

남해에 출현하는 고등어(*Scomber japonicus*)의 위내용물 조성

성기창 · 김도균 · 진수연 · 서호영¹ · 백근욱*

경상대학교 해양식품생명의학과/해양산업연구소/해양생물교육연구센터, ¹전남대학교 해양융합과학과

Diet Composition of the Chub Mackerel *Scomber japonicus* in the Coastal Waters of the South Sea of Korea

Gi Chang Seong, Do-Gyun Kim, Suyeon Jin, Ho Young Soh¹ and Gun Wook Baeck*

Department of Seafood and Aquaculture Science/Institute of Marine Industry/Marine Bio-Education and Research Center, College of Marine Science, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Korea

¹Department of Ocean Integrated Science, Chonnam National University, Yeosu 59626, Korea

The feeding habits of Chub mackerel *Scomber japonicus* were investigated using 329 specimens collected from coastal waters of the South Sea of Korea. *S. japonicus* is mainly a piscivore, consuming small fish such as *Engraulis japonicus* (%RI: 81.0 %). The diet of Chub mackerel also includes small quantities of thaliaceans, euphausiids, and amphipods. We calculated the trophic level as 3.92 for *S. japonicus*. The dietary composition of *S. japonicus* did not show significant differences with size, but differed with season. As the body size of *S. japonicus* increased, the mean weight of prey within the stomach (*mW/ST*) increased (One-way ANOVA, $P < 0.05$).

Keywords: Diet composition, Chub mackerel, *Scomber japonicus*

서 론

고등어(*Scomber japonicus*)는 농어목(Perciformes) 고등어과(Scombridae)에 속하는 어류로, 우리나라, 일본, 동중국해 등을 비롯한 태평양, 대서양, 인도양의 온대 및 열대해역에 넓게 분포하는 것으로 알려져 있다(Collette and Nauen, 1983; Kim et al., 2005). 고등어는 우리나라 주변해역에서 계절적인 회유를 하는 대표적인 부어류로 큰 어군을 형성하여 이동하는데(Cha et al., 2004), 3-6월에 제주도과 대마도 주변해역에서 산란을 하고(Cha et al., 2002; Kim et al., 2020b), 산란기 이후 7-8월에 동해와 서해로 북상하여 섭식활동을 하다가 11월경에는 월동을 위해 다시 남해로 남하하는 것으로 알려져 있다(Choi, 2003).

고등어는 멸치(*Engraulis japonicus*), 살오징어(*Todarodes pacificus*), 갈치(*Trichiurus lepturus*)와 함께 국내 연근해어업 생산량에서 높은 비율을 차지하며, 소비량이 많은 대중적인 어종이다. 국내 연간 어획량은 1996년에 42만 톤이 어획되었고, 이후 1997년부터 15만 톤 수준으로 감소 추세를 보이며, 2019년에는 101,121톤이 어획되었는데 그 중 대형선망어업에 의해

어획된 양은 87,991톤으로 국내 고등어 생산량의 약 87%를 차지할 뿐만 아니라 국내 대형선망어업 생산량의 약 61%를 차지한다. 따라서 현재 우리나라에서는 고등어 자원을 관리하기 위해 1999년부터 총허용어획량(total allowable catch, TAC) 제도를 시행하고 있으며, 추가적으로 2016년부터 수산자원관리법 시행령에 따라 전장 21 cm 이하의 포획 금지체장과 4월부터 6월까지의 기간 중 1개월의 범위를 금어기를 실시하고 있다(Kim et al., 2020b).

어류에 대한 생물생태학적인 연구는 자원의 상태 파악과 효율적인 관리를 위해 필수적이다. 그 중 섭식생태에 관한 연구는 포식자와 피식자의 상호관계에 대해 파악할 수 있으며, 대상 생물에 대한 어업이 생태계에 어떠한 영향을 미칠 것인지 예측할 수 있다(Huh et al., 2010; Huh et al., 2012; Melnychuk et al., 2017). 따라서 고등어의 식성연구는 표층 및 중층 생태계의 먹이사슬을 파악하는데 도움이 될 수 있으며, 어업에 의한 자원량 변동을 예측할 수 있는 생태계 기반 자원관리 및 평가에 대한 생물학적 정보를 제공할 수 있다. 국내에서 Cha et al. (2004)과 Yoon et al. (2008) 등 고등어의 식성에 관한 연구가 이루어져 있

*Corresponding author: Tel: +82. 55. 772. 9156 Fax: +82. 55. 772. 9159

E-mail address: gwbaeck@gnu.ac.kr



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2021.0073>

Korean J Fish Aquat Sci 54(1), 73-79, February 2021

Received 14 January 2021; Revised 26 January 2021; Accepted 16 February 2021

저자 직위: 성기창(대학원생), 김도균(대학원생), 진수연(대학원생), 서호영(교수), 백근욱(교수)

지만 이는 10년 이상 지난 과거 자료이며, 어류의 식성은 시·공간적으로 크게 변화하기 때문에 지속적인 해양환경 및 어업환경에 의해 변화하는 해양환경에 대응하여 고등어 자원의 효율적인 이용과 관리를 위해서는 지속적으로 섭식생태에 대한 생물학적 정보 확보가 매우 중요하다.

따라서 본 연구의 목적은 우리나라 남해에 출현하는 고등어의 위내용물 분석을 통하여 1) 주 먹이생물과 영양단계를 파악하고, 2) 계절별 먹이생물 조성, 3) 크기군별 먹이생물 조성을 알아보며, 이를 통해 고등어의 기초생태학적 자료를 제공하는 것이다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 고등어 시료는 2019년 3월부터 2020년 2월까지 우리나라 남해에 위치한 98, 223, 224, 232, 233해구에서 정치망(set net)과 대형선망(large purse seine)을 통해 채집되었다(Fig. 1). 채집된 고등어는 빙장처리 후 실험실로 운반하여 전장(total length, TL)과 체중을 각각 0.1 cm와 0.1 g까지 측정한다 뒤 위를 적출하여 10% 포르말린 용액에 고정하였다.

해부현미경 아래에서 위내용물을 분석하였으며, 출현한 먹이생물은 가능한 종(Species) 수준까지 동정하였고, 소화가 진행되어 분류가 어려운 경우에는 과(Family) 또는 목(Order) 수준으로 나타내었다(Kaname, 1988; Kim et al., 2005; Hong et al.,

2006). 동정된 먹이생물은 종류 별로 크기를 측정하였으며, 중량을 0.0001 g까지 측정하였다.

위내용물 분석결과는 각 먹이생물에 대한 출현빈도(%F), 중량비(%W)로 나타내었으며, 다음 식을 이용하여 구하였다.

$$\%F = \frac{A_i}{N} \times 100$$

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

여기서, A_i 는 위내용물 중 해당 먹이생물이 발견된 고등어의 개체수이고, N 은 먹이를 섭식한 고등어의 총 개체수, W_i 는 해당 먹이생물의 중량, W_{total} 는 전체 먹이생물의 중량이다. 먹이생물의 순위지수(ranking index, RI)는 Song et al. (2006)의 식을 이용하여 구하였으며, 순위지수는 백분율로 환산하여 순위지수비(%RI)로 나타내었다.

$$RI = \%F \times \%W$$

계절별 먹이생물 조성을 알아보기 위하여 봄(3, 4, 5월; $n=99$), 여름(6, 7, 8월; $n=63$), 가을(9, 10, 11월; $n=48$), 겨울(12, 1, 2월; $n=21$)로 구분하였으며, 크기군별 먹이생물 조성을 알아보기 위하여 20 cm 간격으로 3개의 크기군(small: <10 cm,

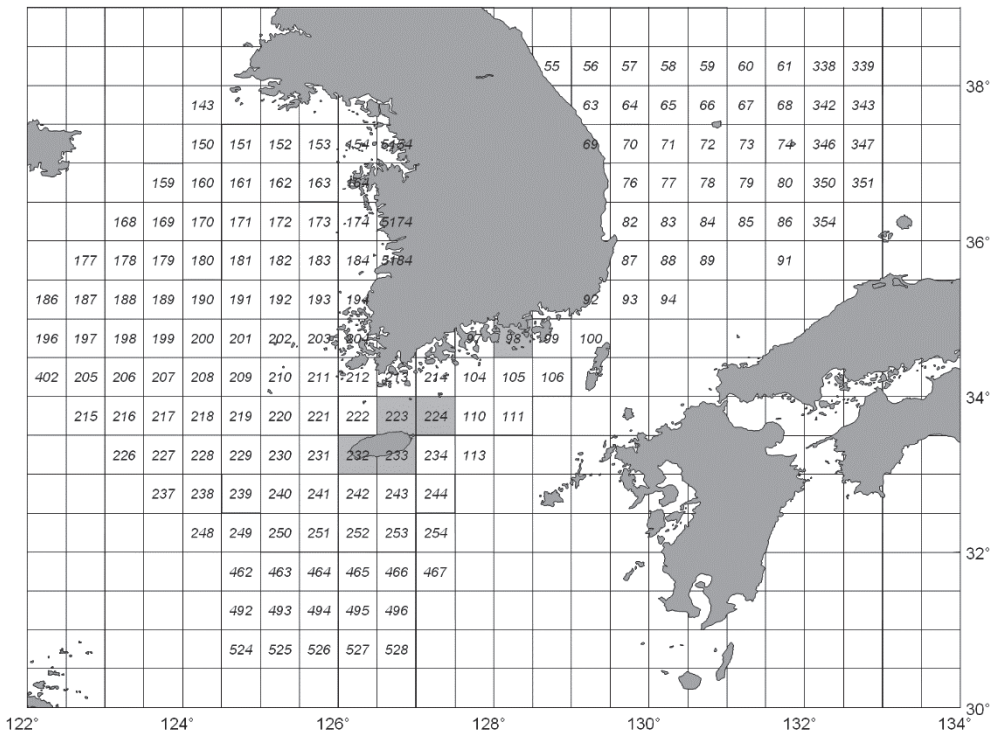


Fig. 1. Location of sampling areas in the coastal waters of the South Sea of Korea (■).

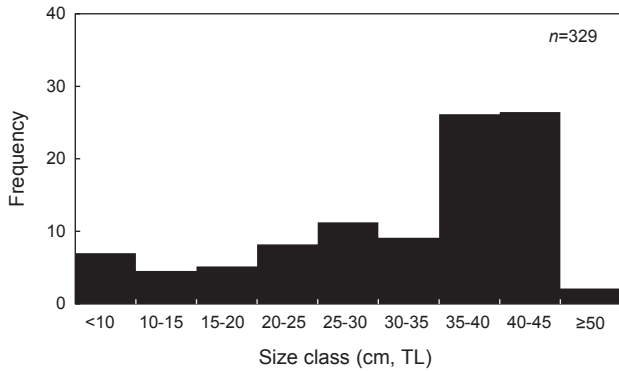


Fig. 2. Length-frequency distribution of chub mackerel *Scomber japonicus* collected in the coastal waters of the South Sea of Korea.

$n=13$; medium: 10-30 cm, $n=42$; large: ≥ 30 cm, $n=176$)으로 구분하였다. 또한 크기군별 먹이섭식 특성을 파악하기 위해 크기군별 개체당 평균 먹이생물 중량(mean weight of preys per stomach, mW/ST)을 구하였으며, 일원배치분산분석(One-way ANOVA, Excel 2014)을 이용하여 유의성을 검정하였다. 고등어의 크기군 사이의 먹이생물 중복도는 dietary overlap index를 이용하여 다음과 같이 구하였다(Schoener, 1970).

$$C_{xy} = 1 - 0.5 \left(\sum_{i=1}^n |P_{xi} - P_{yi}| \right)$$

여기서, P_{xi} 와 P_{yi} 는 그룹 x 와 y 그룹의 먹이 중 발견된 i 종의 중량비(%W)이며, 중복도 값이 0.6 이상이면 유의하게 중복되는 것으로 간주하였다(Wallace, 1981).

생태적 지위를 파악하기 위한 영양단계(trophic level, TL_k)는 Cortés (1999)의 식을 이용하여 구하였다.

$$TL_k = 1 + \sum_{j=1}^n |P_j \times TL_j|$$

여기서, P_j 는 먹이생물 분류군 j 가 차지하는 순위지수비이고, TL_j 는 먹이생물 분류군 j 의 영양단계이다. 먹이생물 분류군의 영양단계는 Pauly et al. (1998), Cortés (1999), Ebert and Bizzarro (2007)를 참고하여 평균값으로 사용하였다.

결 과

주 먹이생물 및 영양단계

본 연구에 사용된 고등어는 총 329개체였으며, 전장은 7.5-47.5 cm의 범위를 보였고, 먹이생물을 전혀 섭식하지 않은 개체는 98개체로 29.8%의 공복율을 보였다(Fig. 2). 위내용물이 발견된 231개체의 먹이생물을 분석한 결과(Table 1), 고등어의 주 먹이생물은 64.5%의 출현빈도와 65.7%의 중량비를 차지

하여 81.0%의 순위지수비를 나타낸 어류(Pisces)였으며, 그 중 24.2%의 출현빈도와 45.9%의 중량비를 차지한 멸치(*Engraulis japonicus*)가 가장 우점한 먹이생물로 나타났다. 어류 다음으로 중요한 먹이생물은 29.9%의 출현빈도와 30.5%의 중량비를 차지하여 17.4%의 순위지수비를 나타낸 살파류(Salpidae)였다. 그 외에 난바다곤쟁이류(Euphausiacea), 단각류(Amphipoda) 등이 출현하였으나 1.0% 이하의 순위지수비를 보여 그 양은 매우 적었다. 또한 고등어 생태적 지위를 알아보기 위해 영양단계를 살펴본 결과(Table 2), 먹이생물의 영양단계가 1.00-3.20의 범위를 보여 고등어의 영양단계는 3.92의 값을 나타내

Table 1. Composition of the stomach contents by frequency of occurrence (%F), wet weight (%W) and ranking index (%RI) of chub mackerel *Scomber japonicus* collected in the coastal waters of the South Sea of Korea

Prey organism	%F	%W	%RI
Amphipoda	24.7	1.4	0.7
Gammaridae	5.2	+	
Hyperidae	10.4	1.4	
<i>Hyperia</i> spp.	0.4	+	
<i>Parathemisto japonica</i>	3.0	0.1	
Unidentified Hyperidae	8.2	1.3	
Unidentified Amphipoda	9.1	+	
Copepoda	6.9	+	+
Decapoda	10.4	+	+
Brachyura	10.0	+	
Brachyura larvae (megalopa)	10.0	+	
Macrura	0.4	+	
Euphausiacea	25.5	2.0	1.0
Isopoda	0.4	+	+
Stomatopoda	2.2	+	+
<i>Oratosquilla oratoria</i>	2.2	+	
Cephalopoda	3.0	0.3	+
Pisces	64.5	65.7	81.0
<i>Engraulis japonicus</i>	24.2	45.9	
<i>Larimichthys polyactis</i>	2.6	7.1	
<i>Myctophum nitidulum</i>	1.3	0.8	
<i>Scomber japonicus</i>	1.3	1.1	
Unidentified Pisces	35.1	10.8	
Polychaeta	0.9	+	+
Seaweeds	0.4	+	+
Thaliacea	29.9	30.5	17.4
Salpidae	29.9	30.5	
Total		100.0	100.0

+, less than 0.1%.

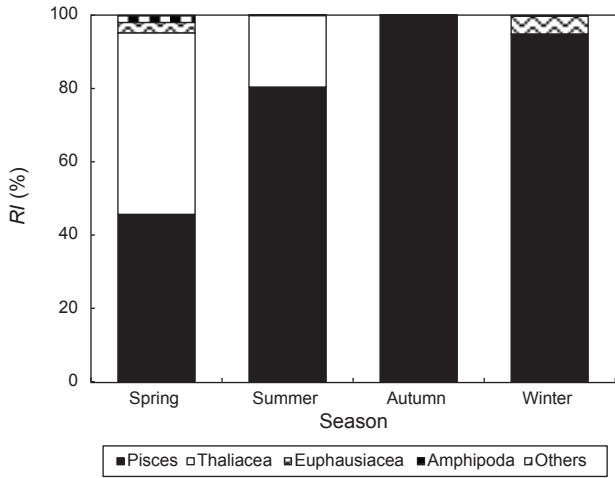


Fig. 3. Diet composition of chub mackerel *Scomber japonicus* collected in the coastal waters of the South Sea of Korea based on the ranking index (%RI) by season (Spring, n=99; Summer, n=63; Autumn, n=48; Winter, n=21).

었다.

계절별 먹이생물 조성

계절별 먹이생물 조성의 차이를 분석한 결과(Fig. 3), 봄철에는 어류와 살파류가 각각 45.7%와 49.5%의 순위지수비를 나타내어 가장 중요한 먹이생물이었으며, 여름철에는 어류와 살파류가 각각 80.4%와 19.5%의 순위지수비를 나타내 봄철에 비해 어류의 비율은 증가하였고, 살파류의 비율은 감소하였다. 또한 가을철과 겨울철에는 어류가 각각 99.9%와 94.9%의 순위지수비를 나타내 가장 중요한 먹이생물이었으며, 살파류는

Table 2. Prey categories used to calculate standardized diet compositions and trophic levels of chub mackerel *Scomber japonicus*

Group	Trophic level
Amphipoda	2.53
Copepoda	2.27
Decapoda	2.41
Euphausiacea	2.22
Isopoda	2.63
Stomatopoda	2.41
Cephalopoda	3.20
Pisces	3.06
Polychaeta	2.30
Seaweeds	1.00
Thaliacea	2.30

Mean trophic levels of each prey type are from Pauly et al. (1998), Cortés (1999) and Ebert and Bizzarro (2007).

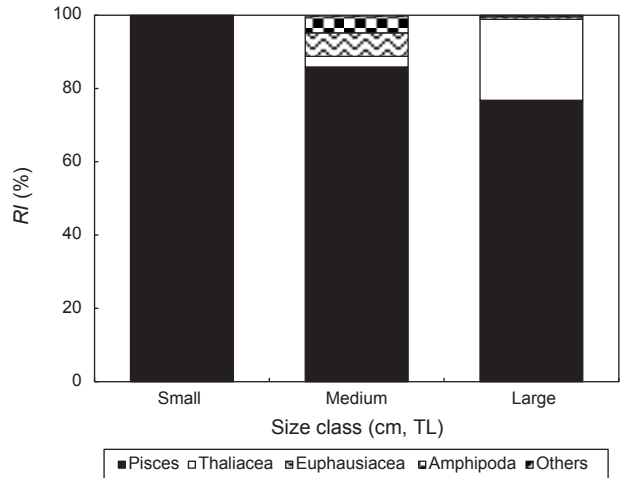


Fig. 4. Ontogenetic changes in composition of stomach contents of chub mackerel *Scomber japonicus* collected in the coastal waters of the South Sea of Korea based on the ranking index (%RI) among size classes (Small: <10 cm, n=13; Medium: 10-30 cm, n=42; Large: ≥30 cm, n=176).

출현하지 않았다. 본 연구에서 고등어의 계절별 영양단계는 봄철 3.65, 여름철 3.91, 가을철 4.06, 겨울철 4.01의 값을 나타내었다. 또한 계절간의 먹이생물 중복도를 분석한 결과(Table 3), 봄철과 가을철, 봄철과 겨울철간에는 먹이생물 중복도는 각각 0.41과 0.45의 중복도 값을 보여 유의하게 중복되지 않았지만 나머지 계절간에서는 먹이생물 중복도가 0.68 이상으로 유의하게 중복되었다.

크기군별 먹이생물 조성

크기군별 먹이생물 조성의 차이를 분석한 결과(Fig. 4), small 크기군에서는 어류만을 섭식하였으며, medium 크기군에서는 어류, 난바다곤쟁이류, 단각류, 살파류가 각각 85.9%, 6.4%, 4.5%, 2.9%의 순위지수비를 나타내었다. Large 크기군에서는 어류, 살파류, 난바다곤쟁이류, 단각류가 각각 76.8%, 22.1%, 0.7%, 0.4%의 순위지수비를 나타내어 고등어의 모든 크기군에서 어류가 가장 우점한 먹이생물이었다. 본 연구에서 고등어의 크기군별 영양단계는 small 크기군 4.06, medium 크기군 3.96,

Table 3. Proportional diet overlap coefficients (Schoener's index) of chub mackerel *Scomber japonicus* collected in the coastal waters of the South Sea of Korea by season (Spring, n=99; Summer, n=63; Autumn, n=48; Winter, n=21)

Season	Spring	Summer	Autumn
Summer	0.68		
Autumn	0.41	0.73	
Winter	0.45	0.73	0.80

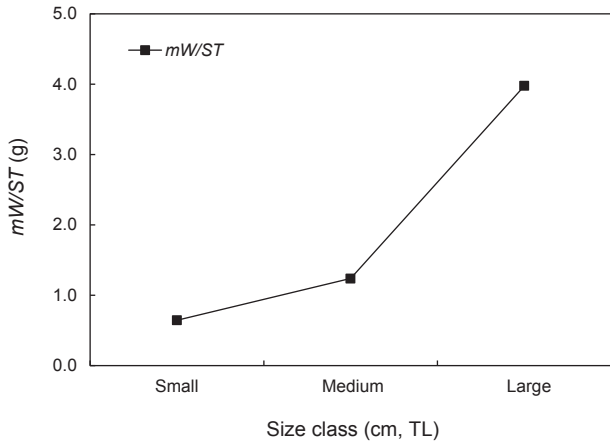


Fig. 5. Variation of mean weight of preys per stomach (mW/ST , g/stomach) of chub mackerel *Scomber japonicus* collected in the coastal waters of the South Sea of Korea (Small: <10 cm, $n=13$; Medium: 10-30 cm, $n=42$; Large: ≥ 30 cm, $n=176$).

large 크기군 3.88의 값을 나타내었다. 또한 고등어의 크기군 사이의 먹이생물 중복도를 분석한 결과(Table 4), 모든 크기군 사이에서 먹이생물 중복도가 0.65 이상으로 유의하게 중복되었다. 고등어의 크기군별 개체당 평균 먹이생물 중량은 small 크기군에서 0.6 g, medium 크기군에서 1.2 g, large 크기군에서 4.0 g을 나타내 큰 크기군으로 갈수록 개체당 평균 먹이생물 중량은 증가하는 경향을 보였으며(Fig. 5), 통계적으로 유의한 차이를 보였다(mW/ST , One-way ANOVA, $F=5.668$, $P<0.05$).

고 찰

본 연구에서 고등어의 주 먹이생물은 어류였으며, 그 중 멸치가 가장 우점하였다. 고등어의 식성에 대한 선행연구에서도 멸치가 주 먹이생물이었으며(Cha et al., 2004; Yoon et al., 2008), 삼치(*Scomberomorus niphonius*), 농어(*Lateolabrax japonicus*), 눈볼래(*Doederleinia berycoides*), 붕장어(*Conger myriaster*) 등의 식성연구에서도 중요한 먹이생물로 보고되었다(Huh et al., 2006; Huh et al., 2009; Huh et al., 2011; Kim et al., 2020a). 멸치는 생활사 단계에 따라 이용하는 먹이생물이 상이하여 자치어 단계에서는 요각류 전기유생(Copepoda

nauplii)과 후기유생(Copepodite)을 먹이로 이용하고, 성장함에 따라 요각류 성체(Adult)와 십각류 유생(Decapoda larvae) 등을 섭식하며, 상위포식자의 먹이원이 되어 먹이사슬을 연결하는 생태적으로 중요한 역할을 한다(Kim et al., 2013; Jeong et al., 2017). 또한 우리나라 남해는 계절에 따라서 대마난류와 남해 고유 연안수 등 다양한 수괴가 접하여 생물생산력이 풍부하기 때문에 멸치가 서식하기 좋은 환경으로 해역내에 멸치가 풍부하게 출현하는 것으로 알려져 있다(Choo and Kim, 1998; Park et al., 2004; Kim and Pang, 2005; Ko et al., 2010). 본 연구에서 전장 7.5-47.5 cm의 고등어의 위내용물 조성을 분석한 결과, 어류가 81.0%의 순위지수비를 나타내 가장 중요한 먹이생물이었는데 과거 우리나라 근해(서해남부, 제주도 주변, 대마도 주변해역)에서 채집된 체장 21.1-45.4 cm의 고등어(Cha et al., 2004)와 남해에서 채집된 가랑이 체장 23.4-37.5 cm의 고등어(Yoon et al., 2008)의 경우에도 어류가 각각 58.5%와 62.2%의 상대중요도지수비를 차지하여 가장 중요한 먹이생물인 것으로 나타났다. 따라서 고등어는 어류, 갑각류(Crustacea), 두족류(Cephalopoda) 등을 섭식하는 육식성 어종(Carnivorous fish)으로 판단된다. 또한 본 연구에서 대형선망으로 채집된 전장 37.5 cm 이상의 고등어가 약 4.0 cm의 개체를 섭식하는 공식현상이 3회 관찰되었는데 대형선망 어획시에 강한 탐식성을 보이는 고등어 성어가 자치어를 섭식하여 나타난 결과인 것으로 추측된다.

선행연구를 참고하여 남해에 서식하는 삼치, 만새기(*Coryphaena hippurus*), 태평양참다랑어(*Thunnus orientalis*)의 영양단계를 알아본 결과(Huh et al., 2006; Yoon et al., 2015; Jeong et al., 2017), 각각 3.97, 4.08, 4.09의 값을 나타내었으며, 본 연구에서 고등어의 영양단계는 3.92의 값을 나타내 이를 통해 고등어는 남해의 표층 및 중층 생태계에서 멸치와 같은 소형 부어류와 삼치, 만새기, 태평양참다랑어와 같은 중·대형 부어류의 먹이사슬을 이어주는 역할을 하기 때문에 생태학적으로 중요한 위치에 있는 것으로 판단된다.

본 연구에서 고등어의 계절별 먹이생물 조성을 분석한 결과, 모든 계절에서 어류가 우점하였지만 특히 봄철과 여름철에는 살파류를 포함하여 난바다곤쟁이류, 단각류, 게류(Brachyura), 요각류 등 다양한 먹이생물이 섭식되었다. 과거 남해에 서식하는 고등어의 식성연구에서 봄철과 여름철에는 게류 유생, 화살벌레(Chaetognatha), 단각류, 난바다곤쟁이류 등 다양한 먹이생물을 섭식하였지만 가을철과 겨울철에는 어류의 섭식비율이 급격히 증가하였다(Yoon et al., 2008). 살파류는 먹이생물로서 영양학적 가치가 있으며(Lucas, 1994; Pond and Sargent, 1998), 고등어, 다랑어류와 같은 어류의 먹이생물로 보고되었다(Sever et al., 2006; Cardona et al., 2012). 또한 남해에서 난류의 영향으로 4, 5, 6월에 대량 출현하는 것으로 보고되었다(Kang et al., 2000; Kang et al., 2019). 따라서 본 연구에서 고등어는 봄철과 여름철에 대량 발생한 살파류를 섭식한 것으로

Table 4. Proportional diet overlap coefficients (Schoener's index) of chub mackerel *Scomber japonicus* collected in the coastal waters of the South Sea of Korea among size classes (Small: <10 cm, $n=13$; Medium: 10-30 cm, $n=42$; Large: ≥ 30 cm, $n=176$)

Size class (cm, TL)	Small	Medium
Medium	0.68	
Large	0.65	0.79

판단되며, 계절에 따른 먹이생물의 출현량 차이는 고등어의 먹이섭식에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

우리나라 주변해역에 서식하는 많은 어류들은 일반적으로 성장함에 따라 먹이전환 양상을 보이는데 본 연구에서 고등어의 크기군별 먹이생물 조성을 분석한 결과, 모든 크기군에서 어류가 우점하였으며, 먹이전환 양상은 보이지 않았다. 이러한 결과는 작은 크기군의 고등어의 경우 크기가 작은 멸치를 따라 이동하다 정치망 내에서 멸치를 섭식하여 모든 크기군에서 어류가 우점했을 가능성이 있으며, 고등어는 환경 내에 풍부하게 출현하는 멸치를 섭식하는 기회주의적 섭식경향을 보여 나타난 결과로도 추측된다. 따라서 고등어의 성장에 따른 먹이생물 조성 변화에 대해 정확히 파악하기 위해서는 지속적으로 다양한 어구를 통해 채집된 샘플의 식성연구를 수행해야 할 것으로 사료되며, 본 연구에서 채집되지 않은 전장 7.5 cm 미만의 개체들을 포함한 다양한 크기군의 식성연구가 추가적으로 수행되어야 할 것으로 생각된다.

어류는 성장함에 따라 입의 크기와 복강용적이 증가하며, 유영능력과 포획능력이 향상되면서 먹이생물의 크기 또는 양이 증가된다(Gerking, 1994; Huh et al., 2009; Huh et al., 2011). 선행연구에 따르면 우리나라에 서식하는 고등어는 성장함에 따라 게 유생, 난바다곤쟁이류, 요각류 등의 크기가 작은 먹이생물의 섭식은 감소하고, 비교적 크기가 큰 어류의 섭식은 증가하였으며(Cha et al., 2004; Yoon et al., 2008), Canary Island 해역에 서식하는 고등어는 작은 크기군에서 요각류를 주로 섭식하다가 성장함에 따라 곤쟁이류와 어류의 섭식이 증가하는 것으로 보고되었다(Castro and Santana-del-pino, 1995). 본 연구에서 고등어의 전장이 커짐에 따라 개체당 평균 먹이생물 중량이 증가하는 양상을 나타내었다. 이는 다른 선행연구에서 보고된 결과와 같이 일반적인 현상으로 고등어가 성장함에 따라 증가하는 에너지 요구량을 만족시키기 위해 먹이생물의 중량을 늘리는 것으로 판단된다.

고등어는 해역에 따라 먹이생물 조성의 변화를 나타내기 때문에 기초생태학적 자료의 신뢰도를 높이기 위해서는 지속적인 관찰 및 연구가 수행되어야 할 것으로 생각되며, 장기적인 식성 연구는 향후 환경변화를 모니터링 할 수 있는 지표로 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

사 사

이 논문은 2020년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(ICT기반 수산자원관리 연구센터).

References

Cardona L, De Quevedo IÁ, Borrell A and Aguilar A. 2012. Massive consumption of gelatinous plankton by Mediter-

- anean apex predators. PLoS One 7, e31329. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0031329>.
- Castro JJ and Santana-del-pino Á. 1995. Feeding preference of *Scomber Japonicus* in the Canary-Islands area. *Sci Mar* 59, 325-333.
- Cha BY, Gong YG, Lee CH and Kim DH 2004. Feeding ecology of pacific mackerel *Scomber japonicus* Korean waters. *J Kor Fish Res* 6, 14-22.
- Cha HK, Choi YM, Park JH, Kim JY and Sohn MH. 2002. Maturation and spawning of the chub mackerel, *Scomber japonicus* Houttuyn in Korean waters. *J Korean Soc Fish Res* 5, 24-33.
- Choi YM. 2003. Stock assessment and management implications of chub mackerel, *Scomber japonicus* in Korean water. Ph.D. Dissertation, Pukyong National University, Busan, Korea.
- Choo HS and Kim DS. 1998. The effect of variations in the Tsushima warm currents on the egg and larval transport of anchovy in the southern sea of Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 31, 226-244.
- Collette BB and Nauen CE. 1983. FAO species catalogue, Vol. 2. Scombrids of the world. An annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos and related species known to date. *FAO Fish Synop* 125, 1-137.
- Cortés E. 1999. Standardized diet compositions and trophic levels of sharks. *ICES J Mar Sci* 56, 707-717. <https://doi.org/10.1006/jmsc.1999.0489>.
- Ebert DA and Bizzarro JJ. 2007. Standardized diet compositions and trophic levels of skates (Chondrichthyes: Rajiformes: Rajoidei). *Environ Biol Fish* 80, 221-237. <https://doi.org/10.1007/s10641-007-9227-4>.
- Gerking SD. 1994. Feeding ecology of fish. Academic Press, San Diego, CA, U.S.A.
- Hong SY, Park KY, Park CW, Han CH, Suh HL, Yun SG, Song CB, Jo SG, Lim HS, Kang YS, Kim DJ, Ma CW, Son MH, Cha HK, Kim KB, Choi SD, Park KY, Oh CW, Kim DN, Shon HS, Kim JN, Choi JH, Kim MH and Choi IY. 2006. Marine invertebrates in Korean coasts. *Academybook*, Seoul, Korea, 479.
- Huh SH, Lee DJ, Choo HG, Park JM and Baeck GW. 2010. Feeding habits of olive flounder *Paralichthys olivaceus* collected from coastal waters off Taean, Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 43, 756-759. <https://doi.org/10.5657/kfas.2010.43.6.756>.
- Huh SH, Nam KM, Park JM, Jeong JM and Baeck GW. 2012. Feeding habits of the marbled flounder, *Pleuronectes yokohamae* in the coastal waters off Tongyeong, Korea. *Korean J Ichtyol* 24, 77-83.
- Huh SH, Oh HS, Park JM and Baeck GW. 2011. Feeding habits of the blackthroat seaperch *Doederleinia berycoides* in the southern sea of Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 44, 284-289. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2011.0284>.

- Huh SH, Park JM and Baek GW. 2006. Feeding habits of spanish mackerel *Scomberomorus niphonius* in the southern sea of Korea. Korean J Fish Aquat Sci 39, 35-41. <https://doi.org/10.5657/kfas.2006.39.1.035>.
- Huh SH, Park JM, Park SC, Jeong DS, Park CI and Baek GW. 2009. Feeding habits of *Lateolabrax japonicus* in the coastal waters off Dolsan-do, Yeosu. Korean J Ichtyol 21, 23-27.
- Kaname O. 1988. New illustrated encyclopedia of the fauna of Japan. Hokuryu-Kan Publishing Co., Ltd., Tokyo, Japan, 803.
- Kang HK, Kim GR, Kang JH, Kim MJ and Noh JH. 2019. Mass occurrence of the salp *Salpa fusiformis* during spring 2017 in the Southern Waters of Korea and the Northern East China Sea. Ocean Polar Res 41, 135-145. <https://doi.org/10.4217/OPR.2019.41.3.135>.
- Kang YS, Jo YJ, Go WJ, Kim SS, Jeon KA and Oh HJ. 2000. Swarm of salps (Tunicata: Thaliacea) and its impact on marine ecosystem in the south sea of Korea. J Korean Soc Oceanogr 5, 47-58.
- Kim IS, Choi Y, Lee CL, Lee YJ, Kim BJ and Kim JH. 2005. Illustrated book of Korean fishes. Kyohaksa, Seoul, Korea, 615.
- Kim KR, Nam KM, Park KH, Kim BS, Han MI, Kwak JW and Baek GW. 2020a. Diet composition of whitespotted conger *Conger myriaster* in the coastal waters of Geoje Island, Korea. Korean J Ichtyol 32, 103-109. <https://doi.org/10.35399/ISK.32.2.10>.
- Kim MJ, Youn SH, Kim JY and Oh CW. 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 SH and Pang IC. 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. Korean J Fish Aquat Sci 38, 331-341. <https://doi.org/10.5657/kfas.2005.38.5.331>.
- Kim SR, Kim JJ, Park HW, Kang SK, Cha HK and Baek HJ. 2020b. Maturity and spawning of the chub mackerel *Scomber japonicus* in the Korean Waters. Korean J Fish Aquat Sci 53, 9-18. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2020.0009>.
- Ko JC, Seo YL, Kim HY, Lee SK, Cha HK and Kim JI. 2010. Distribution characteristics of eggs and larvae of the anchovy *Engraulis japonica* in the Yeosu and Tongyeong coastal waters of Korea. Korean J Ichtyol 22, 256-266.
- Lucas CH. 1994. Biochemical composition of *Aurelia aurita* in relation to age and sexual maturity. J Exp Mar Biol Ecol 183, 179-192. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(94\)90086-8](https://doi.org/10.1016/0022-0981(94)90086-8).
- Melnichuk MC, Peterson E, Elliott M and Hilborn R. 2017. Fisheries management impacts on target species status. Proc Nat Acad Sci 114, 178-183. <https://doi.org/10.1073/pnas.1609915114>.
- Jeong JM, Choi JH, Im YJ and Kim JN. 2017. Feeding habits of dolphinfish *Coryphaena hippurus* in the South Sea of Korea. Korean J Fish Aquat Sci 50, 541-546. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2017.0541>.
- Park JH, Im YJ, Cha HK and Suh YS. 2004. The relationship between oceanographic and fishing conditions for anchovy *Engraulis japonica*, in the southern sea of Korea. J Korean Soc Fish Res 6, 46-53.
- Pauly D, Trites AW, Capuli E and Christensen V. 1998. Diet composition and trophic levels of marine mammals. ICES J Mar Sci 55, 467-481. <https://doi.org/10.1006/jmsc.1998.0428>.
- Pond DW and Sargent JR. 1998. Lipid composition of the pelagic tunicate *Dolioletta gegenbauri* (Tunicata, Thaliacea). J Plankton Res 20, 169-174. <https://doi.org/10.1093/plankt/20.1.169>.
- Schoener TW. 1970. Nonsynchronous spatial overlap of lizards in patchy habitats. Ecology 51, 408-418. <https://doi.org/10.2307/1935376>.
- Sever TM, Bayhan B, Bilecenoglu M and Mavili S. 2006. Diet composition of the juvenile chub mackerel *Scomber japonicus* in the Aegean Sea (Izmir Bay, Turkey). J Appl Ichthyol 22, 145-148. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00705.x>.
- Song HJ, Baek GW, Kim SA and Huh SH. 2006. Feeding habits of *Todarodes pacificus* (Cephalopods: Ommastrephidae) in the coastal waters of Busan, Korea. Korean J Fish Aquat Sci 39, 42-48. <https://doi.org/10.5657/kfas.2006.39.1.042>.
- Wallace Jr RK. 1981. An assessment of diet-overlap indexes. Trans Am Fish Soc 110, 72-76. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1981\)110%3C72:AAODI%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1981)110%3C72:AAODI%3E2.0.CO;2).
- Yoon SC, Yoo JT, Lee SI, Kim ZG and Choi KH. 2015. Feeding habits of the Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* in the southern sea of Korea. J Korean Soc Fish Technol 51, 553-560. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2015.51.4.553>.
- Yoon SJ, Kim DH, Baek GW and Kim JW. 2008. Feeding habits of chub mackerel *Scomber japonicus* in the South Sea of Korea. Korean J Fish Aquat Sci 41, 26-31. <https://doi.org/10.5657/kfas.2008.41.1.026>.