

# 통영 연안에서 출현하는 멸치 (*Engraulis japonicus*)의 위내용물 조성

조재익 · 김도균 · 성기창 · 강다연 · 진수연 · 서호영<sup>1</sup> · 백근욱\*

경상국립대학교 해양생명과학과/양식생명과학과/해양산업연구소/해양생물교육연구센터,  
<sup>1</sup>전남대학교 해양융합과학과

**Diet Composition of the Anchovy, *Engraulis japonicus* in the Coastal Water of Tongyeong by Jae-Ik Cho, Do-Gyun Kim, Gi Chang Seong, Da Yeon Kang, Suyeon Jin, Ho Young Soh<sup>1</sup> and Gun Wook Baeck\*** (Department of Marine Biology & Aquaculture/Department of Aquaculture Science/Institute of Marine Industry, College of Marine Science, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Republic of Korea; <sup>1</sup>Department of Ocean Intergrated Science, Chonnam National University, Yeosu 59626, Republic of Korea)

**ABSTRACT** The diet composition of *Engraulis japonicus* were studied using 1,087 specimens collected by set net fisheries and boat seine fisheries in the coastal waters of Tongyeong, Korea. The size of the specimens ranged from 1.9 to 14.7 cm in fork length. *E. japonicus* was fed mainly on Copepods, which constituted 50.4% of *IRI*, followed by Euphausiids, which constituted 47.3% of *IRI*. Graphical analysis of the diet composition showed that *E. japonicus* was specialist predator. The result of analysis in ontogenetic changes significantly exhibited among size classes (<8.0 cm, 8.0~10.0 cm, 10.0~12.0 cm, ≥12.0 cm). The proportion of Euphausiids increased, as body size of *E. japonicus* increased whereas the consumption of Copepods decreased. In the Spring, Autumn and Winter, the diet was dominated by Copepods. In the Summer, the diet was dominated by Euphausiids.

**Key words:** Tongyeong, diet composition, anchovy, *Engraulis japonicus*

## 서 론

청어목 (Clupeiformes) 멸치과 (Engraulidae)에 속하는 멸치 (*Engraulis japonicus*)는 연안 난류성 소형 부어류로, 서해와 남해 및 동중국해를 포함한 북서태평양에 널리 분포한다 (Yasue *et al.*, 2010). 멸치는 해양생물의 중요한 먹이원으로 알려져 있으며 (Im and Ok, 1977; Cha *et al.*, 2008), 치어단계에서부터 상업적으로 이용되는 중요한 어종이다 (Kim and Lo, 2001). 이러한 멸치의 자원 보호 및 관리를 위하여 2022년부터 TAC (Total Allowable Catch) 제도의 시범 대상으로 선정되었으나, 우리나라에서 멸치의 어획량은 2011년 이후 지속적으로 감소하는 추

세를 보이고 있다 (KOSIS, 2022).

멸치의 생태학적 연구 중에서도 섭식생태 연구는 어류의 먹이습성뿐만 아니라 어류가 서식하는 생태계에서 타 생물군과의 관계를 파악하는 데 있어서 중요한 연구이다 (Cha *et al.*, 1997). 특히 대단위로 떼를 지어 다니며, 해수유동에 따라 이동하는 멸치는 고등어 (*Scomber japonicus*), 삼치 (*Scomberomorus niphonius*) 등 여러 상업성 어종의 먹이원으로써 중요한 위치에 있는 어종이다 (Huh *et al.*, 2006; Cha *et al.*, 2008; Yoon *et al.*, 2009). 따라서 중간 영양단계에 위치하고, 높은 출현량을 보이는 멸치의 섭식생태 연구는 멸치의 자원량 변동과 먹이망 구조에 따른 에너지 이동을 이해하기 위해 필수적으로 수행되어야 하는 연구이다 (Jeong *et al.*, 2022).

멸치의 섭식생태에 관한 선행 연구를 살펴보면, 국외에서는 Mitani (1988), Tianxiang (2003), Yasue *et al.* (2010) 등에 의한 연구가 수행되었다. 국내에서는 통영, 진도, 여수에서 Kim *et al.*

저자 직위: 조재익 (대학원생), 김도균 (대학원생), 성기창 (연구원), 강다연 (대학원생), 진수연 (대학원생), 서호영 (교수), 백근욱 (교수)  
\*Corresponding author: Gun Wook Baeck Tel: 82-55-772-9156, E-mail: gwbaeck@gnu.ac.kr

(2013)에 의한 연구가 수행되었으며, 자치어기의 멸치를 대상으로 여수와 진해에서 Yoo and Jeong (2016), Kim *et al.* (2017)에 의한 연구가 수행되었다. 국내에서 수행된 연구는 주로 자치어기의 멸치를 대상으로 이루어졌으며, 멸치 어획량이 높은 통영에서 식하는 멸치만을 대상으로 한 연구는 없다(Cha *et al.*, 2008; Jung, 2008).

따라서 이번 연구의 목적은 우리나라 통영 연안에서 채집된 멸치의 위내용물 분석을 통해 주 먹이생물 및 섭식전략, 크기군별 위내용물 조성, 계절별 위내용물 조성 변화를 파악하여 멸치 자원의 생태계기반 자원관리와 자원량 변동 예측을 위한 생태학적 자료를 제공하고자 한다.

## 재료 및 방법

이번 연구에서 사용된 멸치는 2020년 4월을 제외한 2019년 4월부터 2022년 1월까지 우리나라 통영 연안에서 정치망어업과 권현망어업으로 어획된 개체를 매월 구입하였다. 구입한 시료는 빙장상태로 실험실로 운반하였으며, 각 개체는 가랑이체장을 0.1 cm, 중량을 0.001 g 단위까지 측정하였고, 측정된 개체는 위를 적출하여 10% formalin solution에 고정하였다.

위내용물은 해부현미경 아래에서 가능한 종(Species) 수준까지 동정하였으며, 동정된 먹이생물은 개체수를 계수하였고, 습중량을 0.001 g 단위까지 측정하였다. 먹이생물을 섭식한 개체에 대해 다음의 식을 이용하여 각 먹이생물에 대한 출현빈도(%F), 개체수비(%N), 습중량비(%W)를 나타내었다(Hyslop, 1980).

$$%F = A_i / N \times 100$$

$$%N = N_i / N_{total} \times 100$$

$$%W = W_i / W_{total} \times 100$$

여기서,  $A_i$ 는 위내용물에서 해당 먹이생물이 발견된 멸치의 개체수이고,  $N$ 은 먹이를 섭식한 멸치의 총 개체수,  $N_i$ 와  $W_i$ 는 해당 먹이생물 개체수와 습중량,  $N_{total}$ 과  $W_{total}$ 은 전체 먹이생물 개체수와 습중량이다.

먹이생물의 상대중요도지수(Index of relative importance, IRI)는 Pinkas *et al.* (1971)의 식을 이용하여 다음과 같이 구하였다.

$$IRI = (%N + %W) \times %F$$

이후 백분율로 환산하여 상대중요도지수비(%IRI)로 나타내었다.

$$%IRI = IRI_i / \sum_{i=1}^n IRI \times 100$$

멸치의 먹이중요도(Dominant or rare), 섭식폭(Niche width),

섭식전략(Specialist or generalist)은 Amundsen *et al.* (1996)의 도해적방법(Graphical method)을 이용하여 나타내었다. 도해적방법은 출현빈도(%F)에 대하여 특정먹이생물우점도(Prey-specific abundance)를 나타내었으며, 특정먹이생물우점도는 다음의 식을 이용하여 구하였다.

$$P_i = \left( \frac{\sum S_i}{\sum S_{ii}} \right) \times 100$$

여기서,  $P_i$ 는 먹이생물  $i$ 의 특정먹이생물우점도,  $S_i$ 는 위내용물 중에서 먹이생물  $i$ 의 습중량,  $S_{ii}$ 는 먹이생물  $i$ 를 섭식한 멸치 위내용물 중에서 전체 먹이생물의 습중량이다.

크기군별, 계절별 먹이생물 변화를 알아보기 위해 멸치 시료를 가랑이체장 2.0 cm 간격으로 4개의 크기군(<8.0 cm,  $n=70$ ; 8.0~10.0 cm,  $n=41$ ; 10.0~12.0 cm,  $n=57$ ;  $\geq 12.0$  cm,  $n=73$ )과 4개의 계절(3~5월: 춘계,  $n=52$ ; 6~8월: 하계,  $n=82$ ; 9~11월: 추계,  $n=44$ ; 12~2월: 동계,  $n=63$ )로 나누어 먹이생물 조성을 분석하였다.

## 결 과

### 1. 전장분포

이번 연구에 사용된 멸치의 총 개체수는 1,087개체로, 가랑이체장(Fork length, FL)은 1.9~14.7 cm의 범위를 보였다.

### 2. 위내용물 조성

이번 연구에 사용된 멸치 1,087개체 중 공복인 개체는 846개체로, 77.8%의 공복률을 나타내었다. 먹이를 섭식한 멸치 241개체의 위내용물을 분석한 결과(Table 1), 멸치의 주 먹이생물은 55.6%의 출현빈도, 47.6%의 개체수비, 0.5%의 습중량비를 나타내어 50.4%의 상대중요도지수비를 보인 요각류(Copepoda)였으며, 요각류 중에서는 왕눈검물벼룩속(*Corycaeus* sp.), 노벨레속(*Calanus* sp.), 긴노요각목(Calanoida) 등을 섭식하였다. 요각류 다음으로 중요한 먹이생물은 18.3%의 출현빈도, 44.4%의 개체수비, 93.0%의 습중량비를 나타내어 47.3%의 상대중요도지수비를 보인 난바다곤쟁이류(Euphausiacea)였다. 그 외에 어류(Pisces), 패충류(Ostracoda), 단각류(Amphipoda) 등을 섭식하였으나 각각 1.4% 이하의 상대중요도지수비를 보여 그 양은 적었다.

### 3. 섭식전략

멸치의 섭식형태와 섭식전략을 분석한 결과(Fig. 1), 요각류가 55.6%의 출현빈도와 88.9%의 특정먹이생물우점도를 차지하여

**Table 1.** Composition of the stomach contents of *Engraulis japonicus* by percentage frequency of occurrence (%F), number (%N), wet weight (%W) and index of relative importance (%IRI)

Prey organism	%F	%N	%W	IRI	%IRI
<b>Amphipoda</b>	<b>5.4</b>	<b>1.3</b>	<b>0.1</b>	<b>7.1</b>	<b>0.1</b>
Caprellidae	0.8	0.1	+		
Gammaridae	1.2	0.2	+		
Hyperiididae	0.4	+	+		
<i>Themisto</i> sp.	1.2	0.2	+		
Unidentified Amphipoda	1.7	0.7	+		
<b>Brachyura</b>	<b>2.5</b>	<b>0.8</b>	+	<b>2.1</b>	+
<b>Cladocera</b>	<b>0.8</b>	<b>0.2</b>	+	<b>0.2</b>	+
<b>Copepoda</b>	<b>55.6</b>	<b>47.6</b>	<b>0.5</b>	<b>2,674.5</b>	<b>50.4</b>
Calanoida	4.1	0.5	+		
<i>Calanus</i> sp.	5.4	13.9	0.1		
<i>Candacia bipinata</i>	2.1	0.5	0.1		
<i>Corycaeus</i> sp.	12.9	15.7	0.1		
<i>Oncaea</i> sp.	0.8	0.1	+		
Pontellidae	0.4	+	+		
Unidentified Copepodite	19.1	8.8	0.1		
Unidentified Copepoda	20.3	7.9	0.1		
<b>Decapoda</b>	<b>2.5</b>	<b>0.3</b>	+	<b>0.9</b>	+
Decapoda larvae - zoea	2.5	0.3	+		
<b>Euphausiacea</b>	<b>18.3</b>	<b>44.4</b>	<b>93.0</b>	<b>2,508.4</b>	<b>47.3</b>
<i>Euphausia</i> spp.	18.3	44.4	93.0		
<b>Macrura</b>	<b>1.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.6</b>	<b>0.9</b>	+
<b>Tanaidacea</b>	<b>0.8</b>	<b>0.1</b>	+	<b>0.1</b>	+
<b>Bivalvia</b>	<b>2.1</b>	<b>0.3</b>	+	<b>0.6</b>	+
<b>Ostracoda</b>	<b>11.6</b>	<b>2.9</b>	+	<b>33.6</b>	<b>0.6</b>
<b>Pisces</b>	<b>10.4</b>	<b>1.2</b>	<b>5.7</b>	<b>71.7</b>	<b>1.4</b>
<b>Eggs</b>	<b>3.7</b>	<b>0.8</b>	+	<b>2.9</b>	<b>0.1</b>
Total		100.0	100.0	5,303.0	100.0

+ : less than 0.1%

그래프 오른쪽 상부에 위치한 중요한 먹이생물로 나타났다. 하지만 그 외 먹이생물은 그래프의 좌측 위와 아랫부분에 출현하여 비우점 먹이생물 또는 중요하지 않은 먹이생물로 나타났다. 따라서 멸치는 요각류를 주로 섭식하고, 좁은 섭식폭을 가지는 섭식 특화종(Specialist feeder)으로 나타났다.

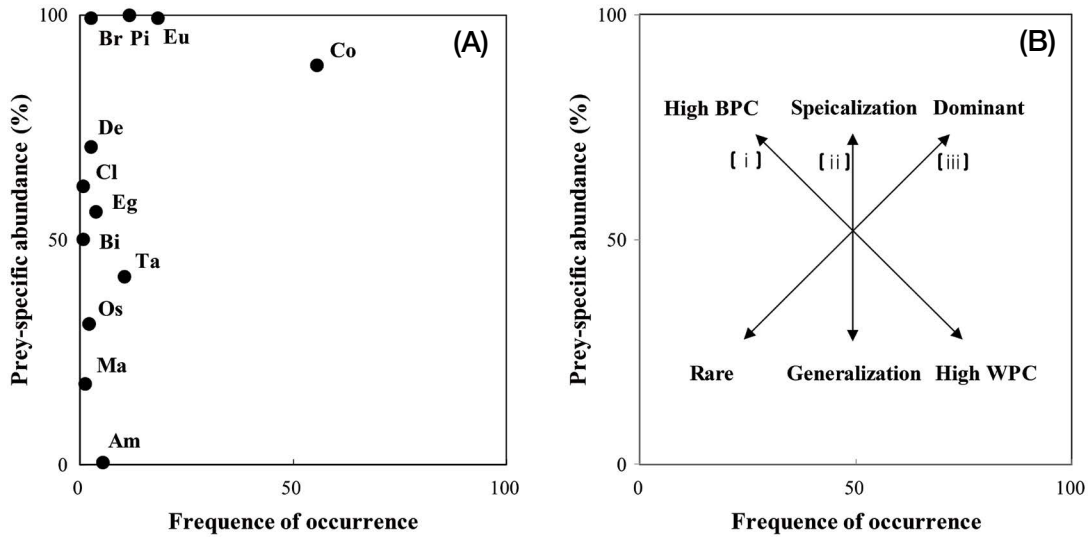
#### 4. 크기군별 먹이생물 조성 변화

크기군별 먹이생물 조성 변화를 분석한 결과(Fig. 2), 요각류는 < 8.0 cm 크기군과 8.0~10.0 cm 크기군에서 우점한 먹이생물이었으며, 난바다곤쟁이류는 10.0~12.0 cm 크기군과 ≥ 12.0 cm 크기군에서 우점한 먹이생물이었다. 요각류의 상대중요도지수비는 < 8.0 cm 크기군에서 97.0%를 차지하여 가장 높았으며, 8.0~10.0 cm 크기군에서 84.0%로 감소하였고, 10.0~12.0 cm,

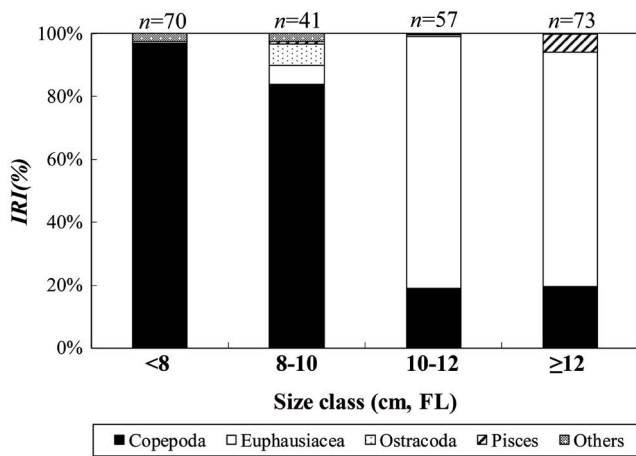
≥ 12.0 cm 크기군에서 각각 18.9%와 19.5%를 차지하여 비교적 낮은 값을 보여 성장함에 따라 감소하는 경향을 보였다. 난바다곤쟁이류의 상대중요도지수비는 < 8.0 cm 크기군에서 0.4%를 차지하여 가장 낮았으며, 8.0~10.0 cm 크기군에서 6.0%로 증가하였고, 10.0~12.0 cm, ≥ 12.0 cm 크기군에서는 각각 80.2%와 74.6%를 차지하여 비교적 높은 값을 보여 성장함에 따라 증가하는 경향을 보였다.

#### 5. 계절별 먹이생물 조성 변화

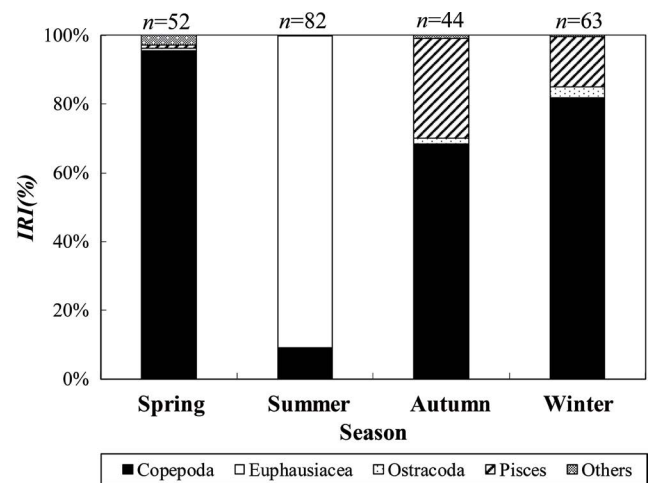
계절별 먹이생물 조성 변화를 분석한 결과(Fig. 3), 춘계에는 요각류가 95.2%의 상대중요도지수비를 보였다. 하계에는 난바다곤쟁이류의 상대중요도지수비가 90.6%로 크게 증가하였고, 요각류는 9.2%로 감소하였다. 추계에는 요각류의 상대중요도지



**Fig. 1.** (A) Graphical representation of feeding pattern of *Engraulis japonicus* collected in the coastal water of Tongyeong (Am, Amphipoda; Bi, Bivalvia; Br, Brachyura; Cl, Cladocera; Co, Copepoda; De, Decapoda; Eg, Eggs; Eu, Euphausiacea; Ma, Macrura; Os, Ostracoda; Pi, Pisces; Ta, Tanaidacea), (B) Explanatory diagram for interpretation of niche-width contribution (axis i, within-phenotypic component (WPC) or between-phenotypic component (BPC)) of the study population, feeding strategy (axis ii), and prey importance (axis iii).



**Fig. 2.** Ontogenetic changes in diet composition of *Engraulis japonicus* collected in the coastal water of Tongyeong based on the %IRI.



**Fig. 3.** Seasonal changes in diet composition of *Engraulis japonicus* collected in the coastal water of Tongyeong based on the %IRI.

수비가 68.3%로 증가하였으며, 어류가 28.9%를 보여 연중 가장 높은 값을 보였다. 동계에는 요각류가 81.7%의 상대중요도지수비를 보였으며, 난바다곤쟁이류는 14.7%를 보였다. 따라서 요각류는 춘계, 추계, 동계에 우점한 먹이생물이었으며, 난바다곤쟁이류는 하계에 우점한 먹이생물이었다.

### 고 찰

이번 연구에서 위내용물이 발견되지 않은 멸치는 846개체로, 77.8%의 공복률을 보였다. 멸치의 공복률은 해역별 플랑크톤 군

집의 영양학적 조건 및 생산력에 따라 달라지는 것으로 보고되었다(Kim *et al.*, 2013). 통영, 진도, 여수에서 수행된 Kim *et al.* (2013)의 연구에서 통영에 서식하는 멸치는 66.7%의 높은 공복률을 보인 반면, 진도, 여수에 서식하는 멸치는 각각 6.3%, 1.7%의 공복률을 보였다. 따라서 통영에 서식하는 멸치가 높은 공복률을 보인 것은 해역별 영양학적 조건 차이 때문인 것으로 판단된다(Kim *et al.*, 2013). 또한 선행 연구에 비하여 더 높은 공복률이 나타났는데, 이는 Kim *et al.* (2013)의 연구에서 채집된 멸치가 권현망을 이용하여 채집되었고, Kim *et al.* (2017)의 연구에서 RN80 네트로 채집된 반면, 이번 연구에서는 대부분 정치망

을 이용하여 채집하였기 때문에 멸치가 채집되기 전 정치망 안에서 머무는 동안 먹이 섭식 없이 위내용물의 소화가 이루어졌기 때문에 높은 공복률을 보인 것으로 판단된다(Yoo and Jeong, 2016).

이번 연구에서 멸치의 주 먹이생물은 요각류로 나타났다. 선행 연구에서도 요각류와 요각류의 유생은 척색장(Notochord length) 2.4 cm 이하인 멸치 자어 및 체장(Standard length) 3.7 cm 이하인 멸치 치어의 주 먹이생물이었으며(Yoo and Jeong, 2016), 멸치 성어의 가장 중요한 먹이생물로 보고되었다(Kim *et al.*, 2013). 요각류는 전체 동물플랑크톤 생물량의 70%를 차지하며, 크기가 작고 운동성이 적기 때문에 유영능력이 떨어지는 자치어 및 응어(*Coilia nasus*), 청어(*Clupea pallasii*)를 비롯한 하위 영양단계에 위치한 생물이 섭식하기 용이하다(Huh and Kwak, 1997; Lee *et al.*, 1999; Baeck *et al.*, 2011; Choi *et al.*, 2015; Seo *et al.*, 2018). 따라서 멸치는 동물플랑크톤 군집에서 가장 우점하며, 크기가 작고, 최소의 노력으로 쉽게 섭식할 수 있는 요각류를 주로 섭식한 것으로 판단된다. 요각류 중에서도 왕눈검물벼룩속, 노벨레속 요각류는 한국 남해에 지속적으로 출현하는 것으로 보고되었는데(Kim *et al.*, 2013), 계절별로 변화하는 요각류 군집 내에서도 지속적으로 출현하였기 때문에 높은 중요도를 나타낸 것으로 판단된다. 요각류 다음으로 중요한 먹이생물은 난바다곤쟁이류로 나타났다. 난바다곤쟁이류는 깃비늘치(*Benthosema pterotum*), 반딧불게르치(*Acropoma japonicum*) 등 소형 부어류의 먹이생물로서 중요할 뿐만 아니라(Jo *et al.*, 2022; Jin *et al.*, 2023), 야간에 표층으로 상승하고, 주간엔 저층으로 하강하는 주·야간 연직이동을 통해 해양생태계의 에너지 이동에 중요한 역할을 한다(Liu and Sun, 2010; Kim *et al.*, 2018). 또한 난바다곤쟁이류는 요각류를 비롯한 소형 동물플랑크톤을 섭식하는 것으로 알려져 있다(Kim *et al.*, 2010). 이번 연구에서 난바다곤쟁이류를 섭식한 개체는 대부분 가랑이체장 10.0 cm 이상인 개체였으며, 멸치는 에너지 효율을 높이기 위해 난바다곤쟁이류를 선택적으로 섭식된 것으로 판단된다. 선행 연구에서 멸치가 두 번째로 선호한 먹이생물은 따개비 유생(Cirriped larvae)으로 나타나 이번 연구와 차이를 보였다(Kim *et al.*, 2013). 이러한 차이가 나타난 것은 선행 연구에서 2월, 7월, 11월에 채집을 실시하였고, 이 중 7월 채집기간 중 따개비 유생이 가장 우점하여 출현한 것에 비해 이번 연구에서는 매월 채집을 실시하여 차이가 나타났거나, 개체들의 크기군 차이로 인한 것으로 판단된다(Kim *et al.*, 2013).

어류의 섭식전략에서 generalist predator는 매우 다양한 먹이가 위내용물에서 발견되는 반면, specialist predator는 좁은 섭식폭을 가진다(Pianka, 1988). 이번 연구에서 출현빈도에 대한 특정먹이생물우점도 분석 결과, 멸치는 요각류를 주로 섭식하는 specialist feeder로 나타났다. 지중해에 서식하는 멸치속의 *Engraulis encrasicolus*도 요각류를 주로 섭식하였으며(Plou-

vez and Champalbert, 2000), 멸치과에 속하는 응어는 난바다곤쟁이류와 요각류를 주로 섭식하여 요각류는 멸치과 어류의 먹이생물로서 중요한 위치에 있는 것으로 판단된다(Baek *et al.*, 2011).

멸치의 크기군에 따른 먹이생물 조성 변화를 분석한 결과, 가랑이체장 10.0 cm를 기준으로 요각류에서 난바다곤쟁이류로 먹이전환이 관찰되었다. 어류는 성장함에 따라 더 큰 먹이생물을 섭식함으로써 에너지 효율을 높이는 것으로 알려져 있으며(Gerking, 1994), 멸치 또한 성장할수록 더 큰 플랑크톤을 선호하여 섭식한다고 보고되었다(Mitani, 1988). 또한 먹이전환을 통해 동종 내 먹이경쟁을 회피하여 다양한 크기군이 공존할 수 있어, 성장 및 생존에 유리하기 때문에 더 큰 먹이생물을 선택적으로 섭식하는 것으로 판단된다(Stoner and Livingston, 1984; Islam and Tanaka, 2009).

멸치의 계절에 따른 먹이생물 조성 변화를 분석한 결과, 춘계, 추계, 동계에는 요각류가 우점하였으나, 하계에는 난바다곤쟁이류가 우점하였다. 남해안에 서식하는 멸치는 3~10월간 장기간 산란하나, 그중에서도 가랑이체장 12.0 cm 미만인 개체는 주로 4~7월에, 가랑이체장 12.0 cm 이상인 개체들은 주로 8~10월에 산란에 참여한다고 보고되었다(Moon *et al.*, 2022). 이번 연구에서 하계에 난바다곤쟁이류의 섭식 비율이 높았던 것은 크기군별 산란 시기에 따른 차이에 의해 나타난 것으로 추측되며, 비교적 늦게 산란에 참여하는 크기군의 멸치가 에너지 효율을 높이기 위해 난바다곤쟁이류를 선택적으로 섭식한 결과로 판단된다(Kim and Choi, 1988). Kim *et al.* (2013)의 연구에서도 하계에 상대적으로 크기가 더 큰 따개비 유생을 섭식하였는데, 산란기 이전의 멸치는 서식하는 환경 내에서 가능한 큰 먹이생물을 섭식하여 에너지 효율을 높이는 것으로 추측된다. 그러나 산란기 멸치의 정확한 먹이선택성에 대해 파악하기 위해서는 멸치가 서식하는 해역에 함께 출현하는 플랑크톤의 군집 구성에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

## 요 약

이번 연구에 사용된 멸치는 남해 통영 연안에서 정치망과 권현망을 이용하여 채집되었다. 가랑이 체장범위는 1.9~14.7 cm로 나타났다. 멸치의 주 먹이생물은 50.4%의 상대중요도지수비를 나타낸 요각류였다. 요각류 다음으로 중요한 먹이생물은 47.3%의 상대중요도지수비를 나타낸 난바다곤쟁이류였다. 멸치의 섭식전략을 도해적 방법으로 나타낸 결과, 멸치는 섭식특화종으로 나타났다. 멸치의 성장별 먹이생물 조성 변화를 알아본 결과 (<8.0 cm, 8.0~10.0 cm, 10.0~12.0 cm, ≥ 12.0 cm) 성장함에 따라 난바다곤쟁이류의 중요도는 증가하고, 요각류의 중요도는 감소하였다. 멸치의 계절별 먹이생물 조성 변화를 알아본 결과, 춘

계, 추계, 동계에는 요각류가 우점한 먹이생물이었으며, 하계에는 난바다곤쟁이류가 우점한 먹이생물이었다.

## 사 사

이 논문은 2023년 해양수산부 지원으로 해양수산기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(20180384, 수산전문인력양성).

## REFERENCES

- Amundsen, P.A., H.M. Gable and F.J. Staldvik. 1996. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data modification of Costello (1990) method. *J. Fish Biol.*, 48: 607-614. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1996.tb01455.x>.
- Baeck, G.W., J.M. Park, H.G. Choo and S.H. Huh. 2011. Diet composition of *Coilia nasus* in the coastal waters off Gori, Korea. *Kor. J. Ichthyol.*, 23: 163-167.
- Cha, B.Y., B.Q. Hong, H.S. Jo, H.S. Sohn, Y.C. Park, W.S. Yang and O.I. Choi. 1997. Food habits of the yellow goosefish, *Lophius litulon*. *Kor. J. Fish. Aquat. Sci.*, 30: 95-104.
- Cha, B.Y., W.S. Yang, J.I. Kim, S.I. Jang, E.K. Chu and J.S. Park. 2008. Spawning density and recruitment of Japanese anchovy, *Engraulis japonica* in the Southern Sea of Korea in 2007. *Kor. J. Ichthyol.*, 20: 190-197.
- Choi, H.C., J.M. Park, S.H. Youn and S.H. Huh. 2015. Feeding habits of larval *Clupea pallasii* from the Nakdong River estuary, Korea. *Kor. J. Fish. Aquat. Sci.*, 48: 498-506. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2015.0498>.
- Gerking, S.D. 1994. Feeding ecology of fish. Academic Press, San Diego, California.
- Huh, S.H. and S.N. Kwak. 1997. Feeding habits of *Syngnathus schlegeli* in eelgrass (*Zostera marina*) bed in Kwangyang Bay. *Kor. J. Fish. Aquat. Sci.*, 30: 896-902.
- Huh, S.H., J.M. Park and G.W. Baeck. 2006. Feeding habits of Spanish mackerel (*Scomberomorus niphonius*) in the Southern Sea of Korea. *Kor. J. Fish. Aquat. Sci.*, 39: 35-41. <https://doi.org/10.5657/kfas.2006.39.1.035>.
- Hyslop, E.J. 1980. Stomach contents analysis: a review of methods and their application. *J. Fish Biol.*, 17: 411-429.
- Im, J.Y. and I.S. 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.
- Islam, M.S. and M. Tanaka. 2009. Diet and prey selection in larval and juvenile Japanese anchovy *Engraulis japonicus* in Ariake Bay, Japan. *Aquat. Ecol.*, 43: 549-558.
- Jeoung, J.M., S.J. Lee and G.W. Baeck. 2022. Feeding ecology of smallmouth Argentine *Argentina kagoshimae* in coastal waters of the South Sea, Korea. *Kor. J. Fish. Aquat. Sci.*, 55: 590-597. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2022.0590>.
- Jin, S.Y., G.C. Seong, D.G. Kim, D.Y. Kang, H.J. Kim and G.W. Baeck. 2023. Diet composition of skinnycheek lanternfish, *Ben-thosema pterotum* in the coastal waters of South Sea, Korea. *Kor. J. Ichthyol.*, 35: 129-135. <https://doi.org/10.35399/ISK.34.3.3>.
- Jo, J.H., D.G. Kim, D.Y. Kang, S.K. Kang, J.M. Jeong and G.W. Baeck. 2022. Feeding habits of the glowbelly *Acropoma japonicum* in the South Sea of Korea. *Kor. J. Fish. Aquat. Sci.*, 55: 374-378. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2022.0374>.
- Jung, S.G. 2008. Simulation-based daily cohort analysis of Pacific anchovy (*Engraulis japonicus*) in Southern Korean coastal waters. *Fish. Res.*, 93: 280-288. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2008.05.005>.
- Kim, H.J., J.M. Jeong, J.H. Park and G.W. Baeck. 2017. Feeding habits of larval Japanese anchovy *Engraulis japonicus* in Eastern Jinhae Bay, Korea. *Kor. J. Fish. Aquat. Sci.*, 50: 92-97. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2017.0092>.
- Kim, H.S., S.J. Ju and A.R. Ko. 2010. Comparisons of feeding ecology of *Euphausia pacifica* from Korean waters using lipid composition. *Ocean Polar Res.*, 32: 165-175.
- Kim, J.Y. and N.C.H. 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, J.Y. and Y.M. Choi. 1988. Vertical distribution of anchovy, *Engraulis japonica* eggs and larvae. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 21: 139-144.
- Kim, M.J., S.H. Yoon, J.Y. Kim and C.W. Oh. 2013. Feeding characteristics of the Japanese anchovy, *Engraulis japonicus* according to the distribution of zooplankton in the coastal waters of Southern Korea. *Korean J. Environ. Biol.*, 31: 275-287. <https://doi.org/10.11626/KJEB.2013.31.4.275>.
- Kim, P.K., I.W. Han, W.S. Oh, Y.M. Choi, S.H. Yoon, H.B. Lee and K.H. Lee. 2018. Biomass estimate of euphausiids *Euphausia* sp. using the two-frequency difference method. *Kor. J. Fish. Aquat. Sci.*, 51: 305-312. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2018.0305>.
- KOSIS (Korean Statistical Information Service). 2022. Statistic Data-based for fishery production survey. Retrieved from <http://kosis.kr/> on Oct. 10, 2023.
- Lee, H.R., P.G. Lee and C. Park. 1999. Seasonal and vertical distribution of planktonic copepods in the Korea strait. *Kor. J. Fish. Aquat. Sci.*, 32: 525-533.
- Liu, H.L. and S. Sun. 2010. Diel vertical distribution and migration of a euphausiid *Euphausia pacifica* in the Southern Yellow Sea. *Deep Sea Res. Part II: Top. Stud. Oceanogr.*, 57: 594-605. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2009.10.009>.
- Mitani, I. 1988. Food habits of Japanese anchovy in the shirasu fishing ground within Sagami Bay. *Nippon Suisan Gakk.*, 54: 1859-1865.
- Moon, S.Y., M.H. Lee, K.M. Jung, H.Y. Kim and J.H. Jung. 2022. Spatial and temporal distribution of fish larvae in the southern

- coast of Korea from spring to summer. Korean J. Fish. Aquat. Sci., 55: 461-477. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2022.0461>.
- Pianka, E.R. 1988. Evolutionary Ecology, 4th ed. Haper Collins, New York, U.S.A., 468pp.
- Pinkas, L., M.S. Oliphant and I.L.K. Iverson. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. Calif. Dep. Fish Game, Fish Bull., 152: 1-105.
- Plounevez, S. and G. Champalbert. 2000. Diet, feeding behavior and trophic activity of the anchovy (*Engraulis encrasicolus* L.) in the Gulf of Lions (Mediterranean Sea). Oceanografica Acta, 23: 175-192.
- Seo, M.H., S.Y. Choi, E.O. Park., D.S. Jeong and H.Y. Soh. 2018. Species diversity of planktonic copepods and distribution characteristics of its major species in coastal waters of Korea. Korean J. Environ. Biol., 36: 525-537. <https://doi.org/10.11626/KJEB.2018.36.4.525>.
- Stoner, A.W. and R.J. Livingston. 1984. Ontogenetic patterns in diet and feeding morphology in sympatric sparid fishes from sea-grass meadows. Copeia, 1984: 174-178.
- Tianxiang, M. 2003. Studies on the feeding of anchovy (*Engraulis japonicus*) at different life stages on zooplankton in the Middle and Southern Waters of the Yellow Sea. Mar. Fisheries Res., 24: 1-9.
- 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.
- Yoo, J.T. and J.M. Jeong. 2016. Gut composition of postlarval and juvenile anchovy *Engraulis japonicus* in the coastal waters of Yeosu, Korea. Kor. J. Fish. Aquat. Sci., 49: 642-647. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2016.0642>.
- Yoon, S.J., D.H. Kim, G.W. Baeck and J.W. Kim. 2009. Feeding habits of chub mackerel (*Scomber japonicus*) in the South Sea of Korea. Kor. J. Fish. Aquat. Sci., 41: 26-31.