

한국 남해에서 출현한 전갱이(*Trachurus japonicus*)의 식성

이예지* · 이정훈 · 김영혜

국립수산과학원 연근해자원과

Feeding Habits of the Jack Mackerel *Trachurus japonicus* in the Southern Sea of the Republic of Korea

Ye Ji Lee*, Jeong Hoon Lee and Young Hye Lee

Fisheries Resources Management Division, National Institute of Fisheries, Busan 46083, Korea

The feeding habits of the Japanese jack mackerel *Trachurus japonicus* were studied in the Southern Sea of the Republic of Korea. To assess the effects of season, sampling was conducted in February (winter), May (spring), and August (summer), 2020. The total length of each fish was measured in 1 cm intervals. Diet composition showed the highest species diversity during winter. Diet composition changed from copepods to euphausiids as the total length of jack mackerel increased, except during winter. The most important seasonal prey were copepods in winter and summer and euphausiids in spring. Species diversity of the zooplankton community structure was highest in winter. Among the zooplankton communities, copepods were dominant in all seasons. Species with a high electivity index in all seasons were relatively large zooplankton of ≥ 2 mm. Jack mackerel had ontogenetic diet change, exhibited diet selectivity depending on size, and its feeding habits were affected by the zooplankton community structure.

Keywords: *Trachurus japonicus*, Feeding habits, Prey selectivity, Zooplankton community structure

서론

전갱이(*Trachurus japonicus*)는 우리나라 전 해역과 동중국해, 일본의 큐슈 해역등에 널리 분포하는 종으로써 생태적, 상업적으로 매우 가치 있는 어종이며(Hirota et al., 2004; Kasai et al., 2008; Lee et al., 2016) 우리나라 총허용어획량(total allowable catch, TAC) 대상 어종으로써 적합한 자원관리가 필요하다(Hwang et al., 2015). 이를 위해서는 전갱이의 생태적 연구가 이루어져야하며, 이 중 섭식생태 연구는 어류의 먹이 선택성, 서식지 선택성 그리고 영양단계 연구의 초석이 되는 만큼 전갱이의 자원 보존과 관리 측면에서 필수적이다(Stergiou and Karpouzi, 2002). 이전 연구에 따른 전갱이의 식성은 플랑크톤을 주 먹이로 하는 플랑크톤식자로(Huh and Cha, 1998; Sassa and Tsukamoto, 2012) 선택적 섭이를 하는 것으로 알려져 있으며, 성장에 따라 크기가 작은 동물플랑크톤에서 크기가 큰 동물플랑크톤 및 소형 어류와 오징어등으로 전환되는 것으로 알려져 있다(Hirota et al., 2004).

전갱이의 먹이가 되는 동물플랑크톤은 생태계 내 먹이사슬을 유기적으로 연결 할 수 있는 중요한 생물 집단이다(Winder and Jassby, 2011). 동물플랑크톤 군집 구조의 변동은 동물플랑크톤 식성 어종의 크기를 좌우하거나, 한 생태계 내에서 우점 어종을 바꾸는 등 어류와 같은 상위 생태계 포식자에게 영향을 줄 수 있을 뿐 아니라(Möllmann et al., 2008; Ljungström et al., 2020), 박테리오플랑크톤의 풍도를 조절하는 등 미세 먹이망 구조 내에서도 중요한 역할을 수행한다(Zöllner et al., 2009). 따라서 동물플랑크톤 군집 조사는 해양생태계의 흐름을 파악할 수 있으며 이는 곧 어업 자원 관리에 있어서도 필수적일 것으로 생각된다.

이전에 이루어진 국내 전갱이 식성 연구는 전갱이의 위내용물만을 단편적으로 언급하여 전갱이의 먹이 선택성에 대해 알 수 없었으며, Huh and Cha (1998)는 낙동강에서 채집된 전갱이의 먹이 선택성을 연구하였으나 이는 현 시점과 20년 이상 차이나 환경 변동에 따른 차이가 있을 것으로 생각된다. 따라서 본 연구는 한국 남해에서 채집된 전갱이의 위내용물과 동물플랑크

*Corresponding author: Tel: +82.51. 720. 2277 Fax: +82. 51. 720. 2292

E-mail address: lyj5181@gmail.com



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.2021.0064>

Korean J Fish Aquat Sci 54(1), 64-72, February 2021

Received 13 October 2020; Revised 10 November 2020; Accepted 5 January 2021

저자 직위: 이예지(연구원), 이정훈(연구사), 김영혜(연구관)

톤 군집을 분석하여 전갱이의 식성 및 섭식 전략을 파악해 전갱이 어족 자원 관리를 위한 기초생태자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

전갱이 표본은 한국의 남해에서 계절 조사로써 2020년 2월(겨울), 5월(봄), 8월(여름)에 채집하였다(Fig. 1). 전갱이는 저층트롤을 평균 선속 2.9 knot로 30분간 예망하여 채집하였고, 전장(total length)과 전중량(total weight)를 측정 후 위를 적출하여 10% 중성 포르말린에 고정하였다. 전갱이의 위 내용물은 가능한 한 중 수준까지 동정하였다(Mitsuo and Masaaki, 1997). 위 내용물 표본 크기의 적절성을 입증하기 위해 누적먹이곡선(cumulative prey curve)을 이용하였고(Ferry and Caillet, 1996), 동정된 먹이생물의 순서를 100번 무작위화 하여 평균과 표준편차를 그래프상에 나타내었다. 동물플랑크톤은 망구 80 cm, 망목 330 μ m Bongo net를 이용하여 채집 후 90% 에탄올에 고정하였다. 동물플랑크톤 역시 가능한 한 중 수준까지 동정하였다(Mitsuo and Masaaki, 1997). 동정된 동물플랑크톤 중 요각류는 전장을 기준으로 2 mm 미만은 소형종, 이상은 대형종으로 구분하였으며, 요각류를 제외한 동물플랑크톤 역시 같은 기준을 적용하여 소형 동물플랑크톤, 대형 동물플랑크톤으로 구분하였다.

위 내용물 분석결과는 상대중요성지수(index of relative importance, *IRI*)를 식(1)을 이용하여 구한 후(Laroche, 1982) 백분율로 환산하여 상대중요성지수비[%*IRI*, 식(2)]를 구하여 해석하였다.

$$IRI=(\%N+\%W)\times\%F \dots\dots\dots \text{식(1)}$$

$$\%IRI=IRI_i/IRI_{total}\times 100 \dots\dots\dots \text{식(2)}$$

본 식에서 %*N*은 먹이생물 총 개체수에 대한 백분율, %*W*는 먹이생물 총 중량에 대한 비율, %*F*는 각 먹이생물의 출현 빈도이다.

다음으로 각 먹이생물에 대한 전갱이의 선택성은 식(3)의 선택도지수 (Electivity index, *E*)를 이용하여 구하였다(Ivlev, 1961).

$$E=(R_i - P_i) / (R_i + P_i) \dots\dots\dots \text{식(3)}$$

여기서 *R_i*는 위내용물 중 *i*종의 개체수비이고 *P_i*는 주변환경에서 출현하는 *i*종의 개체수비를 의미한다.

전장군은 1 cm 간격으로 나누었으며 전장군간 먹이 조성의 분석은 Primer 6 프로그램의 Bray-Curtis 유사도 지수(similarity index)를 이용하여 유사도를 구한 후 60% 유사도 수준에서 다차원배열법(multidimensional scaling, MDS)을 적용해 유사한 그룹을 유집하였다. 계절별 동물플랑크톤 군집 간 유사도 비교

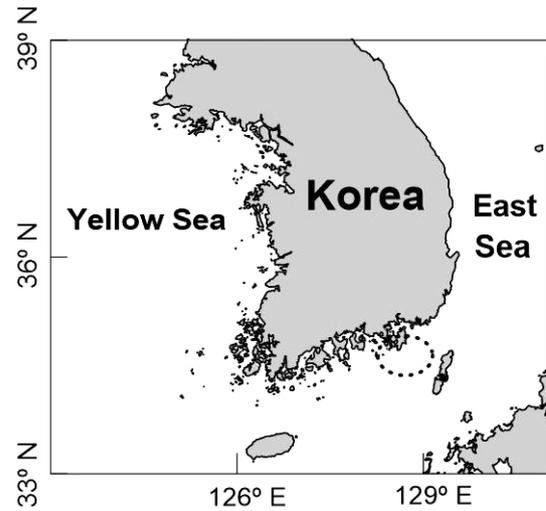


Fig. 1. Sampling site in Southern sea of Republic of Korea. Dashed line, sampling site.

또한 Primer 6 프로그램의 Bray-Curtis 유사도 지수(similarity index)를 이용하였다.

결 과

위내용물 조성

전장별 위내용물 조성

연구기간 동안 채집된 전갱이는 총 267개체이며, 공복으로 나타난 개체는 142개체로써 공복율은 53.2%였다. 먹이를 섭식한 125개체를 대상으로 작성한 누적먹이곡선은 123개체에서 점근선에 근접하여 본 연구의 표본크기는 전갱이의 위내용물 조사를 설명하기에 적절하였다(Fig. 2). 전갱이의 출현 전장 범위는 6 cm 이상 28 cm 미만이였다(Fig. 3). 각 계절별로는 동계에 14 cm 이상 28 cm 미만의 전장군이 출현하였으며 이중 16-17 cm 전장군이 가장 높은 빈도로 출현하였다. 춘계에는 6 cm 이상 22 cm 미만의 전장군이 출현하였고, 이중 가장 높은 빈도로 나타난 전장군은 20-21 cm 전장군이였다. 하계는 10 cm 이상 25 cm 미만의 전장군이 출현하였고 12-13 cm 전장군이 가장 높은 빈도로 출현하였다. 또한 모든 계절에서 나타난 전장군은 연속되지 않고 계절별 중간 전장군이 출현하지 않았다. 전장군별 먹이 조성은(Fig. 4) 동계의 경우 모든 전장군에서 요각류를 가장 많이 섭이한 것으로 나타났다. 요각류는 15-16 cm 전장군을 제외한 모든 전장군에서 대형 요각류인 *Paraeuchaeta elongata*와 *Euchaeta plana*를 포함하는 Euchaetidae과를 가장 많이 섭이한 것으로 나타났다. 춘계는 전장군이 큰 폭으로 나뉘었는데 이중 가장 작은 전장군이었던 6-7 cm 전장군은 전체 위 내용물중 상대적으로 적은 비율로 나타나 기타로 분류한 소형 요각류 *Paracalanus spp.*를 주로 섭이한 것으로 나타났으며, 7

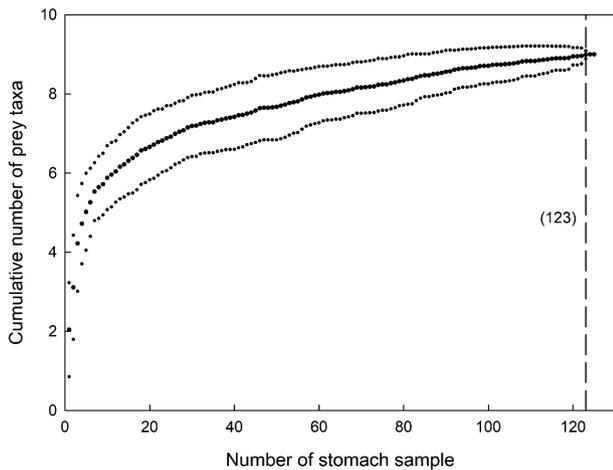


Fig. 2. Cumulative prey curves (prey taxa per stomach) for jack mackerel *Trachurus japonicus* collected in Southern sea of Republic of Korea from winter to summer 2020. Thin dotted line, Standard deviation after 100 permutation.

cm 이상 9 cm 미만의 전장군은 대형 요각류인 *Calanus sinicus*와 *E. palna*를 주로 섭이하여 상대적으로 작은 9 cm 미만의 전장군은 주로 요각류를 중점적으로 섭이한 것으로 나타났다. 반면 17 cm 이상의 전장군은 모두 대형 동물플랑크톤인 난바다곤쟁이류 *Euphausia* spp.를 주로 섭이한 것으로 나타났다. 하계에는 13-14 cm 전장군을 제외한 15 cm 미만의 모든 전장군에서 *C. sinicus*를 포함하는 Calanidae과 요각류를 가장 많이 섭이한 것으로 나타났다. 반면 20 cm 이상의 전장군에서는 모두 난바다곤쟁이류인 *Euphausia* spp.의 섭이 비율이 70% 이상으로 나타났다.

각 계절별 전장군간의 먹이 조성 유사도를 비교한 결과(Fig. 5), 동계는 14 cm 이상 19 cm 미만의 전장군이 한 그룹으로 묶였으며, 27-28 cm 전장군은 이와 분리되었다. 춘계에는 6 cm 이상 9 cm 미만의 전장군 모두 먹이조성이 모두 유사하지 않은 것으로 나타났으며, 17 cm 이상 22 cm 미만의 전장군은 한 그룹으로 유집되었다. 하계는 10-11 cm, 12-13 cm, 14-15 cm 전장군이 그룹으로 묶였으며, 11-12 cm, 13-14 cm 전장군은 각각 분리되었다. 또한 20 cm 이상 22 cm 미만의 전장군과 24-25 cm 전장군이 한 그룹으로 유집되었다. 하지만 세 계절 모두 60% 유사도 수준에서 한 그룹으로 묶이지 않는 전장군들 일지라도, 그래프상에서 크기가 비슷한 전장군끼리 인접해있는 모습이 나타났다.

계절별 위내용물 조성

전갱이의 위 내용물 조성은 Table 1과 같이 나타났다. 동계의 가장 중요한 먹이생물군은 요각류로써 출현빈도 96.6%, 개체수비 97.2%, 중량비 94.0%로 상대중요성지수비가 98.9%였다(Table 1A). 이외 먹이생물들은 모두 상대중요성지수비

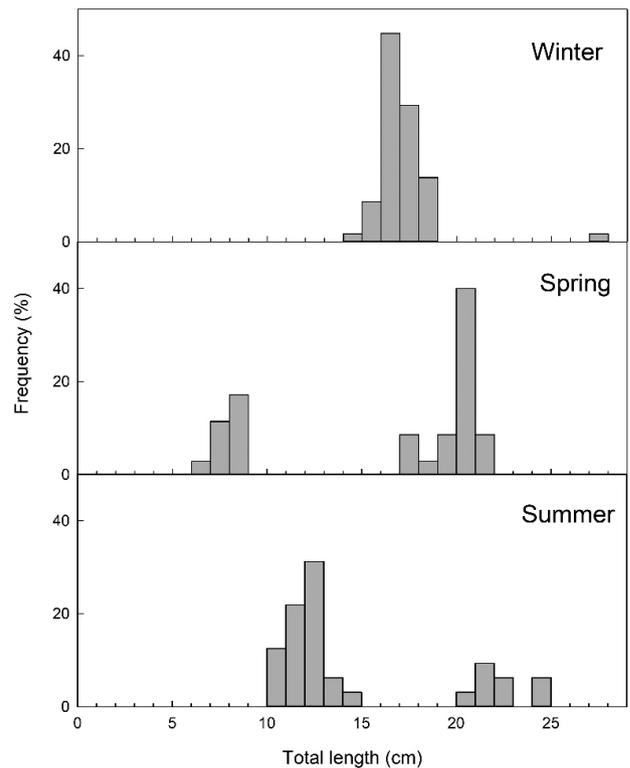


Fig. 3. Size frequency distribution of jack mackerel *Trachurus japonicus* collected in Southern sea of Republic of Korea from winter to summer 2020.

가 1.0% 미만으로 나타나 소량 섭식한 것으로 나타났다. 요각류 중 상대중요성지수비가 가장 높은 생물은 대형요각류인 *P. elongata*였으며 그 다음으로 높은 상대중요성지수비가 높았던 종 역시 대형요각류에 속하는 *C. sinicus*로 나타났다. 춘계의 가장 중요한 먹이생물은 출현빈도 68.6%, 개체수비 64.0%, 무게비 60.8%를 나타내어 상대중요성지수비가 74.8%였던 난바다곤쟁이류였다(Table 1B). 그 다음으로 중요한 먹이생물군은 요각류로써 상대중요성지수비 24.0%를 나타내었으며 요각류중에서도 가장 높은 상대중요성 지수비를 보인 생물은 대형요각류인 *E. plana*였다. 마지막으로 하계의 가장 중요한 먹이생물은 출현빈도 78.1%, 개체수비 89.2%, 무게비 78.2%를 나타내어 상대중요성지수비 88.0%를 나타낸 요각류였다(Table 1C). 이 중 가장 높은 상대중요성지수비를 보인 생물은 *C. sinicus*로 상대중요성지수비 72.1%를 나타내었다. 그 다음으로 중요한 먹이생물은 난바다곤쟁이류와 패충류로 각각 상대중요성지수비 7.1%와 2.8%를 나타내었다.

동물플랑크톤 군집 구조

동물플랑크톤 군집조사 결과 동계는 85종이 출현하였으며 춘계는 53종, 하계에는 55종이 출현하였다. 최우점을 나타낸 분류

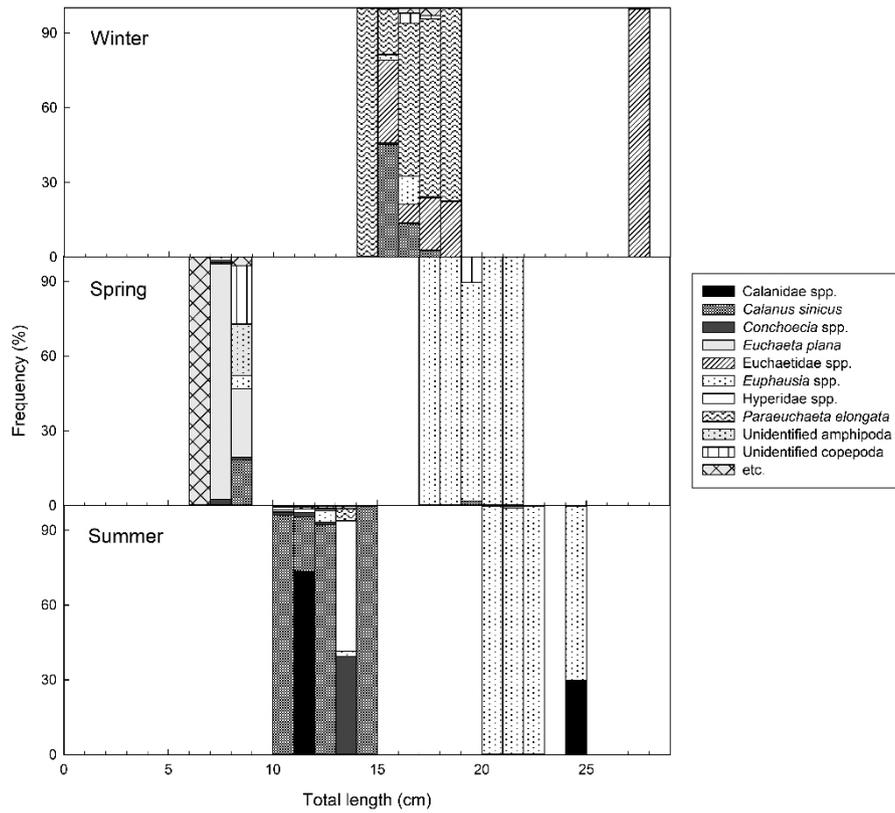


Fig. 4. Diet composition by total length group of jack mackerel *Trachurus japonicus* collected in Southern sea of Republic of Korea from winter to summer 2020.

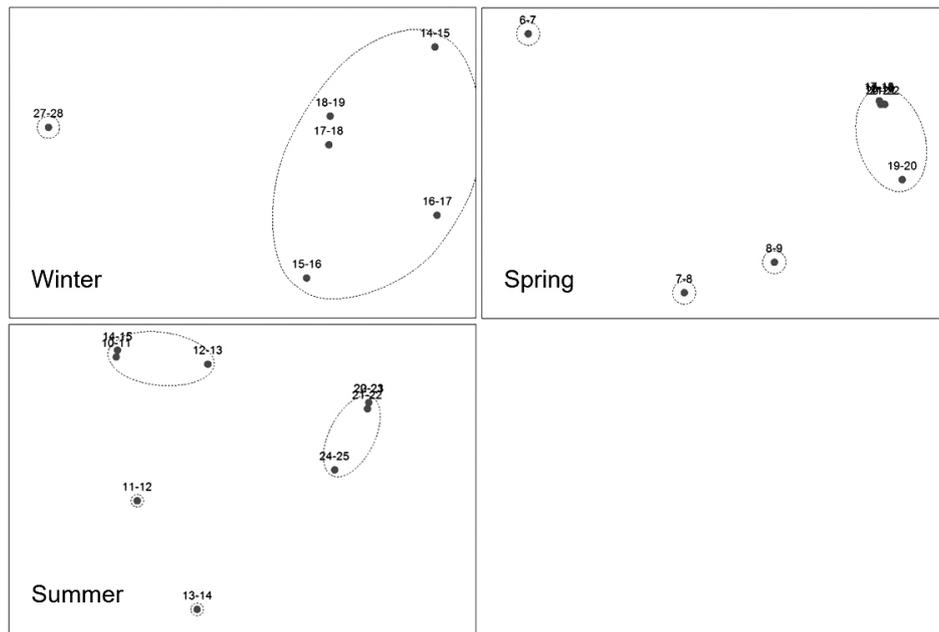


Fig. 5. Similarity of diet composition between total length groups of jack mackerel *Trachurus japonicus* collected in Southern sea of Republic of Korea from winter to summer 2020. Grey dot, each total length group; Dotted line, 60% similarity line.

군은 세 계절 모두 절지동물문으로 이 중에서도 요각류가 가장 우점하는 것으로 나타났다. 차우점을 나타낸 생물 역시 모든 계절에 절지동물문에 속해 있는 분류군으로, 동계와 춘계에는 패충류로 나타났으며 하계에는 난바다곤쟁이류로 나타났다. 동계에 출현한 요각류는 소형종인 *Paracalanus parvus* s.l.이 전

체 동물플랑크톤 수에 대한 개체수비 19.2%로 최우점하였으며 차우점은 대형종인 Euchaetidae과의 유생과 소형종인 *Clausocalanus furcatus* 순으로 나타났다(Table 2A). 춘계 출현 요각류는 대형종인 *C. sinicus*가 개체수비 23.3%로 최우점하였으며 차우점은 모두 대형종으로 분류되는 *Calanus*속의 유생과

Table 1. Diet composition of jack mackerel *Trachurus japonicus* collected in Southern sea of Republic of Korea in winter (A), spring (B) and summer (C) 2020

(A)

Prey item	%F	%N	%W	IRI	%IRI
Copepoda	96.6	97.2	94.0	18,462.5	98.9
Calanidae spp.	3.4	+	+	0.1	+
<i>Calanus sinicus</i>	36.2	27.9	8.0	1,299.5	7.0
<i>Candacia bipinnata</i>	37.9	0.6	0.2	31.5	0.2
<i>Candacia</i> spp.	6.9	0.1	+	0.8	+
<i>Clausocalanus</i> spp.	1.7	+	+	+	+
Corycaeidae spp.	1.7	+	+	+	+
<i>Eucalanus</i> spp.	1.7	+	+	+	+
Euchaetidae spp.	20.7	13.4	16.1	609.7	3.3
<i>Euchaeta plana</i>	1.7	+	+	+	+
<i>Oncaea</i> spp.	12.1	0.1	+	1.4	+
<i>Paracalanus</i> spp.	1.7	0.5	0.3	1.4	+
<i>Paraeuchaeta elongata</i>	65.5	46.8	67.4	7,481.5	40.1
<i>Pleuromamma gracilis</i>	6.9	+	+	0.4	+
<i>Rhincalanus</i> spp.	3.4	+	+	0.1	+
Scolecitrichidae spp.	3.4	+	+	0.1	+
<i>Undinula vulgaris</i>	3.4	+	+	0.1	+
Unidentified copepoda	6.9	7.6	2.0	65.8	0.4
Euphausiacea	17.2	0.9	4.7	95.4	0.5
<i>Euphausia</i> spp.	17.2	0.9	4.7	95.4	0.5
Amphipoda	22.4	0.2	0.1	6.2	+
Hyperidae spp.	22.4	0.2	0.1	6.2	+
Ostracoda	67.2	1.3	0.1	97.3	0.5
<i>Conchoecia</i> spp.	67.2	1.3	0.1	97.3	0.5
Sagittoidea	12.1	0.1	0.2	3.7	+
Sagittidae spp.	12.1	0.1	0.2	3.7	+
Decapoda	19.0	0.2	0.2	7.9	+
<i>Leptochela</i> spp.	1.7	+	+	+	+
Unidentified brachyuran zoea	1.7	+	+	+	+
Unidentified macrura larvae	19.0	0.2	0.1	6.3	+
Decapoda eggs	1.7	+	+	0.1	+
Gastropoda	3.4	+	+	0.1	+
Pisces	3.4	+	0.8	2.7	+
Total		100.0	100.0	18,675.7	100.0

+, less than 0.1.

(B)

Prey item	%F	%N	%W	IRI	%IRI
Copepoda	40.0	29.9	38.8	2,749.6	24.0
<i>Calanus sinicus</i>	8.6	4.7	0.3	42.7	0.4
<i>Euchaeta plana</i>	11.4	13.1	38.0	584.2	5.1
Paracalanidae spp.	14.3	3.0	+	42.9	0.4
Unidentified copepoda	5.7	9.2	0.5	55.1	0.5
Euphausiacea	68.6	64.0	60.8	8,556.3	74.8
<i>Euphausia</i> spp.	68.6	64.0	60.8	8,556.3	74.8
Amphipoda	22.9	4.0	0.3	100.0	0.9
Hyperidae spp.	11.4	0.4	+	5.1	+
Unidentified amphipoda	11.4	3.6	0.3	45.0	0.4
Ostracoda	22.9	1.6	+	37.0	0.3
<i>Conchoecia</i> spp.	22.9	1.6	+	37.0	0.3
Decapoda	8.6	0.3	+	3.1	+
Unidentified brachyuran megalopa	2.9	0.1	+	0.4	+
Unidentified brachyuran zoea	2.9	0.1	+	0.3	+
Unidentified macrura larvae	2.9	0.1	+	0.3	+
Sagittoidea	2.9	0.1	+	0.4	+
Sagittidae spp.	2.9	0.1	+	0.4	+
Total		100.0	100.0	11,446.5	100.0

+, less than 0.1.

(C)

Prey item	%F	%N	%W	IRI	%IRI
Copepoda	78.1	89.2	78.2	13,079.8	88.0
Calanidae spp.	9.4	1.8	1.5	30.8	0.2
<i>Calanus sinicus</i>	65.6	87.0	76.3	10,718.8	72.1
<i>Euchaeta plana</i>	6.3	+	+	0.3	+
<i>Paraeuchaeta elongata</i>	15.6	0.4	0.4	11.7	0.1
Euphausiacea	53.1	2.4	17.4	1,050.9	7.1
<i>Euphausia</i> spp.	53.1	2.4	17.4	1,050.9	7.1
Amphipoda	56.3	2.6	2.1	265.7	1.8
Hyperidae spp.	56.3	2.6	2.1	265.7	1.8
Ostracoda	59.4	5.3	1.8	420.1	2.8
<i>Conchoecia</i> spp.	59.4	5.3	1.8	420.1	2.8
Decapoda	53.1	0.5	0.5	50.9	0.3
<i>Belzebub</i> sp.	6.3	+	+	0.3	+
<i>Leptocheila</i> spp.	21.9	0.3	0.3	14.1	0.1
Unidentified brachyuran megalopa	3.1	+	+	0.1	+
Unidentified brachyuran zoea	21.9	0.1	0.1	3.8	+
Unidentified macrura larvae	6.3	+	+	0.3	+
Polychaeta	3.1	+	+	0.1	+
Total		100.0	100.0	14,867.6	100.0

+, less than 0.1.

Eucalanidae과의 유생 순으로 나타났다(Table 2B). 하계의 요각류 군집 구조는 모두 소형종에 속하는 *P. parvus* s.l.과 *Acartia omorii*가 각각 개체수비 25.6%와 23.1%를 나타내어 우점하는 양상이 나타났으며 차우점종으로는 Euchaetidae과의 유생과 *C. sinicus*가 있었다(Table 2C). 또한 각 계절의 군집 간 유사도 비교결과, 모두 60% 미만으로 나타나 각 계절의 군집 간 유사도는 낮은 것으로 나타났다.

선택도 지수

각 먹이생물에 대한 선택성을 나타낸 선택도 지수 (E)는 Table 3과 같이 나타났다. 위내용물에서는 출현하였으나 환경에서는 출현하지 않은 종(선택도 지수 1)을 제외하고, 0.5 이상의 높은 선택도 지수를 나타낸 종은 계절마다 상이하였다. 동계에

Table 2. Zooplankton community structure in Southern sea of Republic of Korea in winter (A), spring (B) and summer (C) 2020 (The five taxa with the highest proportion)

(A)	
Taxa	Proportion (%)
Copepoda	
<i>Clausocalanus furcatus</i>	4.7
Euchaetidae spp. copepodite	7.8
<i>Paracalanus parvus</i> s.l.	19.2
Ostracoda	
<i>Conchoecia</i> spp.	15.9
Appendicularia	
<i>Oikopleura</i> spp.	5.1
(B)	
Taxa	Proportion (%)
Copepoda	
<i>Calanus sinicus</i>	23.3
<i>Calanus</i> spp. copepodite	14.7
Eucalanidae spp. copepodite	11.8
Euchaetidae spp. copepodite	11.5
Ostracoda	
<i>Conchoecia</i> spp.	7.4
(C)	
Taxa	Proportion (%)
Copepoda	
<i>Acartia omorii</i>	23.1
<i>Calanus sinicus</i>	6.9
<i>Calanus</i> spp. copepodite	6.5
Euchaetidae spp. copepodite	10.9
<i>Paracalanus parvus</i> s.l.	25.6

높은 선택도 지수를 나타낸 먹이생물은 *P. elongata*, *Euphausia* spp. Unidentified macrura larvae, *C. sinicus*, *Candacia bipinnata* 순으로 나타났다(Table 3A). 춘계의 높은 선택도 지수비를 나타낸 먹이생물은 *Euphausia* spp., *E. plana*, Unidentified brachyuran megalopa 순으로 나타났으며(Table 3B), 하계에는 *C. sinicus*, *Euphausia* spp., Hyperidae spp., *Conchoecia* spp. 순으로 나타났다(Table 3C).

고찰

우리나라 연안에서 전갱이의 가입은 봄철에 일어나는 것으로 알려져 있으며, 금오열도에서 출현한 전갱이는 5월에 신규가입

Table 3. Electivity index of jack mackerel *Trachurus japonicus* collected in Southern sea of Republic of Korea in winter (A), spring (B) and summer (C) 2020 (more than 0.5, less than 1)

(A)	
Prey item	Electivity index (E)
Copepoda	
<i>Calanus sinicus</i>	0.79
<i>Candacia bipinnata</i>	0.77
<i>Paraeuchaeta elongata</i>	0.99
Euphausiacea	
<i>Euphausia</i> spp.	0.90
Decapoda	
Unidentified macrura larvae	0.86
(B)	
Prey item	Electivity index (E)
Copepoda	
<i>Euchaeta plana</i>	0.96
Euphausiacea	
<i>Euphausia</i> spp.	1.00
Decapoda	
Unidentified brachyuran megalopa	0.92
(C)	
Prey item	Electivity index (E)
Copepoda	
<i>Calanus sinicus</i>	0.85
Ostracoda	
<i>Conchoecia</i> spp.	0.52
Euphausiacea	
<i>Euphausia</i> spp.	0.81
Amphipoda	
Hyperidae spp.	0.75

군이 출현하여 11월까지 성장하였고, 낙동강에서 출현한 전갱이는 3-6월 사이에는 7 cm 이하의 소형 개체가 대부분을 차지하였으나 그 이후 성장하여 9월 이후에는 대부분의 전갱이가 12 cm 이상의 체장을 나타내었다(Huh and Cha, 1998; Kim et al., 2011). 본 연구에서 계절별로 나타난 전갱이의 전장군은 연속되지 않고 크게 두 개의 전장군으로 나뉘어지는 모습이 나타났는데, 이를 각 계절별로 작은 전장군과 큰 전장군 나누었을 때, 특히 춘계의 경우 이전 연구와 마찬가지로 가입이 새로 일어나 전장군이 나뉜 것으로 사료되며 하계에는 기존 군집과 새로 가입된 군집이 성장한 것으로 생각된다.

전갱이속(*Trachurus*)의 어류는 플랑크톤식성으로, 성장에 따른 먹이전환이 일어나는 것으로 알려져 있다(Huh and Cha, 1998; Tanaka et al., 2006). 이와 같은 동물플랑크톤 식성 어류의 먹이 선택성은 동물플랑크톤의 색상, 유영패턴, 크기 등 가시적인 요소에 영향을 받는다(Sassa and Tsukamoto, 2012; Battaglia et al., 2020). 낙동강에서 채집된 전갱이를 대상으로 위내용물을 조사한 결과 가장 작은 체장군이었던 4-5 cm 체장군에서는 요각류의 중량비가 약 87%로 대부분을 차지하였지만 가장 큰 체장이었던 14-15 cm 체장군에서는 요각류의 비율은 약 30%로 감소하였을 뿐만 아니라, 단각류와 곤쟁이류의 비율이 증가하였다(Huh and Cha, 1998). 지중해에서 채집된 전갱이속의 *T. picturatus* 역시 4-7 cm의 작은 전장군에서는 요각류가 주 먹이였으나 6 cm 이상의 전장군에서는 점차 십각류, 난바다곤쟁이류, 익족류 등의 먹이 비중이 더 높아졌다(Deudero and Morales-Nin, 2001). 여수 금오도에서 채집된 전갱이 유어의 작은 체장군(4.3-8.0 cm)과 큰 체장군(8.0-15.2 cm)의 위 내용물이 유의한 차이를 나타내었고, 작은 체장군에서 요각류를 주로 섭이하였으나 큰 체장군에서는 요각류의 비율이 줄고 비교적 크기가 큰 갑각류인 십각류의 비율이 증가하였다(Kim et al., 2015). 본 연구에서 각 계절내의 전장군별 먹이생물의 유사도를 비교하였을 때 크기가 비슷한 전장군끼리 유사한 먹이생물을 섭이하였음이 나타나 전갱이의 전장에 따라 먹이 차이가 있음을 알 수 있었다. 또한 전장군을 계절별로 작은 전장군과 큰 전장군으로 나누었을 때 모든 계절의 작은 전장군에서는 주로 요각류를 섭식한 반면 동계를 제외한 계절의 큰 전장군에서는 주로 난바다곤쟁이류를 섭이하여 두 전장군 간의 먹이 전환이 나타나 이전 연구와 일치하였다. 또한 춘계의 작은 전장군은 전장이 증가함에 따라 소형 요각류인 *Paracalanus* spp.에서 대형 요각류인 *E. plana*와 *C. sinicus*로 먹이 전환이 일어나 먹이생물의 분류군은 전환되지 않았으나 크기에서 증가를 나타내었다. 또한 동계와 하계에 가장 중요한 먹이생물은 요각류였던 반면 춘계에는 난바다곤쟁이류인 것으로 나타났는데 이 또한 다른 계절에 비해 비교적 큰 전장군이 춘계에 높은 비율로 나타났기 때문으로 생각된다. 0.5 이상의 높은 선택도 지수를 나타낸 먹이생물은 위내용물 중 나타난 먹이생물의 종 수와는 상관없이 각 계절별로 5종 이하로 한정적으로 나타나 전갱이는 먹이 섭식에

있어 선택성을 가지는 것으로 나타났다.

플랑크톤 식성 어류는 동물플랑크톤 군집의 변동에 영향을 받는다. 플랑크톤 식성의 잉어목에 속하는 *Abramis brama* 유어는 주로 크기가 큰 동물플랑크톤을 섭이하였으나, 여름철이 되어 큰 종의 비율이 현저히 낮아지자 크기가 작은 동물플랑크톤을 섭이하는 모습을 보였다(Vijverberg et al., 1990). 발틱해(Baltic Sea)에서 채집된 플랑크톤 식성 부어류 4종을 조사한 결과, 각 종이 선호하는 먹이와 위 내용물 조성이 다르게 나타나 이들의 먹이는 환경에서 출현하는 동물플랑크톤의 군집 구성에 영향을 받는 것으로 나타났다(Lankov et al., 2010). 또한 여수 금오도에서 채집된 전갱이의 경우 환경에서 우점적으로 출현하는 먹이생물을 우선적으로 섭이하는 기회주의적 섭식자인 것으로 나타났다(Kim et al., 2015). 본 연구에서 위 내용물 중 출현 종수는 다른 계절에 비해 동계에 높았는데, 이는 가장 높은 종다양성을 나타낸 동계의 동물플랑크톤 군집과 관련이 있는 것으로 생각된다. 또한 17-19 cm는 동계와 춘계에 공통적으로 나타난 전장군이었지만 동계는 요각류, 춘계에는 난바다곤쟁이류를 각각 90% 이상 섭이하여 먹이 구성에 있어 큰 차이를 나타내었다. 이는 난바다곤쟁이류 출현비가 춘계에는 3.2%였던 것에 비해 동계의 출현비는 0.9%에 불과하였기 때문으로 사료된다.

따라서 한국 남해의 전갱이는 요각류와 난바다곤쟁이류를 주로 섭이하는 플랑크톤 식성을 가지며 체장의 증가에 따른 먹이 전환이 일어나는 것으로 나타났다. 이러한 먹이 전환은 크기에서 기인하는 먹이 선택성을 가지고 이루어 지는 것으로 보인다. 전갱이는 저차 생태계와 고차 생태계를 연결 할 수 있어 생태적으로 중요할 뿐만 아니라 상업적으로 그 중요성이 인정되는 어종으로써 지속적인 자원의 보존과 관리가 필요하며, 이를 위해서는 전갱이의 생태적 특성 연구가 필요하다. 전갱이의 식성은 생태적인 특성을 이해하기 위해 필수적이며, 향후에도 지속적인 연구가 필요할 것으로 생각된다. 또한 전갱이의 먹이 섭이는 환경에서 출현하는 동물플랑크톤의 변동에 영향을 받는 것으로 나타나 동물플랑크톤 군집 변동의 중요성을 파악할 수 있으며 전갱이의 식성 연구를 위해서는 동물플랑크톤 군집 조사도 필수적으로 수행되어야 할 것으로 판단된다.

사 사

이 논문은 2021년 국립수산물연구원(수산물연구사업, R2021028)의 지원으로 수행된 연구입니다.

References

- Battaglia P, Pagano L, Consoli P, Esposito V, Granata A, Guglielmo L and Guglielmo R. 2020. Consumption of mesopelagic prey in the Strait of Messina, an upwelling area of the central Mediterranean Sea: feeding behaviour of the blue jack mackerel *Trachurus picturatus* (Bowdich, 1825). Deep Sea Research Part I 155, 103-158. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2020.103158>.

- dsr.2019.103158.
- Deudero S and Morales-Nin B. 2001. Prey selectivity in planktivorous juvenile fishes associated with floating objects in the western Mediterranean. *Aquacult Res* 32, 481-490. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2001.00592.x>.
- Ferry LA and Cailliet GM. 1996. Sample size and data analysis: are we characterizing and comparing diet properly?. In: *Feeding Ecology and Nutrition in Fish*, MacKinley D and Shearer K, eds. In: American Fisheries Society Symposium, San Francisco, CA, U.S.A., 70-81.
- Hirota Y, Uehara S and Honda H. 2004. Ontogenetic changes of feeding selectivity in juvenile jack mackerel *Trachurus japonicus* collected off south-east Kyushu, Japan. *Fish Sci* 70, 100-107. <https://doi.org/10.1111/j.1444-2906.2003.00777.x>.
- Huh SH and Cha BY. 1998. Feeding habits of jack mackerel *Trachurus japonicus*, collected from the Nakdong river estuary. *J Korean Soc Fish Technol* 34, 320-327.
- Hwang K, Yoon EA, Lee K, Lee H and Hwang DJ. 2015. Multi-frequency acoustic scattering characteristics of jack mackerel by KRM model. *J Korean Soc Fish Technol* 51, 424-431. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2015.51.3.424>.
- Ivlev VS. 1961. *Experimental ecology of the feeding of fishes*. Yale University Press, New Haven, CT, U.S.A.
- Kasai A, Komatsu K, Sassa C and Konishi Y. 2008. Transport and survival processes of eggs and larvae of jack mackerel *Trachurus japonicus* in the East China Sea. *Fish Sci* 74, 8-18. <https://doi.org/10.1111/j.1444-2906.2007.01491.x>.
- Kim H, Lim YN, Jeong JM, Kim HJ and Baeck GW. 2015. Diet composition of juvenile *Trachurus japonicus* in the coastal waters of Geumodo Yeosu, Korea. *J Korean Soc Fish Technol* 51, 637-643. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2015.51.4.637>.
- Kim HY, Choi MS, Seo YI, Lee SK and Cha HK. 2011. Recruitment characteristics of jack mackerel, *Trachurus japonicus*, in the waters around the Geumo Islands by using both sides fyke nets. *J Korean Soc Fish Technol* 47, 356-368. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2011.47.4.356>.
- Lankov A, Ojaveer H, Simm M, Pöllupüü M and Möllmann C. 2010. Feeding ecology of pelagic fish species in the Gulf of Riga (Baltic Sea): the importance of changes in the zooplankton community. *J Fish Biol* 77, 2268-2284. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2010.02805.x>.
- Laroche JL. 1982. Trophic patterns among larvae of five species of sculpins (family: Cottidae) in a maine estuary. *Fish Bull* 80, 827-840.
- Lee DJ, Kang S, Jung KM and Cha HK. 2016. Age and growth of jack mackerel *Trachurus japonicus* off Jeju Island, Korea. *Korea J Fish Aquat Sci* 49, 648-656. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2016.0648>.
- Ljungström G, Claireaux M, Fiksen Ø and Jørgensen C. 2020. Body size adaptations under climate change: zooplankton community more important than temperature or food abundance in model of a zooplanktivorous fish. *Mar Ecol Prog Ser* 636, 1-18. <https://doi.org/10.3354/meps13241>.
- Mitsuo C and Masaaki M. 1997. *Japanese marine plankton search illustration*. Tokai University Press, Tokyo, Japan.
- Möllmann C, Müller-Karulis B, Kornilovs G and St John MA. 2008. Effects of climate and overfishing on zooplankton dynamics and ecosystem structure: regime shifts, trophic cascade, and feedback loops in a simple ecosystem. *ICES J Mar Sci* 65, 302-310. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsm197>.
- Sassa C and Tsukamoto Y. 2012. Inter-annual comparison of diet and daily ration of larval jack mackerel *Trachurus japonicus* in the southern East China Sea. *J Plankton Res* 34, 173-187. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbr089>.
- Stergiou KI and Karpouzi VS. 2002. Feeding habits and trophic levels of Mediterranean fish. *Rev Fish Biol Fisher* 11, 217-254. <https://doi.org/10.1023/A:1020556722822>.
- Tanaka H, Aoki I and Ohshimo S. 2006. Feeding habits and gill raker morphology of three planktivorous pelagic fish species off the coast of northern and western Kyushu in summer. *J Fish Biol* 68, 1041-1061. <https://doi.org/10.1111/j.0022-1112.2006.00988.x>.
- Vijverberg J, Boersma M, van Densen WL, Hoogenboezem W, Lammens EH and Mooij WM. 1990. Seasonal variation in the interactions between piscivorous fish, planktivorous fish and zooplankton in a shallow eutrophic lake. *Hydrobiol* 207, 279-286. <https://doi.org/10.1007/BF00041466>.
- Winder M and Jassby AD. 2011. Shifts in zooplankton community structure: implications for food web processes in the upper San Francisco Estuary. *Estuaries Coasts* 34, 675-690. <https://doi.org/10.1007/s12237-010-9342-x>.
- Zöllner E, Hoppe HG, Sommer U and Jürgens K. 2009. Effect of zooplankton-mediated trophic cascades on marine microbial food web components (bacteria, nanoflagellates, ciliates). *Limnol Oceanogr* 54, 262-275.