

# 한국 연안해역에 출현하는 참조기 (*Larimichthys polyactis*)의 식성

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

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

**Feeding Habits of Small Yellow Croaker, *Larimichthys polyactis* in Coastal Waters of Korea by Da Yeon Kang, Gi Chang Seong, Do-Gyun Kim, 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/Marine Bio-Education & Research Center, 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** Total 418 Yellow Croaker *Larimichthys polyactis* were examined and the range of total length (TL) was 12.0~27.5 cm and average total length was 19.6 cm. The most important prey component in the diets of *L. polyactis* was Pisces that constituted 46.5% in %IRI (Index of relative importance). Euphausiacea was the second largest prey component. The result of analysis in ontogenetic and seasonal changes significantly exhibited. The proportion of Pisces increased as increasing body size, whereas the consumption of Macrura decreased gradually. The diets also were different among seasons, with the difference particularly being evident between warm (summer and autumn) and cold (winter and spring) seasons. Permutational multivariate analysis of variance (PERMANOVA) revealed significant dietary differences by seasons ( $P = 0.001$ ).

**Key words:** *Larimichthys polyactis*, Small yellow croaker, feeding habits, PERMANOVA, PCO

## 서 론

참조기는 농어목(Perciformes) 민어과(Sciaenidae)에 속하는 어종으로 우리나라 서남해안 수심 40~200 m의 해역에 서식하는 연안 회유성어종이다(Kang *et al.*, 2006). 한국을 비롯하여 일본 서부, 동중국해 등에 분포하고 있으며(Kim *et al.*, 2005), 대표적인 황해 어종으로 서해안의 어업생산량 중 가장 높은 비율을 차지하고 있다. 또한 산란회유를 하는 대표적인 어종으로 우리나라에서는 제주도 서남부에서 월동하다 수온이 상승함에 따라 북상하여 5~6월에 서해 연안에서 산란을 하고, 외해로 이동한 후 다시 월동을 위해 남하한다(Kang *et al.*, 2020). 그러나 최근 기후변화와 해양환경 변화의 요인으로 참조기의 주 어장이 남하하였고, 연안의 산란장도 감소하

여(Kim *et al.*, 2006) 2021년 기준 참조기 어업량은 전년도 대비 약 23% 감소하였다(KOSIS, 2021). 따라서 참조기 자원의 안정화를 위해 금지채장과 금어기를 설정하였고, 총허용어획량제도(TAC)의 대상어종으로 선정하여 관리하고 있다.

최근 우리나라에서 수행된 참조기에 대한 연구는 생식생태(Kang *et al.*, 2020), 연령과 성장(Kim *et al.*, 2006), 어장과 산란장(Jang *et al.*, 2020), 자원평가(Lee *et al.*, 2015; Sim and Nam, 2015) 등이 수행되었으나 참조기의 섭식생태에 관한 연구는 전무한 실정이다.

참조기는 계절적 이동 변이가 강한 생태적 습성을 지니고 있어 명확한 생태특성을 규명하는 데 어려움이 있다. 하지만 어획되는 참조기 개체의 평균 체장이 지속적으로 감소하여(Yeon *et al.*, 2010) 점차 소형화되는 자원의 감소 징후가 나타나고 있기 때문에 지속적인 생태학적 연구가 필요하다. 따라서 이번 연구는 참조기의 섭식생태에 대한 정보를 확보하기 위한 일환으로써 우리나라 서해안과 남해안 인근 해역에서 어획된 참조기를 대상으로 이들의 식성을 보고하고자 한다.

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

\*Corresponding author: Gun Wook Baeck Tel: 82-55-772-9156,

Fax: 82-55-772-9159, E-mail: gwbaeck@gnu.ac.kr

## 재료 및 방법

이번 연구에 사용된 참조기 시료는 2020년 1월부터 12월까지 우리나라 남해와 서해 연안에서 안강망과 유자망을 통해 어획된 개체를 매월 구입하여 이용하였다. 구입한 시료는 냉동된 상태로 실험실로 운반하여 상온에서 해동한 후 전장과 습중량을 각각 0.1 cm와 0.01 g 단위까지 측정된 뒤, 각 개체의 위를 해부하여 10% 중성포르말린에 고정하였다. 위내용물은 해부현미경을 이용하여 가능한 낮은 종 수준까지 분류하였고, 소화가 진행되어 동정이 어려운 경우 과 수준으로 동정하였다. 먹이생물은 종류별로 개체수를 계수하였고, 크기와 습중량을 각각 0.1 cm와 0.0001 g 단위까지 측정하였다. 위내용물 분석결과는 각 먹이생물에 대한 출현빈도(%F), 개체수비(%N), 중량비(%W)로 나타내었으며, 다음 식을 이용하여 구하였다.

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

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

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

여기서,  $A_i$ 는 위내용물 중 해당 먹이생물이 발견된 참조기의 개체수이고,  $N$ 은 먹이를 섭식한 참조기의 총 개체수,  $N_i$ ( $W_i$ )는 해당 먹이생물의 개체수(중량),  $N_{total}$ ( $W_{total}$ )은 전체 먹이 개체수(중량)이다. 섭식된 먹이생물의 상대중요도지수(Index of relative importance,  $IRI$ )는 Pinkas *et al.* (1971)의 식을 이용하여 구하였으며, 상대중요도지수는 백분율로 환산하여 상대중요도지수비(% $IRI$ )로 나타내었다.

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

크기군(size class)에 따른 위내용물 조성의 변화를 파악하기 위해 Small (<20.0 cm) 그룹과 Large (≥20.0 cm) 그룹의 2개 크기군으로 구분하였다.

또한 계절(season)에 따른 먹이생물 조성의 차이를 알아보기 위해 채집된 계절에 따라 4개의 그룹(3~5월, 봄; 6~8월, 여름; 9~11월, 가을; 12~2월, 겨울)으로 나누어 각 그룹의 평균 중량 백분율을 통해 먹이생물 조성을 분석하였다. 이를 바탕으로 계절별 개체당 평균 먹이생물 개체수(Mean number of preys per gut,  $mN/ST$ )와 개체당 평균 먹이생물 중량(Mean weight of preys per gut,  $mW/ST$ )을 구하였으며, 계절별 먹이생물 개체수와 중량 차이를 일원배치분산분석(Analysis of variance, One-way ANOVA)으로 유의성을 검정하였다.

참조기의 계절간 크기군별 위내용물 조성이 어떠한 차이가 있는지 조사하기 위해 MDS (multidimensional scaling),

PERMANOVA (permutational multivariate analysis of variance), PCO (principal coordinate analysis)를 이용하여 분석하였다(Anderson *et al.*, 2008; Clarke and Gorley, 2015). 분석을 위하여 계절별로 같은 크기군에 속하는 개체들을 무작위로 3~4개체로 분리하여 소그룹으로 구분한 뒤, 각 소그룹에서 먹이생물 분류군의 평균 중량 백분율을 계산하였다. 이러한 무작위한 소그룹에서 먹이생물 분류군의 평균값 사용은 한 개체의 위내용물 조성에서 '0'의 비율을 나타내는 먹이생물 분류군 수를 감소시켜 다변량분석의 효율성을 증대시킬 수 있다(White *et al.*, 2004; Marshall *et al.*, 2008). 또한 위내용물 중 우점 먹이생물의 편향성을 감소시키기 위하여 평균 중량 비 값은 제곱근변환(square root transformation)을 실시하였고, Bray-Curtis similarity를 이용하여 유사도 매트릭스를 구축하였다(Platell and Potter, 2001).

MDS 분석을 통해 크기군별, 계절별 참조기의 위내용물 차이를 시각화하였고, 위내용물 분석 결과에서 크기군, 계절, 2요인(season × size class)의 상호효과가 위내용물 조성 차이에 유의한 영향을 미치는지 분석하기 위하여 two-way PERMANOVA를 실시하였다. PERMANOVA는 표본간 거리를 이용한 비모수(nonparametric) 분산분석으로, 가설을 검증하기 위하여 permutation 방법을 사용하였다. PERMANOVA에서 COV (component of variation)는 각 요인의 영향 정도를 나타내는 값으로, COV가 클수록 특정 요인 또는 상호효과의 영향이 크다는 것을 의미한다. PERMANOVA 분석에서 유의한 차이가 나타났을 경우, PCO 분석을 통하여 어떤 먹이생물 분류군이 이러한 차이에 높은 상호연관계수(correlation coefficients)를 나타냈는지 분석하였다. 각 먹이생물 분류군의 상대적 기여도는 상호연관계수가 0.4 이상을 나타내는 먹이생물 분류군을 PCO 성분축 1과 2에 나타냈다.

상기 분석을 위하여 Microsoft Excel 2010, PRIMER v6 multivariate statistics package (www.primers-e.com), PERMANOVA + add-on module을 사용하였다(Anderson *et al.*, 2008).

## 결 과

총 418개체의 참조기가 채집되었고, 전장의 범위는 12.0~27.5 cm (평균 19.6 cm)로 나타났으며, 그 중 20.0 cm의 크기군이 전체의 28.5%를 차지해 가장 많이 출현하였다(Fig. 1).

공복인 개체는 238개체로 공복율은 56.9%로 나타났고, 위내용물이 발견된 180개체의 먹이생물을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 참조기의 주먹이생물은 37.8%의 출현빈도, 12.1%의 개체수비, 73.2%의 중량비를 차지하여 46.5%의 상대중요도지수비를 나타낸 어류(Pisces)였다. 어류 중에서도 멀치(*Engraulis japonicus*)가 가장 우점한 먹이생물이었다. 어류

다음으로 중요한 먹이생물은 난바다곤쟁이류 (Euphausiacea)와 새우류 (Macrura)로 각각 31.3%와 21.4%의 상대중요도 지수비를 차지하였다. 그 외에 단각류 (Amphipoda), 두족류 (Cephalopoda), 게류 (Brachyura), 갯가재류 (Stomatopoda), 화

살벌레류 (Stomatopoda)가 출현하였으나 0.7% 이하의 상대중요도지수비를 차지하여 그 양은 많지 않았다.

참조기의 크기군에 따른 먹이생물의 변화를 분석한 결과 (Fig. 2(A)), Small 크기군에서는 새우류가 46.1%의 상대중요도지수비를 차지하여 가장 우점하였고, 어류와 난바다곤쟁이류가 각각 34.2%와 19.3%를 차지하여 다음으로 우점하였다. Large 크기군에서는 어류가 53.9%의 상대중요도지수비를 차지하여 가장 우점하였고, 난바다곤쟁이류가 38.9%를 차지하여 그 다음으로 우점하였다. 따라서 참조기는 성장함에 따라 어류와 난바다곤쟁이류의 섭식율이 증가하고, 새우류는 감소하는 경향을 보였다.

계절에 따른 먹이생물의 변화를 분석한 결과 (Fig. 2(B)), 겨울에는 어류가 97.3%의 상대중요도지수비를 차지하여 가장 중요한 먹이생물이었다. 봄에는 어류와 새우류가 각각 53.9%와 44.7%의 상대중요도지수비를 차지하여 어류의 섭식율은 감소하였으나 새우류는 증가하였다. 여름에는 어류와 새우류가 각각 21.8%와 72.7%의 상대중요도지수비를 차지하

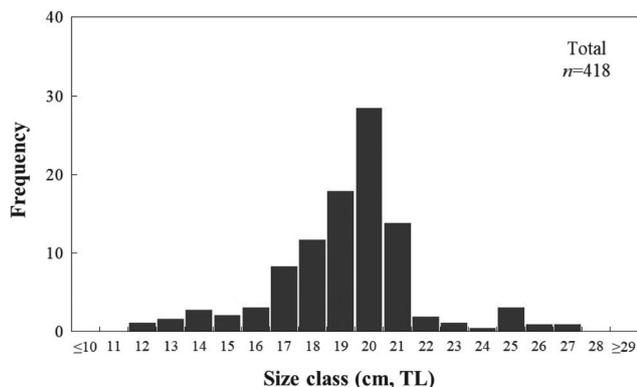
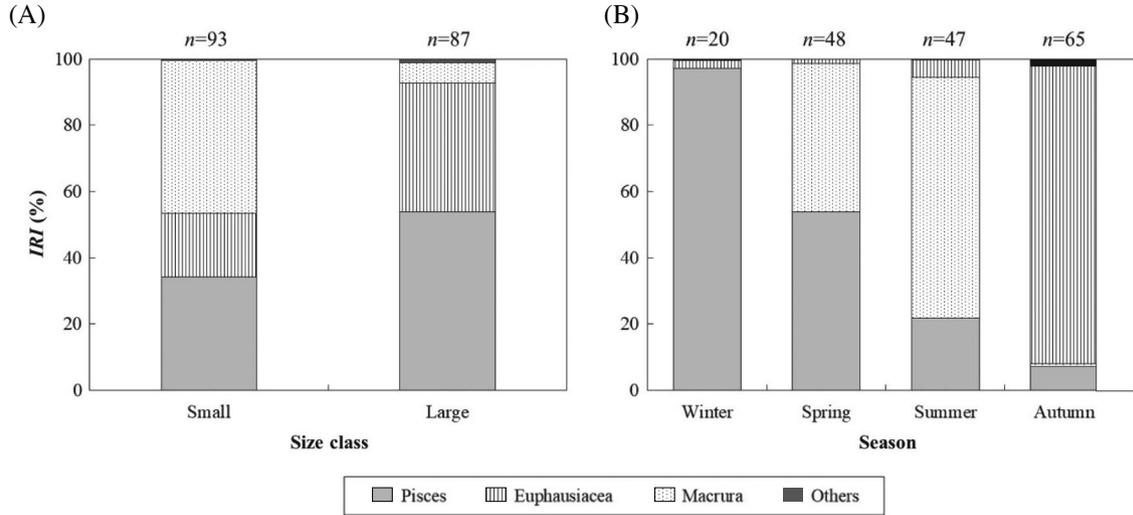


Fig. 1. Total length (TL)-frequency distribution of *Larimichthys polyactis* collected in coastal waters of Korea.

Table 1. Composition of the prey organism of *Larimichthys polyactis* by frequency of occurrence (%F), number (%N), weight (%W) and index of relative importance (IRI) in coastal waters of Korea

Prey organism	%F	%N	%W	IRI	%IRI
<b>Amphipoda</b>	<b>7.2</b>	<b>6.5</b>	<b>0.1</b>	<b>47.3</b>	<b>0.7</b>
<i>Parathemisto</i> sp.	6.7	6.1	0.1		
Unidentified Amphipoda	0.6	0.3	+		
<b>Brachyura</b>	<b>1.7</b>	<b>0.7</b>	<b>0.3</b>	<b>1.7</b>	<b>+</b>
<b>Euphausiacea</b>	<b>35.0</b>	<b>54.6</b>	<b>7.3</b>	<b>2,168.8</b>	<b>31.3</b>
<i>Euphausia</i> spp.	35.0	54.6	7.3		
<b>Macrura</b>	<b>34.4</b>	<b>24.8</b>	<b>18.3</b>	<b>1,485.6</b>	<b>21.4</b>
<i>Acetes chinensis</i>	0.6	0.2	+		
<i>Crangon hakodatei</i>	1.1	1.0	0.8		
<i>Leptochela gracilis</i>	5.6	4.6	0.6		
<i>Leptochela sydniensis</i>	0.6	0.3	+		
<i>Metapenaeopsis dalei</i>	5.0	2.6	4.1		
<i>Palaemon gravieri</i>	1.1	0.8	0.1		
<i>Parapenaeopsis tenella</i>	6.1	5.1	8.4		
Unidentified Macrura	17.8	10.1	4.2		
<b>Stomatopoda</b>	<b>0.6</b>	<b>0.2</b>	<b>0.2</b>	<b>0.2</b>	<b>+</b>
<i>Oratosquilla oratoria</i>	0.6	0.2	0.2		
<b>Cephalopoda</b>	<b>3.3</b>	<b>1.0</b>	<b>0.5</b>	<b>5.0</b>	<b>0.1</b>
<b>Chaetognatha</b>	<b>0.6</b>	<b>0.2</b>	<b>+</b>	<b>0.1</b>	<b>+</b>
<i>Sagitta</i> sp.	0.6	0.2	+		
<b>Pisces</b>	<b>37.8</b>	<b>12.1</b>	<b>73.2</b>	<b>3,221.5</b>	<b>46.5</b>
<i>Collichthys niveatus</i>	1.1	0.3	14.5		
<i>Engraulis japonicus</i>	15.6	5.1	46.0		
Unidentified Pisces	21.7	6.6	12.7		
<b>Total</b>		<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>6,930.2</b>	<b>100.0</b>

+ : less than 0.1%



**Fig. 2.** Ontogenetic (A) and seasonal changes (B) in composition of the prey components by %IRI of *Larimichthys polyactis* collected in coastal waters of Korea.

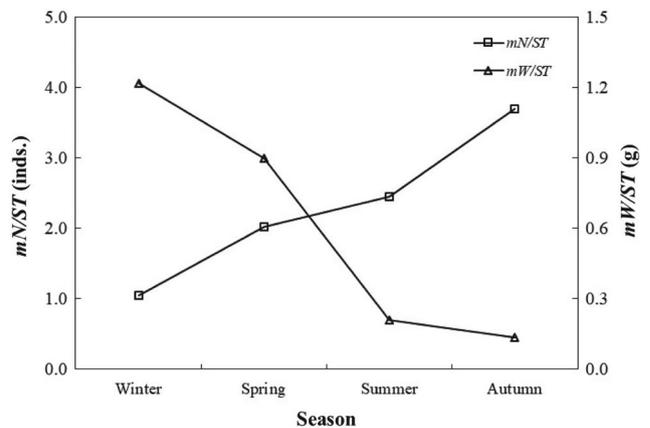
**Table 2.** Mean squares (MS), pseudo-F ratios, components of variation (COV) and significance levels (P) for a series of PERMANOVA tests, employing Bray-Curtis similarity matrix derived from the mean percentage weight contributions of the various prey taxa to the stomach contents for *Larimichthys polyactis*

Source	df	MS	Pseudo-F	COV	P (perm)
Size	1	42.5	0.070	- 5.862	0.791
Season	3	16932.0	28.043	36.872	0.001
Size × Season	3	2380.3	3.9423	17.200	0.003
Residual	51	603.8		24.572	

여 어류와 새우류의 섭식율이 뚜렷한 차이를 나타냈다. 가을에는 난바다곤쟁이류가 89.7%의 상대중요도지수비를 차지하여 가장 우점하였으나 새우류와 어류의 비율은 감소하여 각각 7.1%와 0.9%를 차지하였다. 따라서 저수온기인 겨울과 봄에는 어류의 섭식율이 높고, 고수온기인 여름과 가을에는 새우류와 난바다곤쟁이류의 섭식율이 높은 것으로 나타났다.

계절별 개체당 평균 먹이생물의 개체수와 중량의 변화를 분석한 결과 (Fig. 3), 모두 유의한 차이를 나타내었는데 (One-way ANOVA,  $P < 0.05$ ), 개체당 평균 먹이생물의 개체수는 겨울에 약 1.0개였고, 봄에 약 2.0개, 여름에 2.4개, 가을에 3.7개로 점차 증가하는 양상을 보였다. 개체당 평균 먹이생물의 중량은 겨울에 약 1.22 g이었고, 봄에는 0.90 g, 여름에는 0.21 g, 가을에는 0.13 g으로 점차 감소하는 양상을 보였다.

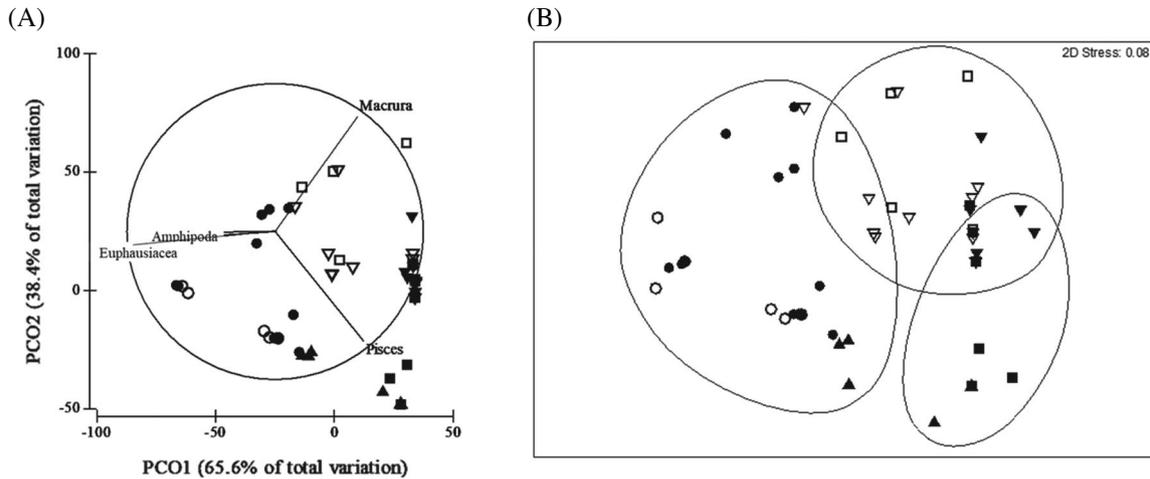
참조기의 크기군과 계절군간의 섭식관계를 Two-way PERMANOVA로 분석한 결과, 참조기의 위내용물 조성은 계절군 ( $P = 0.001$ )과 2 요인 ( $P = 0.003$ )의 상호작용 효과간 차이가 유의하였으나, 크기군 ( $P = 0.791$ )과는 유의성이 없었다 (Table 2).



**Fig. 3.** Variation of mean number of prey per stomach ( $mN/ST$ ) and mean weight of prey per stomach ( $mW/ST$ ) of *Larimichthys polyactis* among season in coastal waters of Korea.

COV값은 계절간 효과가 2 요인의 상호효과에 비해 약 2.0배 높은 값을 보였으나, 크기군간 효과는 음의 값을 나타내었고, 따라서 계절간의 효과가 two-way PERMANOVA 분석 결과가 가장 큰 기여를 한 것으로 나타났다.

PCO 분석결과 성분축 1과 2를 따라 참조기의 위내용물 표본이 분리됨을 알 수 있었다 (Fig. 4(A)). MDS 분석 (Fig. 4(B)) 과 유사하게 계절군간 표본은 성분축 1을 따라 좌우에 구분되는 경향을 보였다. PCO 분석에서 단각류와 난바다곤쟁이류는 가을군 표본을 구분하는데 기여하였고, 어류와 새우류는 봄, 여름, 겨울군 표본을 구분하는데 기여하였다. 또한 계절별 크기군이 성분축 2를 따라 상하로 구분되었는데, 봄과 여름에만 이러한 경향이 나타났으며, 가을과 겨울에는 뚜렷한 경



**Fig. 4.** Principal coordinate (PCO) analysis (A) and multidimensional scaling (MDS) ordination (B) using Bray-Curtis similarity matrix that employed the weight contributions on the diet across different size classes (open symbol = small class, black symbol = large class) and seasons (triangle = winter, square = spring, inverted triangle = summer, circle = autumn) in coastal waters of Korea. The vector represents Pearson correlation and the circle shows a correlation of 1.

향이 나타나지 않았다. PCO 분석에서 새우류는 봄과 여름의 Small 크기군 표본을 구분하는데 기여하였고, 어류는 Large 크기군을 구분하는데 기여하였다. 그러나 참조기의 크기군은 PCO 분석에서 뚜렷한 경향이 나타나지 않았다.

### 고 찰

이번 연구에서 참조기의 공복율은 전체의 56.9%를 차지하여 높은 공복율을 나타냈다. 이처럼 높은 공복율을 보이는 현상은 삼치 (*Scomberomorus niphonius*), 달고기 (*Zeus faber*) 등 다른 어식성어류에서도 쉽게 관찰된다 (Huh *et al.*, 2006; Choi *et al.*, 2021). 이는 어류가 먹이생물로서 효율이 높아 갑각류식성어류에 비해 상대적으로 높은 공복율을 보인 것으로 판단된다. 또한 참조기의 경우 위가 입 밖으로 튀어나와 있는 개체가 많았는데, 이는 조업 당시 수압의 변화를 견디지 못하여 위를 토해낸 것으로 이로 인해 공복율이 더 높아진 것으로 추정된다.

참조기의 주먹이생물은 어류였으며, 어류 중에서도 소형 어류인 멸치를 주로 섭식한 것으로 나타났다. 멸치는 우리나라 연안해역에 서식하는 소형 어류로 해양생태계 내에서 동물플랑크톤과 상위포식자를 이어주는 매우 중요한 영양단계에 속해 있으며, 우리나라 연근해 어식성 어종의 주요 먹이생물이다 (Huh *et al.*, 2009). 멸치를 주로 섭식하는 어식성 어종으로는 고등어 (*Scomber japonicus*), 삼치, 농어 (*Lateolabrax japonicus*) 등의 부어류가 대표적이며, 이들은 유영능력이 발달하여 멸치를 포획하고 섭식하기에 용이하였던 것으로 판단된다 (Huh, 1999; Huh *et al.*, 2006; Yoon *et al.*, 2008). 또한 참조기가 서식하는 남해안과 서해안은 멸치어장이 발달한 해역

으로 참조기가 섭식하기에 용이하고, 영양적인 측면에서 에너지 효율이 높기 때문에 섭식비율이 높았던 것으로 판단된다 (Huh *et al.*, 2009). 중국 Bohai 해에서 이루어진 참조기의 식성연구에서는 이번 연구와 유사하게 어식성의 결과를 보였으나 주먹이생물은 도화망둑 (*Amblychaeturichthys hexanema*)으로 나타나 이번 연구의 결과와 다르게 나타났다. 이는 Wei *et al.* (2018)의 연구에 따르면 참조기가 서식지의 환경변화에 따라 적응하여 섭식하는 먹이생물도 변화한다고 보고하였다. Deng *et al.* (1997)의 연구에 따르면 과거 Bohai해에서 멸치 개체수가 급증하여 참조기가 멸치를 주로 섭식하였으나, Wei *et al.* (2018)의 연구 당시, 서식지 내의 종 조성이 변화하면서 도화망둑이 우점하게 되어 주먹이생물이 바뀐 것으로 추정되고 보고하였다. 따라서 이번 연구의 결과에서 참조기는 멸치를 주로 섭식하는 것으로 나타났으나 참조기의 섭식생태의 변화를 보다 면밀히 파악하기 위해 지속적인 연구와 모니터링이 필요할 것으로 예상된다.

어류는 일반적으로 성장함에 따라 먹이생물을 전환하는 것으로 알려져 있는데, 이러한 양상은 이번 연구의 참조기에서도 확인할 수 있었다. 성장에 따른 먹이전환 양상을 확인하기 위해 2개의 크기군으로 나누어 분석한 결과, Small 크기군에서는 부유성 소형 갑각류인 새우류와 난바다곤쟁이류의 섭식율이 높았으나 성장하면서 Large 크기군에서는 부유성 소형 갑각류의 섭식율은 감소하고, 어류의 섭식율이 증가하는 양상으로 나타났다. 어류는 일반적으로 성장함에 따라 영양적 측면에서 에너지효율을 높이기 위해 다양한 먹이전환 형태를 보이는데, 이번 연구에서 참조기는 성장함에 따라 부유성 소형 갑각류에서 어류로 먹이전환을 하는 것으로 나타났다. 이와 같은 먹이전환의 형태를 보인 어식성 어종으로는 농어, 고등

어, 살살치 (*Scorpaena neglecta*), 갈치 (*Trichiurus lepturus*) 등이 보고되었다 (Huh, 1999; Huh *et al.*, 2008, 2009; Yoon *et al.*, 2008). 이처럼 성장에 따라 작은 크기의 먹이생물에서 큰 먹이생물로 먹이전환을 하는 것은 많은 해산어류에서 나타나는 일반적인 현상으로 (Wainright and Richard, 1995), 어체의 크기가 커질수록 더 많은 에너지가 요구되기 때문에 비교적 에너지 효율이 높은 큰 먹이생물을 섭식하는 것으로 판단된다.

계절별 먹이생물을 분석한 결과, 참조기는 계절에 따라 먹이생물 조성에 변화가 나타났고, 이는 통계적으로 유의하였다 (PERMANOVA,  $P < 0.05$ ). 저수온기(겨울, 봄)에는 어류가 우점하였으나 고수온기(여름, 가을)에는 새우류와 난바다곤쟁이류가 우점하여 계절별로 상이한 결과가 나타났다. 또한, 저수온기에는 개체당 먹이생물의 평균 개체수가 적고, 중량은 높게 나타났으나 고수온기에는 개체당 먹이생물의 평균 개체수는 많고 중량은 낮게 나타났다. 이는 이번 연구에서 채집된 어체의 전장이 평균 20.0 cm 내외의 산란가능군인 것으로 미루어볼 때 (Kang *et al.*, 2020), 참조기의 산란생태와 밀접한 영향이 있는 것으로 추정된다. 참조기는 제주도 서남부에서 월동을 하고, 수온이 상승함에 따라 북상하여 늦봄에 서해안에서 산란을 하며, 가을철에 외해로 이동한 뒤, 다시 남해안으로 월동회유를 하는 것으로 알려져 있다 (Shojima and Otaki, 1982). 산란기 준비기간인 겨울과 산란기를 앞둔 봄에 주로 에너지 효율이 높은 어류를 적극적으로 섭식하여 산란에 필요한 에너지 축적을 위한 준비과정으로 판단된다 (Go *et al.*, 1997). 산란 후인 여름에는 일시적으로 서해안에서 머물게 되는데, 이번 연구에서는 이 기간 동안 새우류를 주로 섭식하였다. 새우류 중에서도 소형 새우류인 돛대기새우를 우점하여 섭식하였는데, 돛대기새우는 우리나라 서해와 남해 서부에 걸쳐 분포하고 수심 5~100 m의 진흙이나 모랫바닥에 무리를 지어 서식하며, 다양한 어류의 먹이생물로 보고되었다 (Hong, 2006). 또한 회복기인 가을철에는 난바다곤쟁이류를 우점하여 섭식하였다. 난바다곤쟁이류는 우리나라 전 연안해역에 광범위하게 분포하고, 표층 생태계의 먹이사슬에서 포식자와 일차생산자를 연결해주는 중요한 역할을 하여 다양한 어류들의 주요 먹이생물로 알려져 있다 (Mauchline, 1980). 일반적으로 어류는 적은 노력량으로 포획하기 용이하고, 주변에 풍부한 먹이생물을 선호하는 기회주의적 포식을 하는데 (Huh *et al.*, 2013), 이번 연구의 참조기 역시 서해 해역에서 풍부하게 출현하는 새우류와 난바다곤쟁이류 같은 부유성 소형 갑각류를 주로 섭식한 것으로 판단된다.

## 요 약

전체 418개체의 참조기를 분석하였고, 전장의 범위는

12.0~27.5 cm였으며, 평균 전장은 19.6 cm였다. 참조기의 주 먹이생물은 어류로 46.5%의 상대중요도지수비를 차지하였고 그 다음으로 난바다곤쟁이류가 우점하였다. 성장에 따른 먹이생물의 변화에 유의한 차이가 나타났는데, 성장하면서 어류의 섭식율은 증가하지만 새우류의 비율은 감소하였다. 계절적 변화는 여름과 가을의 고수온기와 겨울과 봄의 저수온기와 유의한 차이가 나타났다. 계절적 변화를 다변량분산분석 (PERMANOVA)을 통해 분석한 결과, 계절에 따른 유의한 변화가 나타났다.

## 사 사

이 논문은 2022년 해양수산부 재원으로 해양수산기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구입니다 (ICT기반 수산자원관리 연구센터).

## REFERENCES

- Anderson, M.J., R.N. Gorley and K.R. Clarke. 2008. PERMANOVA+ for PRIMER: Guide to software and statistical methods. PRIMER-E, Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, U.K.
- Choi, Y.J., Y.H. Kim and J.H. Lee. 2021. Diet composition of John Dory *Zeus faber* in the coastal waters of the South Sea, Korea. Korean J. Fish. Aqua. Sci., 54: 526-531.
- Clarke, K.R. and R.N. Gorley. 2015. PRIMER v7: User Manual/Tutorial, PRIMER-E, Plymouth, U.K.
- Deng, J.Y., W.M. Jiang, J.M. Yang and J. Li. 1997. Species interaction and food web of major predatory species in the Bohai Sea. J. Fish. Sci. China, 4: 1-7.
- Go, Y.B., S.H. Cho and G.M. Go. 1997. Study on the fish community in the seagrass belt around Cheju Island 2. Growth, reproduction and food habit of Tubesnout, *Aulichthys japonicus* Brevoort. Korean J. Ichthyol., 9: 61-70.
- Hong, S.Y. 2006. Marine invertebrates in Korean coasts. Academy-book, Seoul, Korea, 326pp.
- Huh, S.H. 1999. Feeding habits of hairtail, *Trichiurus lepturus*. Korean J. Ichthyol., 11: 191-197.
- Huh, S.H., J.M. Park and G.W. Baeck. 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, S.H., J.M. Park, K.M. Nam, S.C. Park, D. Jeong, C.I. Park and G.W. Baeck. 2008. Feeding habits of *Scorpaena neglecta* in the coastal waters off Busan. Korean J. Ichthyol., 20: 117-122.
- Huh, S.H., J.M. Park, S.C. Park, D. Jeong, C.I. Park and G.W. Baeck. 2009. Feeding habits of *Lateolabrax japonicus* in the

- coastal waters off Dolsan-do, Yeosu. Korean J. Ichthyol., 21: 23-27.
- Huh, S.H., G.W. Baeck, H.G. Choo and J.M. Park. 2013. Feeding habits of spearnose grenadier, *Coelorinchus multispinulosus* in the coastal waters off Gori, Korea. Korean J. Ichthyol., 25: 157-162.
- Jang, S.H., J.K. Kim and J.H. Ryu. 2020. First report on the occurrence of eggs of the small yellow croaker *Larimichthys polyactis* from Chilsan-do Island, Jeollanam-do, Korea. Korean J. Fish. Aquat. Sci., 53: 650-655. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2020.0650>.
- Kang, D.Y., K.C. Jo, J.H. Lee, H.W. Kang and H.C. Kim. 2006. Annual reproductive cycle of wild female yellow croaker, *Larimichthys polyactis*. J. Aquaculture, 19: 188-196.
- Kang, H.J., J.Y. Ma, H.J. Kim and H.J. Kim. 2020. Estimating length at sexual maturity of the small yellow croaker *Larimichthys polyactis* in the Yellow Sea of Korea using visual and GSI methods. Korean J. Fish. Aquat. Sci., 53: 50-56.
- Kim, I.S., Y. Choi, C.L. Lee, Y.J. Lee, B.J. Kim and J.H. Kim. 2005. Illustrated book of Korean fishes. Kyo-Hak Publishing Co. Ltd., Seoul, Korea, 339pp.
- Kim, Y.H., S.K. Lee, J.B. Lee, D.W. Lee and Y.S. Kim. 2006. Age and growth of small yellow croaker, *Larimichthys polyactis* in the South Sea of Korea. Korean J. Ichthyol., 18: 45-54.
- KOSIS (Korean Statistical Information Service). 2021. Statistic database for fisheries production. Retrieved from <http://kosis.kr/index/index.do>.
- Lee, E.J., Y.I. Seo, H.W. Park, H.J. Kang and C.I. Zhang. 2015. Coastal water fisheries resources research division, National Institute of Fisheries Science. J. Korean Soc. Fish. Ocean Technol., 51: 535-544. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2015.51.4.535>.
- Marshall, A.D., P.M. Kyne and M.B. Bennett. 2008. Comparing the diet of two sympatric urolophid elasmobranchs (*Trygonoptera testacea* Müller & Henle and *Urolophus kapalensis* Yearsley & Last): evidence of ontogenetic shifts and possible resource partitioning. J. Fish Biol., 72: 883-898. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2007.01762.x>.
- Mauchline, J. 1980. The biology of mysids and euphausiids. Adv. Mar. Biol., 18: 1-677.
- Pinkas, L., M.S. Oliphant and I.L.K. Iverson. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. Fish. Bull., 152: 1-105.
- Platell, M.E. and I.C. Potter. 2001. Partitioning of food resources amongst 18 abundant benthic carnivorous fish species in marine waters on the lower west coast of Australia. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 261: 31-54. [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(01\)00257-X](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(01)00257-X).
- Shojima, E. and H. Otaki. 1982. Lunar rhythmic catch fluctuation in the yellow croaker, *Pseudosciaena polyactis*. Bull. Fish. Res. Dev. Agency, 28: 147-166.
- Sim, S.H. and J.O. Nam. 2015. A stock assessment of yellow croaker using bioeconomic model: a case of single species and multiple fisheries. OPR, 37: 161-177.
- Wainwright, P.C. and B.A. Richard. 1995. Scaling the feeding mechanism of the largemouth bass (*Micropterus salmoides*): Motor pattern. J. Exp. Biol., 198: 1161-1171.
- Wei, X.J., B. Zhang, X.J. Shan, X. Jin and Y. Ren. 2018. Feeding habits of small yellow croaker *Larimichthys polyactis* in the Bohai Sea. J. Fish. Sci. China, 25: 1289-1298.
- White, W.T., M.E. Platell and I.C. Potter. 2004. Comparisons between the diets of four abundant species of elasmobranchs in a subtropical embayment: implications for resource partitioning. Mar. Biol., 144: 439-448. <https://doi.org/10.1007/s00227-003-1218-1>.
- Yeon, I., D.W. Lee, J.B. Lee, K.H. Choi, B.K. Hong, J.I. Kim and Y.S. Kim. 2010. Long-term changes in the small yellow croaker, *Larimichthys polyactis* population in the Yellow and East China Seas. J. Korean Soc. Fish. Ocean. Technol., 46: 392-405. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2010.46.4.392>.
- Yoon, S.J., D.H. Kim, G.W. Baeck and J.W. Kim. 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>.