

한국 남해에 출현하는 줄비늘치(*Coelorinchus multispinulosus*)의 식성강민서 · 조재익 · 손준영 · 김동진 · 김민서 · 김현지¹ · 이정훈¹ · 백근욱*경상대학교 해양과학대학 해양생명과학과/해양생물교육연구센터/해양산업연구소, ¹국립수산물연구원 수산자원연구센터Feeding Habits of the Spearnose Grenadier *Coelorinchus multispinulosus* in the South Sea of KoreaMin Seo Kang, Jae Ik Cho, Joon Young Son, Dong Jin Kim, Min Seo Kim, Hyeon Ji Kim¹, Jeong Hoon Lee¹ and Gun Wook Baeck*

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

¹Fisheries Resources Researches Center, National Institute of Fisheries Science, Tongyeong 53064, Republic of Korea

This study examined the feeding habits of the spearnose grenadier *Coelorinchus multispinulosus* collected from the South Sea of Korea. A total of 229 individuals ranging from 4.0 to 29.4 cm in total length were sampled using bottom trawl nets between February and October in 2023. Stomach content analysis revealed that amphipods were the most dominant prey group, accounting for 81.7% of the index of relative importance, followed by Caridea (17.6%). Seasonal variations in diet composition showed that amphipods were highly dominant in spring and summer, whereas shrimps and euphausiids were predominant in autumn and winter, respectively. An ontogenetic dietary shift was observed: amphipods were the principal prey for individuals smaller than 20.0 cm, whereas shrimp became dominant in larger individuals (≥ 20.0 cm). Although no significant difference in the number of prey items per stomach was detected among the size classes ($P > 0.05$), the mean prey weight increased significantly with growth ($P < 0.05$). Two-way PERMANOVA results indicated significant seasonal differences in diet composition ($P < 0.05$), but not among size classes.

Keywords: *Coelorinchus multispinulosus*, Feeding habits, Diet composition, Ontogenetic shift, Seasonal variation

서론

줄비늘치(*Coelorinchus multispinulosus*)는 대구목(Gadiiformes) 민태과(Macrouridae)에 속하는 어류로 한국, 일본, 타이완, 동중국해, 필리핀 등지에 분포하며, 주로 수심 150–300 m의 사니질에서 서식하는 저서성 어류이다(Cohen et al., 1990). 민태과 어류는 대구목 내에서 가장 큰 과(Family)로 27개 속과 375종이 보고되었으며, 전 세계 대양에 널리 분포하며, 열대 및 아열대 해역에서 가장 높은 종 다양성을 가진다(Fricke et al., 2025). 국내에는 줄비늘치를 포함하여 긴팔꼬리민태(*Coelorinchus macrochir*), 꺼끌머리민태(*Ventrifossa garmani*), 큰눈긴가시민태(*Coryphaenoides marginatus*) 등 3속 8종이 알려져

있다(NIBR, 2025). 일부 민태과 어류는 식용 목적의 상업적 어획 대상이 되기도 하지만 대부분의 민태과 어류는 상업적 저층 트롤 어업에서 혼획되어 버려진다(Nakayama, 2020).

줄비늘치는 남해 연안에서 연중 출현하는 대표적인 저서성 어류로, 지역 어류 군집에서 높은 우점도를 보이며, 꼼치(*Liparis tanakae*), 황아귀(*Lophius litulon*) 등과 같은 주요 육식성 저서성 어류의 중요한 먹이원으로 작용한다(Choo, 2007; Park, 2010). 특히 줄비늘치는 먹이망 내에서 하위 영양단계의 먹이 생물과 상위 포식자 사이를 연결하는 중간 포식자(Mesopredator)로 기능하는 것으로 알려져 있으며(Huh et al., 2013), 이들의 개체군 변동은 하위 먹이원의 분포 뿐만 아니라 상위 포식자의 개체군에도 영향을 미친다. 따라서 줄비늘치는 연안 해양 생

*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.2025.0724>

Korean J Fish Aquat Sci 58(6), 724-731, December 2025

Received 15 October 2025; Revised 1 December 2025; Accepted 9 December 2025

저자 직위: 강민서(대학원생), 조재익(대학원생), 손준영(대학원생), 김동진(대학원생), 김민서(대학원생), 김현지(연구사), 이정훈(연구관), 백근욱(교수)

태계에서 먹이망 구조와 에너지 흐름을 유지하는 데 있어 핵심적인 생태적 역할을 수행한다(Choo, 2007; Huh et al., 2013).

이와 같이 줄비늘치는 저서생태계에서 중요한 생태학적 역할을 수행하는 어종으로 기초생태학적 연구는 비교적 활발히 진행되어 왔다. 선행연구를 살펴보면, 국외에서는 식성(Lee et al., 2008), 분포(Xu et al., 2018)에 관한 연구가 수행되었으며, 국내에서는 식성(Huh et al., 2013; Park et al., 2017), 산란(Park et al., 2010), 유전학(Andriyono et al., 2019), 분포(Park et al., 2018)에 관한 연구가 보고된 바 있다. 그러나 국내외에서 수행된 식성 연구는 2007년 동해에서 수행된 연구가 마지막으로 20여년간 수행되지 않았다(Park et al., 2017). 채집 지역 또한 동해 남부로 본 연구가 수행된 남해와 상이하였다. 더불어, 최근 기후 변화로 인해 우리나라 주변 해역의 수온이 상승하면서 어류 군집구조 및 저층 생태계 전반에 변화가 나타날 가능성이 제기되고 있다(Lee et al., 2021c). 따라서 이번 연구는 줄비늘치의 섭식생태에 대한 최근 기초자료를 축적함으로써, 향후 저서생태계 변화양상을 파악하고 자원관리에 기여할 수 있는 과학적 근거를 제시하여 기초 자료로서 활용될 수 있다.

이번 연구의 목적은 남해에 서식하는 줄비늘치의 위내용물 분석을 통해, 줄비늘치의 주먹이생물과 섭식전략을 파악하고, 성장 단계 및 계절에 따른 먹이생물 조성 변화를 확인함으로써 생태계 기반 자원관리와 평가를 위한 남해에 서식하는 줄비늘치의 섭식생태 정보를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

이번 연구에 사용된 줄비늘치 시료는 2023년 2월, 4월, 5월, 7월, 10월에 우리나라 남해에서 국립수산물과학원 수산과학조사선

탐구 21호, 22호, 23호의 저층트롤어구(bottom trawl net)로 채집하였다(Fig. 1).

채집된 시료는 선상에서 개체의 크기(전장, total length)은 0.1 cm 단위로, 체중(body weight)은 전자식 중량계(Marel M2200 Series, Type M2200-PD2; Marel hf., Reykjavik, Iceland)를 이용하여 1 g (0.001 kg) 단위까지 계측하였다. 각 개체의 위를 10% formalin solution으로 고정하였다. 고정된 위내용물은 해부현미경을 사용하여 가능한 종(Species) 수준까지 동정하였으며, 소화로 인해 형태가 훼손되어 동정이 어려운 경우에는, 각각 목(Order), 과(Family), 속(Genus) 수준까지 동정하였다. 먹이생물은 종류별로 개체수를 계수하였고, 크기는 0.1cm, 중량은 분석용 전자저울(AB204-S; Mettler-Toledo Korea Ltd., Seoul, Korea)을 사용하여 0.0001 g 단위까지 계측하였다. 위 내용물 분석에서는 각 먹이생물에 대한 출현빈도(%F), 개체수비(%N), 습중량비(%W)를 다음과 같은 식을 이용하여 산출하였다.

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

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

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

여기서, A_i 는 위내용물 중 해당 먹이생물이 출현한 줄비늘치의 개체수를 의미하며, N 은 먹이를 섭식한 줄비늘치의 총 개체수이다. N_i 와 W_i 는 해당 먹이생물의 개체수와 중량, N_{total} 과 W_{total} 은 전체 먹이 개체수와 중량이다. 섭식된 먹이생물 상대중요도지수(index of relative importance, IRI)는 Pinkas et al. (1971)이 제시한 식을 이용하여 산출하였다.

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

상대중요도지수는 백분율로 환산하여 상대중요도지수비(%IRI)로 나타내었다.

$$\%IRI = IRI / \sum IRI \times 100$$

줄비늘치의 섭식형태 파악을 위해 Amundsen et al. (1996)이 제시한 도해적방법(graphical method)을 적용하였다. 이를 통해 출현빈도(%F)와 특정먹이생물우점도(pre-y-specific abundance)를 시각화하여 분석하였으며, 이를 바탕으로 먹이의 중요도(dominant or rare)와 섭식 폭(niche width)을 평가하였다. 특정 먹이생물 우점도는 다음 식을 이용하여 계산하였다.

$$P_i = \frac{\sum S_i}{\sum S_{ii}} \times 100$$

여기서, P_i 는 먹이생물 i 의 특정 먹이생물 우점도를 나타내며,

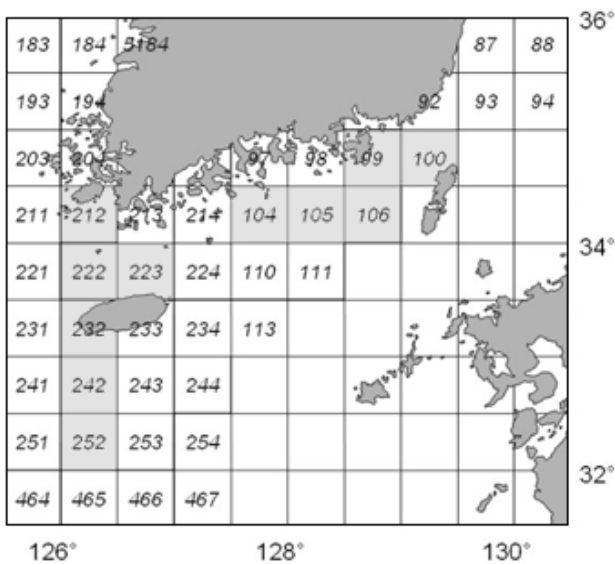


Fig. 1. Location of sampling areas in the South Sea of Korea (■).

S_i 는 위내용물에서 먹이생물 i 의 중량을 의미한다. S_j 는 먹이생물 j 를 섭식한 줄비늘치의 위내용물에서 전체 먹이생물의 중량을 나타낸다.

줄비늘치의 크기군(size class)에 따른 먹이생물 조성을 확인하기 위해 먹이생물의 조성 변화가 관찰된 전장의 크기를 확인한 후, 3개의 그룹(<13.0 cm, 13.0–20.0 cm, ≥20.0 cm)으로 구분하여 분석하였다. 이후 크기군별 먹이 섭식 특성을 파악하기 위해 개체당 평균 먹이생물 개체수(mean number of preys per stomach, mN/ST), 개체당 평균 먹이생물 중량(mean weight of preys per stomach, mW/ST)을 산출하였다. 또한 계절군(season)에 따른 변화를 알기 위해 4개의 계절로 구분한 후 상대중요도지수비를 이용해 먹이생물의 조성을 분석하였다.

줄비늘치의 먹이생물 조성이 계절 및 크기군에 따라 통계적으로 유의한 차이를 검증하기 위해 Two-way PERMANOVA (Permutational multivariate analysis of variance)를 수행하였다. PERMANOVA 분석 결과 유의한 차이가 나타난 경우, CAP (canonical analysis of principal coordinates) 분석을 통해 각 먹이생물의 기여도를 평가하였다. CAP 결과에서 상호연관계수(correlation coefficient)가 0.4 이상인 주요 먹이생물만을 CAP 1과 CAP 2 성분축에 표시하였다. 이러한 분석을 수행하기 위해 각 계절군과 크기군 내 개체를 무작위로 3–5개체씩 소그룹화하고, 각 소그룹에서 섭식된 먹이생물의 평균 중량비를 산출하였다. 또한 우점한 먹이생물의 편향된 해석을 감소시키기 위해서 먹이생물의 평균 중량비를 제곱근변환(square root transformation) 하였으며, Bray-Curtis similarity를 이용하여 유사도 매트릭스를 나타낸 뒤, 분석을 수행하였으며(Platell and Potter, 2001), 분석에는 PRIMER v6 프로그램을 사용하였다 (Clarke and Gorley, 2006; Anderson et al., 2008).

결 과

전장분포

총 229개체의 줄비늘치가 채집되었고, 전장의 범위는 4.0–29.4 cm로 나타났다. 전체 크기군 중 15.0–20.0 cm의 크기군에서 97개체가 출현하여 전체 개체수의 42.4%를 차지해 가장 우점하였다. 이 외에 <5.0 cm의 크기군에서 1개체, 5.0–10.0 cm의 크기군에서 26개체, 10.0–15.0 cm의 크기군에서 66개체, 20.0–25.0 cm의 크기군에서 33개체, 25.0–30.0 cm의 크기군에서 6개체가 출현하였다(Fig. 2).

위내용물 조성

채집된 줄비늘치의 위를 분석한 결과, 공복인 개체는 총 66개체로 28.8%의 공복율을 나타냈다. 먹이를 섭식한 163개체의 위내용물을 분석한 결과, 줄비늘치의 가장 중요한 먹이생물은 76.7%의 출현빈도, 85.9%의 개체수비, 28.3%의 중량비를 차지하여 81.7% 상대중요도지수비를 나타낸 단각류(Amphipoda)

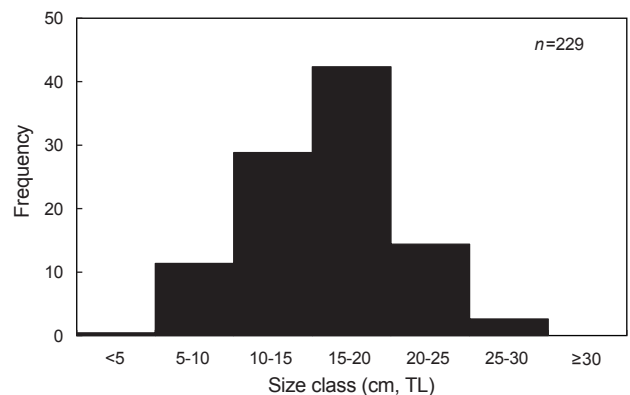


Fig. 2. Size distribution of spearnose grenadier *Coelorinchus multispinosus* collected in the South Sea of Korea.

poda)였으며, 그 중에서도 *Themisto* sp., Gammaridae 순으로 우점하였다. 두번째로 중요한 먹이생물은 생이류(Caridea)로 17.6% 상대중요도지수비를 차지하였다. 생이류 중에서는 마루자주새우(*Crangon hakodatei*), 돛대기새우(*Leptochela gracilis*), 둥근돛대기새우(*Leptochela sydniensis*) 순으로 우점하였

Table 1. Composition of the stomach contents of spearnose grenadier *Coelorinchus multispinosus* by frequency of occurrence (%F), number (%N), weight (%W) and index of relative importance (%IRI) in the South Sea of Korea

Prey organism	%F	%N	%W	%IRI
Amphipoda	76.7	85.9	28.3	81.7
Gammaridae	36.8	19.0	10.3	
<i>Themisto</i> sp.	52.8	66.5	17.0	
Unidentified Amphipoda	1.8	0.4	1.0	
Bathynellacea	4.3	0.9	0.5	0.1
Brachyura	2.5	0.4	1.5	+
<i>Charybdis bimaculata</i>	0.6	0.1	0.3	
Unidentified Brachyura	1.8	0.3	1.2	
Copepoda	3.7	1.6	+	0.1
Euphausiacea	6.1	1.9	5.8	0.4
Caridea	27.6	8.7	59.6	17.6
<i>Crangon hakodatei</i>	1.2	0.2	19.9	
<i>Crangon</i> sp.	0.6	0.1	2.1	
<i>Leptochela gracilis</i>	1.2	1.3	1.7	
<i>Leptochela</i> sp.	0.6	0.1	+	
<i>Leptochela sydniensis</i>	0.6	0.1	0.1	
Unidentified Caridea	23.9	6.9	35.8	
Polychaeta	2.5	0.6	4.3	0.1
Total		100.0	100.0	100.0

+, Less than 0.1%.

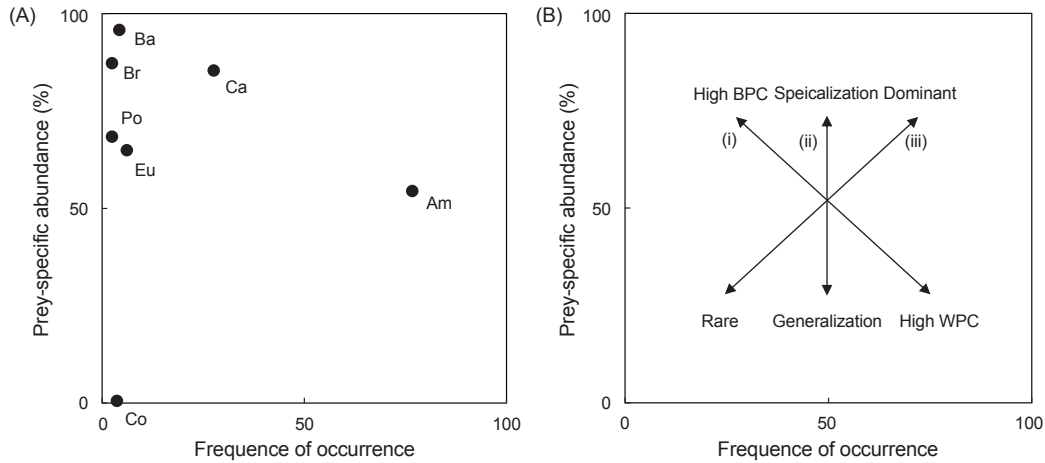


Fig. 3. A, Graphical representation of feeding pattern of *Coelorinchus multispinulosus* collected in the South Sea of Korea (Am, Amphipoda; Ba, Bathynellacea; Br, Brachyura; Ca, Caridea; Co, Copepoda; Eu, Euphausiacea; Po, Polychaeta); B, Explanatory diagram for interpretation of niche-width contribution [axis i, within-phenotypic component (WPC) or between-phenotypic component (BPC)] of the study population, feeding strategy (axis ii), and prey importance (axis iii).

다. 그 외에 난바다곤쟁이류(Euphausiacea), 게류(Brachyura), 고하류(Bathynellacea), 요각류(Copepoda), 갯지렁이류(Polychaeta) 등을 섭식하였으나 그 양은 많지 않았다(Table 1).

섭식전략

줄비늘치의 섭식전략을 분석한 결과(Fig 3), 그래프 오른쪽 상단에 위치해 중요한 먹이생물로 나타난 단각류를 제외한 먹이생물은 그래프 왼쪽 상단과 왼쪽 하단에 출현하여 비우점 먹이생물이거나 또는 중요하지 않은 먹이생물로 나타났다.

크기군별 먹이생물 조성 변화

줄비늘치의 크기군군에 따른 먹이생물 조성의 분석 결과(Fig.

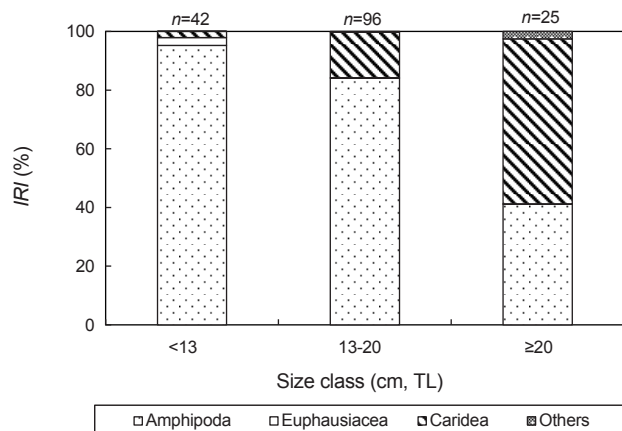


Fig. 4. Ontogenetic changes in composition of stomach contents by %IRI of spearnose grenadier *Coelorinchus multispinulosus* collected in the South Sea of Korea.

4). <13.0 cm 크기군에서는 단각류가 95.2%를 차지하여 가장 우점하였고, 그 외 난바다곤쟁이류, 생이류가 각각 2.7%, 2.1%를 차지하였다. 13–20 cm 크기군에서는 단각류가 84.0%의 비율을 차지하여 가장 우점하였고, 생이류는 15.5%, 난바다곤쟁이류는 0.2%를 차지하였다. ≥20.0 cm 크기군에서는 생이류가 56.2%의 비율을 차지하여 증가한 반면 단각류는 41.2%로 감소하였다. 따라서 줄비늘치는 <13.0 cm 미만의 크기에서는 단각류의 비율이 가장 우점하였고, 크기가 증가함에 따라 단각류의 섭식은 점차 감소하고 생이류의 섭식이 증가하는 경향을 보이며, 20.0 cm 크기 전후로 단각류에서 생이류로 먹이전환이 나타났다.

크기군별 먹이생물 중복도를 분석한 결과 <13.0 cm 크기군과 13.0–20.0 cm 크기군 사이에서 먹이생물 중복도가 0.60 이상으로 유의하게 중복되었으며, 그 외 크기군 사이에서는 유의하게 중복되지 않았다(Table 2).

크기군별 개체당 평균 먹이생물의 개체수 및 중량을 분석하였다(Fig. 5). 개체당 평균 먹이생물의 개체수는 <13.0 cm 크기군에서는 3.43개체, 13.0–20.0 cm 크기군에서는 4.60개체, ≥20.0 cm 크기군에서는 6.69개체로 나타나 통계적으로 유의한 차이가 검증되지 않았으나(One-way ANOVA, $P>0.05$), 중량에

Table 2. Proportional food overlap coefficients (Schoener's index) of spearnose grenadier *Coelorinchus multispinulosus* for total prey items caught in the South Sea of Korea (<13.0 cm, n=42; 13.0–20.0 cm, n=96; ≥20.0 cm, n=25)

Size class (cm, TL)	<13	13-20
13-20	0.86	-
≥20	0.43	0.57

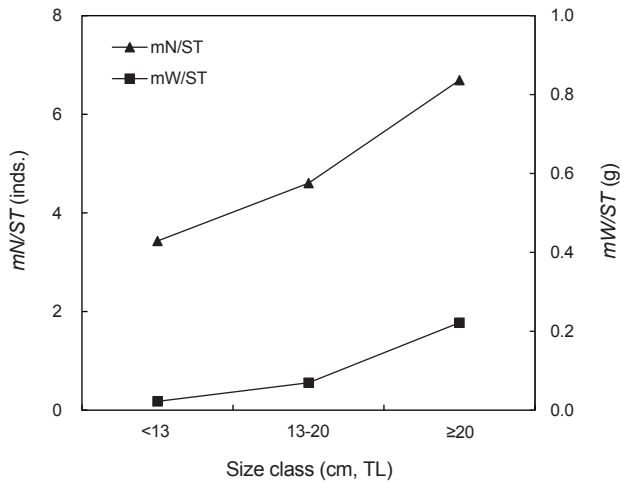


Fig. 5. Variation of mean number of prey per stomach (mN/ST) and mean wetweight of prey per stomach (mW/ST) of spearnose grenadier *Coelorinchus multispinulosus* among size classes (<13.0 cm, 13.0–20.0 cm, ≥20.0 cm) collected in the South Sea of Korea.

서는 유의한 차이가 확인되었다(One-way ANOVA, $P<0.05$). <13.0 cm 크기군에서는 0.02 g이었고, 13.0–20.0 cm 크기군에서는 약 0.07 g, ≥20.0 cm 크기군에서는 0.22 g으로 나타나 개체당 평균 먹이생물의 중량이 증가하는 경향을 보였다.

계절별 먹이생물 조성 변화

줄비늘치의 계절별 먹이생물 조성을 분석한 결과(Fig. 6). 동

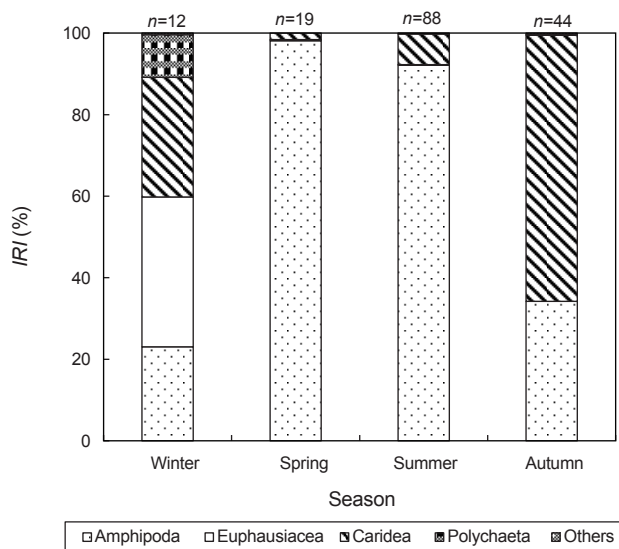


Fig. 6. Seasonal changes in composition of the stomach components by %IRI of spearnose grenadier *Coelorinchus multispinulosus* collected in the South Sea of Korea (Spring, $n=19$; Summer, $n=88$; Autumn, $n=44$; Winter, $n=12$).

계에 가장 중요한 먹이생물은 36.8%의 상대중요도지수비를 차지한 난바다곤쟁이류였으며, 그 다음으로는 29.3%인 생이류, 23.1%의 단각류 순으로 나타났다. 춘계에서는 단각류가 98.1%로 증가하여 가장 우점하는 먹이생물로 나타났으며, 생이류는 1.6%로 나타났다. 하계에서는 단각류가 가장 우점하는 먹이생물로 나타났으며, 92.2%로 감소하는 경향을 보였다. 생이류는 7.5%로 나타났다. 추계에서는 생이류가 가장 우점하는 먹이생물로 나타났으며, 65.3%로 증가하는 경향을 나타냈다. 단각류는 34.2%로 나타났다.

계절별 먹이생물 중복도를 분석한 결과, 춘계와 하계 사이에서 먹이생물 중복도가 0.60 이상으로 유의하게 중복되었으나, 다른 계절들 사이에서는 유의하게 중복되지 않았다(Table 3).

계절과 크기군간의 먹이생물의 유의성 검정

줄비늘치의 계절과 크기군간의 섭식관계를 Two-way PERMANOVA를 이용하여 분석한 결과, 줄비늘치는 계절($P=0.002$), 크기군($P=0.226$), 계절과 크기군 두 요인의 상호작용($P=0.203$)을 나타내 계절에서는 유의한 차이가 확인되었으나($P<0.05$), 크기군과 계절 및 크기군의 상호작용은 유의한 차이가 검증되지 않았다($P>0.05$; Table 4).

계절과 크기군의 상호효과를 시각적으로 평가하기 위해 CAP (Canonical Analysis of Principal Coordinates) 분석을 실시하였다. CAP 분석 결과(Fig. 7), 성분축 CAP 1과 CAP 2에 따라 계절별 구분이 나타났으나, 크기군에 대해서는 시각적으로 뚜렷한 구분이 되지 않았다. 춘계와 하계는 단각류의 기여도가 높아 해당 계절 분류군의 군집이 형성되었으며, 추계는 생이류, 갯지렁이류 등 다양한 항목에 나타났고, 동계는 난바다곤쟁이류의 기여도가 높아 군집이 형성되었다.

Table 3. Proportional food overlap coefficients (Schoener's index) of spearnose grenadier *Coelorinchus multispinulosus* among seasons collected in the South Sea of Korea

Season	Winter	Spring	Summer
Spring	0.25	-	-
Summer	0.31	0.94	-
Autumn	0.53	0.36	0.42

Spring, $n=19$; Summer, $n=88$; Autumn, $n=44$; Winter, $n=12$.

Table 4. (P) for a series of PERMANOVA tests, comparison of the stomach contents for season, size and interactions between season and size

Source	df	Pesudo-F	P (perm)
Season	3	4.780	0.002
Size	2	1.437	0.226
Season×size	4	1.522	0.203

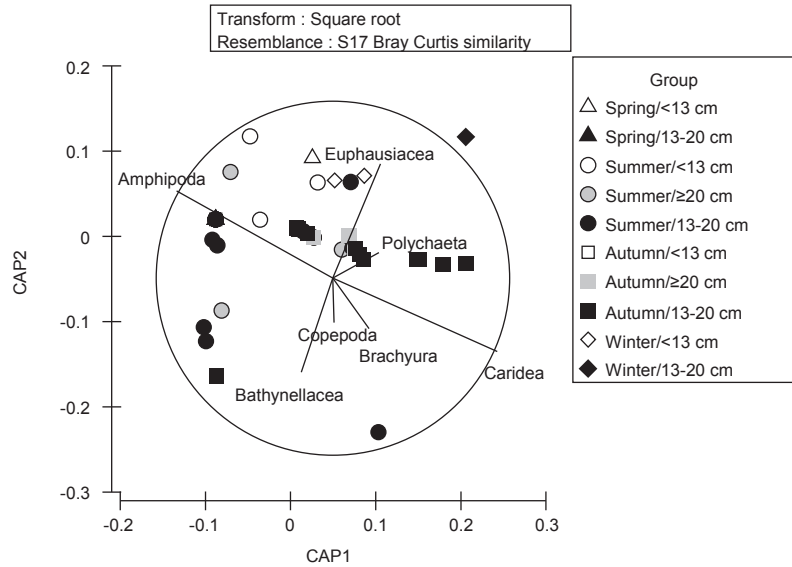


Fig. 7. Canonical analysis of principal coordinates (CAP) ordination plot for the diet composition of a dominant prey item of spearnose grenadier *Coelorinchus multispinulosus* in the South Sea of Korea, illustrating differences by size class and season.

고찰

이번 연구 결과, 줄비늘치의 주 먹이생물은 단각류인 *Themisto* sp.로 확인되었다. 단각류는 지리적으로 대마 난류의 영향으로 해수 순환이 활발하고, 다양한 암초 지대와 연안 생태계가 발달하는 남해 연안해역에서 유기쇄설입자를 직접 섭식하거나 유기쇄설입자를 먹이로 하는 미소동물물을 섭식한 뒤, 어류와 같은 상위 포식자에게 섭식되어 하위 영양단계를 상위 단계로 연결하는 중요한 역할을 한다(Thayer et al., 1984). 특히 단각류 중에서 가장 중요한 먹이생물은 *Themisto* sp.로 나타났다. *Themisto* sp.는 하늘옆새우(Hyperiidae)과에 속하는 단각류로 고위도 해역에서 특히 풍부하게 분포하는 부유성 단각류로 온대 및 한대 해역의 부유성 생태계에서 핵심적인 역할을 수행한다. 이들은 특정 해역에서 막대한 생물량을 이루며, 상업적으로 중요한 어류 및 두족류 자원의 주요 먹이원으로 기능함으로써 해양 먹이망의 중요한 구성 요소가 된다. 또한 *Themisto* sp.는 주간에는 저층에서 머물다가 야간에는 섭식을 위해 표층 가까이로 이동하는 주야 수직이동(Diurnal vertical migration, DVM)을 수행하며, 이러한 생태적 특성으로 인해 저서성 어류인 줄비늘치가 주간에는 심층으로 하강한 *Themisto* sp.를 주로 섭식한 것으로 판단된다(Havermans et al., 2019).

또한 이번 결과와 달리 우리나라 동해 남부에 출현하는 줄비늘치의 식성 연구에서는 생이류가 주 먹이생물로 나타났다(Huh et al., 2013; Park et al., 2017). 따라서 줄비늘치는 서식해역마다 풍부하게 출현하는 먹이생물을 섭식하는 기회주의적 섭식(Opportunistic feeding)을 하는 것으로 판단된다.

이번 연구에서 출현빈도에 대한 특정먹이생물우점도를 통해

섭식전략을 분석하였다. 도해적방법 그래프 왼쪽 하단에서 오른쪽 상단까지의 대각선은 먹이중요도를 나타내는데, 상단에 위치할수록 우점 먹이생물, 하단에 위치할수록 중요하지 않은 먹이생물이 위치해 있다. 또한 그래프 왼쪽 상단에 있는 먹이생물은 포식자 각 개체별 우점하는 먹이생물을 나타내며, 오른쪽 상단의 경우에는 포식자 개체군에 전체에서 우점하는 먹이생물을 나타낸다. 수직 축은 포식자의 섭식전략을 나타내며, 상단에 위치할수록 개체당 섭식한 먹이생물의 종류가 적어 좁은 섭식 폭을 가지는 섭식특화종(Specialist feeder)임을 의미하며, 반대로 하단에 위치할수록 다양한 먹이생물을 섭식하여 넓은 섭식 폭을 가지는 섭식일반종(Generalist feeder)인 것으로 판단될 수 있다(Pianka, 1988). 따라서 줄비늘치는 개체당 섭식한 먹이생물의 종류가 적기에 좁은 섭식 폭을 가지는 섭식특화종(Specialist feeder)을 확인할 수 있었다.

줄비늘치의 크기군별 먹이생물 조성의 변화를 확인한 결과, 줄비늘치는 크기군에 따른 먹이생물 조성은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았지만($P=0.226$), <13.0 cm와 13.0–20.0 cm의 크기군에서는 단각류가 가장 우점하였으며, ≥20.0 cm의 크기군에서는 단각류에서 생이류로의 먹이전환이 이루어지는 것을 관찰할 수 있었다. 일반적으로 어류는 성장함에 따라 먹이전환이 이루어진다고 알려져 있는데, 줄비늘치 또한 성장함에 따라 유영능력 향상과 성장함에 따라 필요한 에너지 요구량을 충족시키기 위해 먹이전환을 하는 것으로 판단된다(Huh et al., 2009). 선행연구에 따르면(Huh et al., 2013), 줄비늘치는 작은 크기군에서 주로 요각류를 섭식하여, 요각류 → 단각류 → 생이류 순으로 먹이전환을 하는 것으로 보고되었다. 이번 연구에서는 10.0 cm 이하의 크기군이 많이 채집되지 않아

요각류에서 단각류로의 먹이전환이 관찰되지 않았지만, 단각류에서 생이류로의 먹이전환은 확인할 수 있었다(Choo, 2007; Huh et al., 2013). 따라서 이번 연구결과와 선행연구 결과를 종합하면 준비늘치는 성장함에 따라 먹이생물이 요각류 → 단각류 → 생이류 순으로 전환되는 단계적인 먹이전환을 보이는 것으로 판단된다.

이번 연구에서 준비늘치는 성장함에 따라 개체당 평균 먹이생물 개체수는 통계적으로 유의한 수준의 차이가 검증되지 않았으나, 평균 먹이생물 습중량은 유의한 수준의 차이가 확인되었다. 일반적으로 어류는 일정 크기 이상으로 성장을 하면 더 많은 에너지가 필요하기 때문에 작은 개체를 여러 번 섭식하는 것보다 한 번에 큰 개체를 섭식하는 경향을 보이지만, 전 생활사 동안 지속적으로 유사한 먹이생물을 섭식하는 어류는 성장함에 따라 먹이생물 개체수가 지속적으로 증가하는 경향을 보인다(Last, 1989). 준비늘치는 성장함에 따라 단각류에서 더 큰 먹이생물인 생이류로 먹이전환이 이루어져 개체당 평균 먹이생물 습중량이 증가하였고, 선행연구와 마찬가지로 단각류를 지속적으로 섭식하여 성장함에 따라 개체당 평균 먹이생물 개체수는 큰 차이를 보이지 않았던 것으로 판단된다(Huh et al., 2013).

계절별 먹이생물 조성을 분석한 결과, 준비늘치는 연중 단각류를 주요 먹이로 섭식하였으나 계절에 따라 중요도에 차이가 나타났다. 특히 춘계와 하계에는 단각류의 섭식 비율이 높았는데, 이는 남해 해역에서 동물플랑크톤 군집이 계절적으로 크게 변동하며(Moon et al., 2010; Jeong et al., 2014; Lee et al., 2021b), 단각류를 포함한 동물플랑크톤의 비중이 춘계와 하계에 증가하는 경향을 보인다는 점과 일치한다(Jeong et al., 2014; Moon et al., 2020). 이러한 동물플랑크톤의 계절적 증가는 환경 요인의 변화와 해류의 영향이 복합적으로 작용한 결과로 해석된다(Moon et al., 2010; Lee et al., 2021b). 또한 일본해 난류해역에서 춘계-하계에 하늘옆새우과 단각류인 *Themisto japonica*의 개체수와 생산량이 증가하는 것으로 알려져 있으며(Sugisaki et al., 1991), 이번 남해 조사에서도 하늘옆새우과 단각류의 가용성이 춘계와 하계에 높아져 준비늘치의 섭식에 반영된 것으로 판단된다.

추계에는 단각류의 밀도의 감소와 함께 섭식 비율도 낮아졌으며, 대신 연안에서 출현하는 돛대기새우(*L. gracilis*)가 주요 먹이로 대체되었다(NIBR, 2025). 돛대기새우는 남해에서 동계를 제외한 대부분의 시기에 출현하며, 특히 춘계와 추계에 대량으로 출현하였다(Oh and Choi, 2003). 따라서 단각류의 밀도 감소와 생이류 출현량 증가로 인하여 단각류의 섭식 비율이 감소하고, 생이류의 섭식 비율이 증가한 것으로 판단된다.

동계에는 난바다곤쟁이류의 출현량이 증가함에 따라 상대적으로 생이류의 섭식 비율이 다시 감소하는 경향을 보였다(Lee et al., 2021a). 특히 준비늘치의 먹이생물 중 하나로 확인된 돛대기새우는 동계에 출현량이 낮아지는 경향을 보여, 생이류 섭식 비율이 낮아졌을 것으로 추정된다(Oh and Jeong, 2002;

Hong et al., 2006). 반면, 난바다곤쟁이류는 저온 수괴가 형성되는 동계에 성체 출현량이 증가하며, 표층 생산성 저하에 대응하여 계절회유를 통해 심층으로 이동하는 특성을 보인다(Taki, 2007; Taki, 2010). 따라서 동계에서는 생이류의 섭식 비율이 감소하고, 난바다곤쟁이류의 섭식 비율이 증가한 것으로 판단된다.

결론적으로 준비늘치의 계절별 주먹이생물은 명확하게 차이를 보였으며, 이러한 차이는 먹이생물의 계절적 분포 변동과 밀접한 연관이 있는 것으로 보인다. 따라서 계절적 환경 변화가 준비늘치의 섭식 전략과 생리학적 적응에 미치는 영향을 규명하기 위해서는 지속적인 장기 모니터링이 필요하다.

사 사

이 논문은 2025년 국립수산물과학원 수산과학연구사업(근해어업자원조사, R2025001)의 지원으로 수행된 연구입니다.

References

- Amundsen PA, Gabler HM and Staldvik FJ. 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>.
- Anderson MJ, Gorley RN and Clarke KR. 2008. PERMANOVA+ for PRIMER: Guide to Software and Statistical Methods. PRIMER-E, Plymouth, U.K.
- Andriyono S, Kim AR, Alam MJ, Park H and Kim HW. 2019. The complete mitochondrial genome of the spearnose grenadier, *Coelorinchus multispinulosus* Katayama, 1942 (Gadiformes: Macrouridae). *Mitochondrial DNA Part B* 4, 1123-1124. <https://doi.org/10.1080/23802359.2019.1586478>.
- Choo HG. 2007. Species composition and feeding ecology of fishes in the coastal waters off Kori, Korea. Ph.D. Thesis, Pukyong National University, Busan, Korea.
- Clarke KR and Gorley RN. 2006. PRIMER v6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth, U.K.
- Cohen DM, Inada T, Iwamoto T and Scialabba N. 1990. FAO Species Catalogue. Vol. 10. Gadiform fishes of the world (Order Gadiformes). FAO Fisheries Synopsis No. 125, FAO, Rome, Italy, 442.
- Fricke R, Eschmeyer WN and Van der Laan R. 2025. Eschmeyer's Catalog of Fishes: Genera, Species, References. Retrieved from <https://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp> on Oct 10, 2025.
- Havermans C, Auel H, Hagen W, Held C, Ensor N and Tarling GA. 2019. Predatory zooplankton on the move: *Themisto* amphipods in high-latitude marine pelagic food webs. *Adv Mar Biol* 82, 51-92. <https://doi.org/10.1016/bs.amb.2019.02.002>.

- Hong JS, Seo IW and Kim JH. 2006. Shrimps of the Korean Waters. National Fisheries Research and Development Institute, Busan, Korea.
- Huh SH, Park JM, Park SC, Jeong D, Park CI and Baek GW. 2009. Feeding habits of *Lateolabrax japonicus* in the coastal waters off Dolsan-do, Yeosu. Korean J Ichthyol 21, 23-27.
- Huh SH, Baek GW, Choo HG and Park JM. 2013. Feeding habits of the spearnose grenadier, *Coelorinchus multispinulosus*, in the coastal waters off Gori, Korea. Korean J Ichthyol 25, 157-162.
- Jeong HG, Suh HL, Lee W and Soh HY. 2014. Seasonal variation of the neustonic zooplankton community in southern waters of Korea. Ocean Sci J 49, 167-181. <https://doi.org/10.1007/s12601-014-0017-6>.
- Lee BR, Park W, Lee HW, Choi JH, Oh TY and Kim DN. 2021a. Spatio-temporal distribution of euphausiids in Korean waters in 2016. Korean J Fish Aquat Sci 54, 456-466. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2021.0456>.
- Last JM. 1989. The food of herring, *Clupea harengus*, in the North Sea, 1983-1986. J Fish Biol 34, 489-501. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1989.tb03330.x>.
- Lee YJ, Lee JH and Kim YH. 2021b. Seasonal variation of zooplankton community structure in the southern sea of Korea. Korean J Fish Aquat Sci 54, 445-455. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2021.0445>.
- Lee K, Go S and Jung S. 2021c. Long-term changes in fish assemblage structure in the Korea Strait from 1986 to 2010 in relation with climate change. Ocean Sci J 56, 182-197. <https://doi.org/10.1007/s12601-021-00006-1>.
- Lee CC, Chen HW, Shao KT and Hsu CC. 2008. Feeding ecology of three congeneric grenadiers in waters of northeastern Taiwan. In: Grenadiers of the World Oceans: Biology, Stock Assessment, and Fisheries. Pitman JRD and Browman HI, eds. American Fisheries Society, Nashville, TN, 185-201.
- Moon SY, Oh HJ and Soh HY. 2010. Seasonal variation of zooplankton communities in the southern coastal waters of Korea. Ocean Polar Res 32, 411-426. <https://doi.org/10.4217/OPR.2010.32.4.411>.
- Moon SY, Kim HY and Oh HJ. 2020. Seasonal variation of the zooplankton community of Gamak Bay, Korea. Korean J Environ Biol 38, 231-247. <https://doi.org/10.11626/KJEB.2020.38.2.231>.
- Nakayama N. 2020. Grenadiers (Teleostei: Gadiformes: Macrouridae) of Japan and adjacent waters: A taxonomic monograph. Megataxa 3, 1-383. <https://doi.org/10.11646/megataxa.3.1.1>.
- National Institute of Biological Resources. 2025. National List of Marine and Fisheries Species of Korea 2025. Marine Biodiversity Information System, Incheon, Korea.
- Oh CW and Choi JH. 2003. Population dynamics and reproductive ecology of the shrimp *Leptochela sydniensis* in the southwestern waters of Korea. Korean J Fish Aquat Sci 36, 646-653. <https://doi.org/10.5657/kfas.2003.36.6.646>.
- Oh CW and Jeong IJ. 2002. Fisheries biology of shrimps in the southwestern waters of Korea I. Species composition of catches and spawning season of *Acetes* sp. for the Korean shrimp fishery. Korean J Fish Aquat Sci 35, 223-230. <https://doi.org/10.5657/kfas.2002.35.3.223>.
- Park JM. 2010. Feeding habits of dominant demersal fishes in the coastal waters off the southern Korean Peninsula. Ph.D. Thesis, Pukyong National University, Busan, Korea.
- Park JM, Kwak SN, Huh SH and Han IS. 2017. Diets and niche overlap among nine co-occurring demersal fishes in the southern continental shelf of the East/Japan Sea, Korea. Deep Sea Res II Top Stud Oceanogr 143, 100-109. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2017.06.002>.
- Park JM, Baek GW and Huh SH. 2018. Variations in demersal fish assemblage in the southern coast of East Sea, Korea. Korean J Fish Aquat Sci 51, 426-434. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2018.0426>.
- Pianka ER. 1988. Evolutionary Ecology. 4th ed. Harper & Row, New York, NY, U.S.A., 468.
- Pinkas L, Oliphant MS and Iverson ILK. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. Fish Bull 152, 1-105.
- Platell ME and Potter IC. 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).
- Sugisaki H, Terazaki M, Wada E and Nemoto T. 1991. Feeding habits of a pelagic amphipod, *Themisto japonica*, in the Japan Sea. Mar Biol 109, 241-244. <https://doi.org/10.1007/BF01319392>.
- Taki K. 2007. Seasonal changes in distribution and abundance of euphausiids in the coastal area of north-eastern Japan. Fish Sci 73, 522-533. <https://doi.org/10.1111/j.1444-2906.2007.01364.x>.
- Taki K. 2010. Population structure of *Euphausia pacifica* in the Kuroshio-Oyashio transitional waters off northeastern Japan. J Plankton Res 32, 761-771. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbq027>.
- Thayer GW, Hall MO, Kenworthy WJ and Merkt RE. 1984. Role of grazing and detritus in seagrass ecosystems. Mar Ecol Prog Ser 17, 295-302. <https://doi.org/10.3354/meps017295>.
- Xu Y, Yu F, Li X, Ma L, Dong D, Kou Q, Sui J, Gan Z, Gong L, Yang M, Wang Y, Sun Y, Wang J and Wang H. 2018. Spatio-temporal patterns of the macrofaunal community structure in the East China Sea off Zhejiang, China, and the impact of the Kuroshio Branch Current. PLoS One 13, e0192023. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192023>.