breeding rhinoceros auklets (*Cerorhinca monocerata*) in Teuri Island, Sea of Japan. Mar. Biol. 139:361-371.

Takahashi M and Y Watanabe. 2005. Effects of temperature and food availability on growth rate during late larval stage of Japanese anchovy (*Engraulis japonicus*) in the Kuroshio-Oyashio transition region. Fish. Oceanogr. 14:223-235.

Tudela S and I Palomera. 1997. Trophic ecology of the European anchovy *Engraulis encrasicolus* in the Catalan Sea (northwest Mediterranean). Mar. Ecol. Prog. Ser. 160:121-134.

Xue Y, X Jin, B Zhang and Z Liang. 2005. Seasonal, dial and ontogenetic variation in feeding patterns of small yellow croaker in the central Yellow Sea. J. Fish Biol. 67:33-50.

Yamaji I. 1966. Illustrations of the marine plankton of Japan. Hoikusha Publishing Co. Ltd. Japan. 535 pp.

Yasue N, R Doiuchi, Y Yoshimoto and T Takeuchi. 2010. Diet of late larval Japanese anchovy *Engraulis japonicus* in the Kii Channel, Japan. Fish. Sci. 76:63-73.

Received: 28 August 2013
Revised: 23 September 2013
Revision accepted: 24 September 2013