KFAS 한국수산과학회지 Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences
한수지 59(5), 652-658, 2026

Note
Korean J Fish Aquat Sci 59(5),652-658,2026

한국 통영 주변 해역에서 출현하는 불볼락(*Sebastes thompsoni*)의 식성

이석명 · 손준영 · 김동진 · 조재익 · 백근욱*

경상국립대학교 해양과학대학 해양생명과학과/해양생물교육연구센터/해양산업연구소

Feeding Habits of the Goldeye Rockfish *Sebastes thompsoni* in the Coastal Waters off Tongyeong, Korea

Seok Myeong Lee, Joon Young Son, Dong Jin Kim, Jae-Ik Cho and Gun Wook Baeck*

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

The feeding habits of *Sebastes thompsoni* were studied using 280 specimens collected in the coastal waters off Tongyeong, Korea. The total length of the specimens ranged from 11.0 to 28.5 cm. Of the 280 stomachs examined, 195 were empty. *S. thompsoni* mainly consumed Crustacea, followed by Teleostei. Decapoda and Euphausiacea were the dominant prey items among crustaceans. As fish size increased, the proportion of Copepoda and Euphausiacea decreased, whereas those of Decapoda and Teleostei increased. These results indicate that *S. thompsoni* is a crustacean feeder and shows ontogenetic dietary shifts.

Keywords: *Sebastes thompsoni*, Feeding habits, Diet composition, Feeding pattern, Ontogenetic dietary shifts

서 론

불볼락(*Sebastes thompsoni*)은 쏨뱅이아목(Scorpaenoidei), 볼락과(Sebastidae)에 속하는 저서성 어류로, 우리나라 동해와 남해를 포함한 북서태평양 해역에 분포하며, 주로 수심 40–150 m의 암초 지대에 서식하는 것으로 알려져 있다(Yamada et al., 1995). 또한, 남해안에서는 '열기'라는 방언으로 불리며, 자망, 주낙, 선상 외줄낚시로 어획되어 상업적으로 이용되는 중요한 수산자원 중 하나이다(Baeck et al., 2010; Kim et al., 2017).

어류의 식성 연구는 대상 종의 주요 먹이생물과 섭식생태를 이해하는 데 필요한 기초자료를 제공하며, 대상 종이 서식하고 있는 해역의 먹이망 구조와 생태적 지위를 파악하는 데에 있어 중요한 자료로 활용된다(Huh et al., 2009). 특히, 포식자의 위내용물 조성은 직접적인 관측이 어려운 해양생태계에서 하위영양단계 생물의 이용 양상과 먹이생물 가용성을 간접적으로 평가하는 데 유용하며, 이러한 자료가 장기적으로 축적될 경우 해양환경 변화에 따른 먹이망 구조와 섭식생태 변화를 해석하는 데 활용될 수 있다(Son et al., 2025).

우리나라 해역에서의 연평균 표층수온은 기후변화로 인해 1968년부터 2022년까지 약 1.36°C로 증가하였으며, 이는 우리나라의 연평균 표층수온 상승 경향이 전 지구평균보다 약 2.6배 높았다고 보고되었다(Han et al., 2023). 이러한 수온 상승과 같은 해양환경 변화는 잠재적 먹이생물 군집과 어류의 먹이 가용성에 영향을 줄 수 있으며(Park et al., 2024), 이러한 해양환경 변화로 인한 먹이망 구조의 변동을 확인하기 위해서는 지속적인 식성 연구가 필요하다. 국내에서 불볼락의 식성에 관한 연구는 부산 주변 해역의 성어 식성(Huh et al., 2008)과 황해 저층 냉수대의 치어 식성(Kim et al., 2017)이 수행된 바 있다. 그러나 성어를 대상으로 한 국내 식성 연구는 약 20년 전에 수행되어 최근의 해양환경 변화를 반영하기에는 한계가 있으며, 기후변화에 따른 수온 상승과 먹이생물 가용성 변화가 어류의 섭식생태에 미칠 수 있는 영향을 이해하기 위해서는 추가적인 연구가 필요하다.

따라서 이번 연구에서는 통영 주변 해역에서 채집된 불볼락의 위내용물 분석을 통해 주요 먹이생물 조성, 섭식전략을 파악하여, 이를 바탕으로 해당 종의 먹이망 구조를 이해하고, 향후 수온 상승으로 인한 저층환경 변화에 따른 먹이생물 이용 양상과 먹이망 구조 변화를 비교·해석하기 위한 자료를 제공하고

***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.2026.0652
Korean J Fish Aquat Sci 59(5), 652-658, October 2026
Received 29 June 2026; **Revised** 28 July 2026; **Accepted** 21 August 2026
저자 직위: 이석명(대학원생), 손준영(대학원생), 김동진(대학원생), 조재익(대학원생), 백근욱(교수)

자 한다.

재료 및 방법

이번 연구에서 사용된 불볼락은 통영 주변 해역에서 2025년 2–3월과 2026년 1–3월에 자망과 낚시를 이용하여 어획된 후, 선어로 위판되어 구매한 280개체를 대상으로 분석을 수행하였다. 채집된 시료는 냉장상태로 운반 후, 실험실에서 전장(total length) 0.1 cm와 중량(body weight) 0.1 g 단위까지 측정하였다. 측정이 완료된 불볼락은 해부를 통해 위를 적출하였으며, 적출된 위는 10% 포르말린 용액에 고정하였다. 이후 실체현미경(Leica S6 E; Leica Microsystems Schweiz AG, Heerbrugg, Switzerland)을 사용하여, 먹이생물을 가능한 한 낮은 분류군까지 동정하였다. 동정과정에서 외줄낚시로 어획된 개체를 대상으로 외줄낚시에 사용되는 미끼인 남극크릴(*Euphausia superba*)은 위내용물 분석 중 출현하지 않았으며, 미끼로 판매되고 있는 두토막눈썹참갯지렁이(*Perinereis linea*)는 위내용물 중 소화 정도를 확인하여 먹이생물에서 제외하였고, 미끼를 제외한 나머지 먹이생물은 개체수를 계수하고, 습중량을 0.001 g 단위까지 기록하였다.

위내용물 분석에 사용된 시료 수의 적정성을 확인하기 위해 먹이누적곡선(cumulative prey curve)을 작성하였다. 분석된 위내용물은 요각류(Copepoda), 십각목(Decapoda), 난바다곤쟁이류(Euphausiacea), 경골어류(Teleostei), 기타 먹이생물(Others)로 구분하여 위의 순서를 1,000회 무작위화하였으며, 95% 신뢰구간에서 곡선 말단부 마지막 5개 구간의 기울기가 0에 가까워지는지를 기준으로 판단하였다. 먹이누적곡선은 RStudio 프로그램(R ver. 4.6.0)에서 vegan package의 specaccum 함수를 이용하여 작성하였다(Oksanen et al., 2026).

불볼락의 식성을 파악하기 위해 위내용물 조성 결과는 먹이를 섭식하지 않은 공복상태의 개체를 제외하고, 다음과 같은 식을 사용하여 각 먹이생물의 출현빈도(%*F*), 개체수비(%*N*), 습중량비(%*W*)로 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_i는 위내용물 중 해당 먹이생물이 출현한 불볼락의 개체수이며, N은 먹이를 섭식한 불볼락의 총개체수를 의미한다. 그리고 N_i는 특정 먹이생물의 개체수, N_{total}은 전체 먹이 개체수, W_i는 특정 먹이생물의 중량, W_{total}은 전체 먹이생물의 총 중량을 나타낸다.

불볼락이 섭식한 먹이생물의 상대중요도지수(index of relative importance, *IRI*)는 Pinkas et al. (1971)의 식을 이용하여 산출하였으며, 상대중요도지수는 다음과 같은 식을 통해 나타냈다.

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

상대중요도지수비(%*IRI*)는 상대중요도지수를 백분율로 환산하였으며, 아래의 식을 통해 나타냈다.

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

불볼락의 섭식형태 파악을 위해 Amundsen et al. (1996)의 도해적방법(graphical method)을 적용하였다. 이를 통해 출현빈도(%*F*)와 특정 먹이생물 우점도(prey-specific abundance)를 도식화하여 분석하였으며, 이를 바탕으로 먹이의 중요도(dominant or rare)와 섭식 폭(niche width)을 평가하였다. 특정 먹이생물 우점도는 다음 식을 이용하여 계산하였다.

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

여기서, P_i는 먹이생물 *i*의 특정 먹이생물 우점도를 나타내며, S_i는 위내용물에서 먹이생물 *i*의 중량을 의미한다. S_{ti}는 먹이생물 *i*를 섭식한 불볼락의 위내용물에서 전체 먹이생물의 중량 합을 나타낸다.

불볼락의 성장에 따른 위내용물 조성 변화를 파악하기 위해, 먹이생물 조성의 변화 양상이 비교적 뚜렷하게 나타나는 전장 구간을 기준으로 하되, 크기군 간 표본수의 불균형을 최소화할 수 있도록 총 3개의 크기군(<17.0 cm, 17.0–22.0 cm, ≥22.0 cm)으로 구분하였다. 크기군별 먹이 섭식 특성을 파악하기 위해 개체당 먹이생물의 평균 개체수(mean number of preys per stomach)와 먹이생물의 평균 중량(mean weight of preys per stomach)을 구하여 RStudio 프로그램(R ver. 4.6.0)에서 Welch's ANOVA를 이용하여 유의성을 검정하였다(Kassambara, 2026).

결 과

전장 분포

이번 연구에 사용된 불볼락은 총 280개체가 채집되었는데, 11.0–28.5 cm의 전장 범위를 나타냈고, 전장 15.0 cm 이상 20.0 cm 미만의 크기군이 전체 개체수 중 42.1%를 차지하여 우점하였으며, 20.0 cm 이상 25.0 cm 미만의 크기군이 전체 개체수 중 41.8%를 차지하여 차우점하였다.

먹이누적곡선

위내용물이 존재하는 85개체를 대상으로 먹이누적곡선을 분석한 결과, 표본 수가 증가함에 따라 누적 먹이생물 분류군 수는 점차 증가하였으나 약 63개체 이후 95% 신뢰구간의 폭이 감소하고 곡선의 증가 폭이 완만해지는 양상을 보였다(Fig. 1). 또한

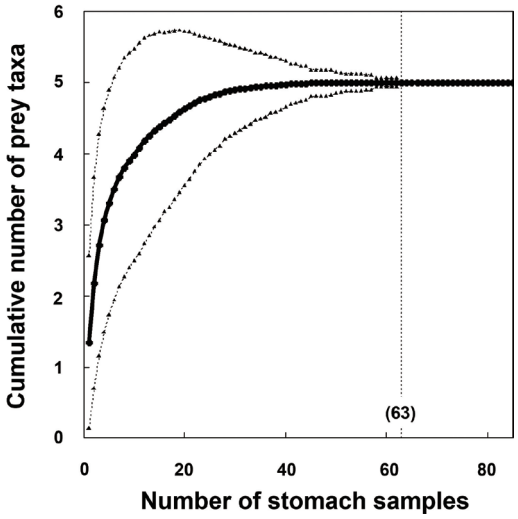


Fig. 1. Cumulative prey curves of prey taxa per stomach of *Sebastes thompsoni* collected in the coastal waters off Tongyeong, Korea. Dashed lines indicate 95% confidence intervals from 1,000 permutations.

곡선 말단부 마지막 5개 구간의 기울기가 0에 가까운 값을 나타내어, 이번 연구에서 불볼락의 주요 먹이생물 조성을 설명하기에 충분한 것으로 판단된다.

위내용물 조성

불볼락 280개체 중 공복 개체는 195개체로 나타나 전체의 69.6%를 차지하였다. 먹이를 섭식한 85개체의 위내용물을 분석한 결과(Table 1), 상대중요도지수비(%*IRI*) 기준 갑각류(Crustacea), 경골어류(Teleostei) 순으로 나타났으며, 해조류(Seaweeds), 연체동물(Mollusca) 및 환형동물(Annelida)은 모두 0.1% 미만의 낮은 비율을 보였다. 그중 갑각류는 96.5%의 출현빈도, 98.9%의 개체수비, 96.5%의 습중량비를 보였으며, 상대중요도지수비는 99.8%로 나타나 전체 먹이생물 중 가장 우점하였다.

갑각류의 세부 먹이생물 조성을 습중량비(%*W*) 기준으로 살펴보면 십각목이 73.6%의 습중량비를 차지하여 중요한 먹이분류군으로 나타났고, 십각목 중에서는 마루자주새우(*Crangon hakodatei*)가 39.8%의 습중량비를 차지하여 중요한 먹이생물로 나타났다. 다음으로 난바다곤쟁이류가 22.2%를 차지하여 그 다음으로 중요한 먹이분류군으로 나타났다. 그 외 게류(Brachyura, 2.2%), 수상새아목(Dendrobranchiata, 0.9%) 등이 나타났지만 상대적으로 낮은 비율을 보였다.

섭식전략

불볼락의 먹이 중요도, 섭식 폭, 섭식전략을 분석한 결과(Fig. 2A), 그래프 우측 상부에 위치한 갑각류가 96.5%의 출현빈도와 97.7%의 특정 먹이생물 우점도를 차지하여 중요한 먹이생

Table 1. Composition of the stomach contents of *Sebastes thompsoni* by frequency of occurrence (%*F*), number (%*N*), wet weight (%*W*) and index of relative importance (%*IRI*) in the coastal waters off Tongyeong, Korea

Empty stomach rate		69.6%		
Prey organism	%*F*	%*N*	%*W*	%*IRI*
Annelida	1.2	0.1	+	+
Polychaeta	1.2	0.1	+	
Crustacea	96.5	98.9	96.5	99.8
Amphipoda	3.5	0.3	0.1	
Gammaridae	1.2	0.1	+	
Melita sp.	1.2	0.1	+	
Unidentified Amphipoda	2.4	0.2	+	
Copepoda	21.2	19.1	0.6	
Corycaeus sp.	1.2	0.1	+	
Oncaea spp.	2.4	0.3	+	
Unidentified Copepoda	21.2	18.7	0.6	
Decapoda	50.6	7.3	73.6	
Brachyura	2.4	0.5	2.2	
Charybdis bimaculata	1.2	0.3	1.7	
Unidentified Brachyura	2.4	0.2	0.6	
Caridea	36.5	5.5	69.7	
Alpheus digitalis	1.2	0.3	2.2	
Crangon hakodatei	7.1	1.0	39.8	
Latreutes planirostris	1.2	0.1	0.1	
Leptochela spp.	10.6	1.2	2.9	
Leptochela gracilis	2.4	0.2	0.7	
Leptochela sydniensis	9.4	1.7	3.7	
Palaemon gravieri	5.9	0.5	18.7	
Plesionika ortmanni	1.2	0.1	0.8	
Unidentified Caridea	3.5	0.4	0.9	
Dendrobranchiata	3.5	0.4	0.9	
Acetes chinensis	1.2	0.1	0.4	
Acetes sp.	2.4	0.3	0.5	
Unidentified Decapoda	10.6	0.9	0.8	
Euphausiacea	50.6	72.2	22.2	
Mollusca	1.2	0.1	+	+
Cephalopoda	1.2	0.1	+	
Seaweeds	1.2	0.1	0.1	+
Teleostei	8.2	0.8	3.4	0.2
Benthosema pterotum	2.4	0.2	1.0	
Unidentified Teleostei	5.9	0.6	2.4	
Total		100.0	100.0	100.0

+, Less than 0.1%.

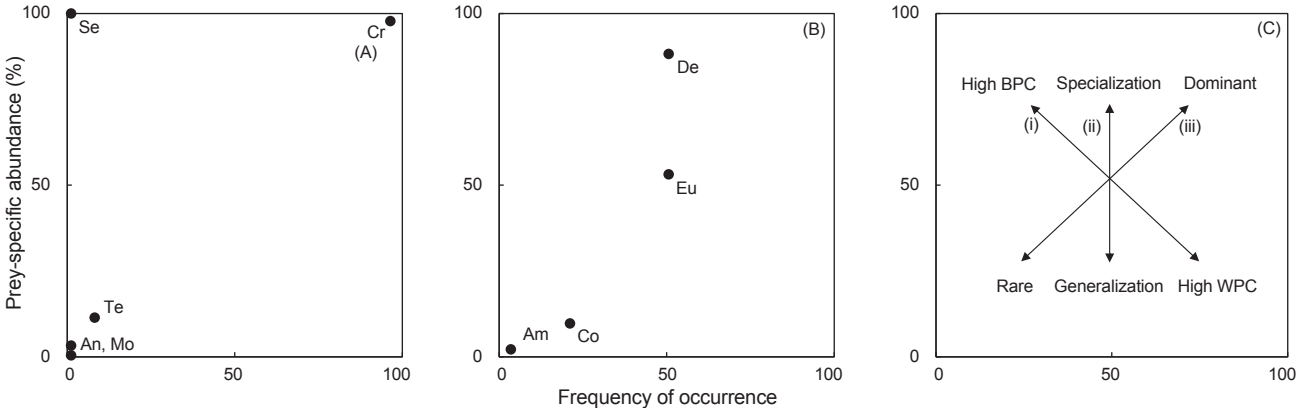


Fig. 2. Graphical representation of the feeding pattern of *Sebastes thompsoni* collected in the coastal waters off Tongyeong, Korea. (A) Feeding pattern based on major prey categories (An, Annelida; Cr, Crustacea; Mo, Mollusca; Se, Seaweeds; Te, Teleostei). (B) Feeding pattern based on subgroups within Crustacea (Am, Amphipoda; Co, Copepoda; De, Decapoda; Eu, Euphausiacea). (C) 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).

물로 나타났다. 해조류는 낮은 출현빈도와 높은 특정 먹이생물 우점도를 나타냈으며, 그 외의 먹이생물은 그래프 좌측 하단부에 출현하여, 비우점 먹이생물 또는 중요하지 않은 먹이생물인 것으로 나타났다. 따라서 불볼락은 전체 먹이생물군 수준에서 갑각류에 대한 높은 의존도를 보였으며, 갑각류 중심의 특화적 섭식경향을 나타내는 것으로 판단된다.

주요 먹이생물인 갑각류의 세부 분류군을 대상으로 먹이 중요도, 섭식 폭 및 섭식전략을 분석한 결과(Fig. 2B), 그래프 중앙 상부에 위치한 십각목이 50.6%의 출현빈도와 88.2%의 특정 먹이생물 우점도를 차지하였으며, 난바다곤쟁이류가 50.6%의 출현빈도와 53.1%의 특정 먹이생물 우점도를 차지하여 중요한 먹이생물로 나타났다. 그 외의 먹이생물은 그래프 좌측 하단부에 출현하여 비우점 먹이생물 또는 중요하지 않은 먹이생물인 것으로 나타났다. 따라서 불볼락은 갑각류 중에서도 십각목과 난바다곤쟁이류를 주로 이용하는 것으로 판단된다.

성장에 따른 먹이생물 조성 변화

불볼락의 성장에 따른 먹이생물 조성 변화를 확인한 결과(Fig. 3A), 17.0 cm 미만 크기군에서는 상대중요도지수비(%*IRI*) 기준 난바다곤쟁이류(63.0%), 십각목(22.8%), 요각류(14.2%) 순으로 나타났으며, 17.0 cm 이상 22.0 cm 미만 크기군에서는 난바다곤쟁이류(60.9%), 십각목(33.8%), 요각류(5.2%), 경골어류(0.1%) 순으로 나타났고, 22.0 cm 이상 크기군에서는 십각목(50.3%), 난바다곤쟁이류(48.0%), 경골어류(1.6%) 순으로 나

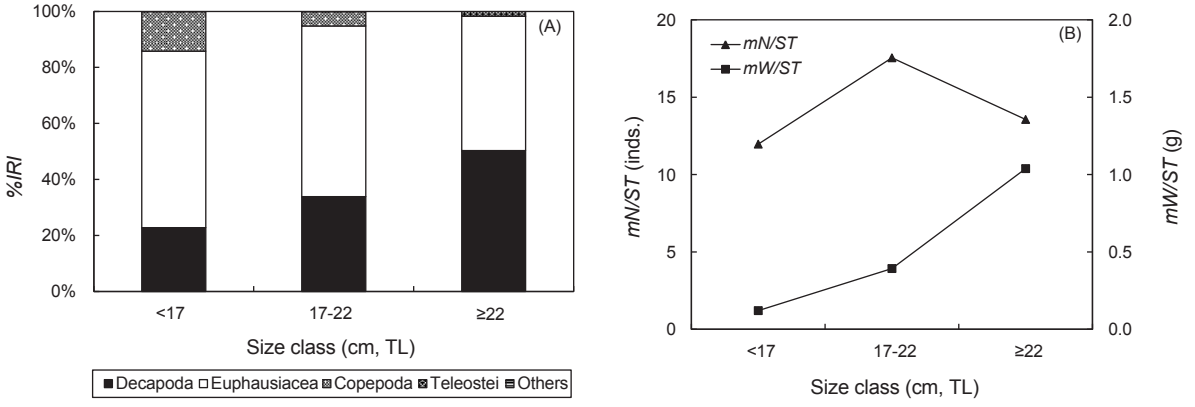


Fig. 3. Ontogenetic changes in prey composition and prey intake of *Sebastes thompsoni* collected in the coastal waters off Tongyeong, Korea. (A) Prey composition by size class based on the percentage index of relative importance (%*IRI*). (B) Mean number and weight of prey items per stomach by size class. mN/ST, Mean number of preys per stomach; mW/ST, Mean weight of preys per stomach; TL, Total length.

타났다. 따라서 불볼락은 크기군이 커질수록 요각류와 난바다곤쟁이류는 감소하는 경향을, 십각목과 경골어류는 증가하는 경향을 보였다.

크기군별 개체당 평균 먹이생물의 개체수 및 중량

크기군별 개체당 평균 먹이생물의 개체수 및 중량을 분석한 결과(Fig. 3B), 개체당 평균 먹이생물의 개체수는 17.0 cm 미만 크기군에서는 11.97개체, 17.0 cm 이상 22.0 cm 미만 크기군에서는 17.55개체, 22.0 cm 이상 크기군에서는 13.57개체로 나타나 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았으나(Welch's ANOVA, $P>0.05$), 개체당 평균 먹이생물의 중량은 17.0 cm 미만 크기군에서는 0.12 g, 17.0 cm 이상 22.0 cm 미만 크기군에서는 0.39 g, 22.0 cm 이상 크기군에서는 1.04 g으로 나타나 평균 먹이생물의 중량이 증가하였으며, 통계적으로 유의한 차이가 나타났다(Welch's ANOVA, $P<0.05$).

고 찰

이번 연구에서의 불볼락 공복률은 69.6%로 비교적 높은 공복률을 보였다. 이러한 이유는 불볼락의 위뱉음 현상인 것으로 생각되는데, 비교적 깊은 수심대에 서식하는 불볼락이 어획과정에서 수압차이로 인한 부레 팽창으로 인해 위내용물이 토출된 것으로 판단된다(Park et al., 2023). 이와 같은 이유로 공복률이 높은 어종은 참조기(*Larimichthys polyactis*), 붉은메기(*Hoplobrotula armata*) 등이 있으며, 이들의 공복률 또한 높은 것으로 보고된 바 있다(Kang et al., 2022; Park et al., 2023). 하지만 이번 연구에서는 자망과 낚시로 어획된 개체가 함께 포함되어 있어, 공복률의 원인을 위뱉음 현상만으로 단정하기에는 한계가 있다. 자망의 경우 침지시간이 지남에 따라 소화가 진행되어 공복률이 높아지는 현상이 존재하고, 외줄낚시의 경우 비교적 침지시간이 적으나, 공복인 개체가 미끼를 섭식할 가능성이 존재하므로(Vinson and Angradi, 2011), 향후 연구에서는 어구별 시료를 구분하여 공복률에 영향을 미치는 요인을 검토할 필요가 있다.

이번 연구에서 불볼락의 가장 중요한 먹이생물은 갑각류로 나타났다. 이러한 결과는 부산 주변 해역에서 수행된 불볼락의 식성에서 새우류가 주요 먹이생물로 보고된 결과와 유사하였다(Huh et al., 2008). 갑각류 내 세부 먹이생물 조성을 살펴보면, 십각목과 난바다곤쟁이류가 주요 먹이분류군으로 나타났다. 특히 십각목 중에서는 마루자주새우가 가장 우점하였는데, 마루자주새우는 사질, 혼합저질, 니질로 구성된 저층에서 생활하며(Maher et al., 2013), 우리나라의 연안에 널리 분포하는 것으로 보고되었고(Lee et al., 2016), 저서성 무척추동물 군집에서도 높은 출현빈도를 보이는 종으로 보고되었다(Huh et al., 2010). 따라서 마루자주새우가 저서성 어류인 불볼락의 먹이생물로 이용된 것은 두 종의 서식공간이 저층에서 중첩될 가능성 및 서식 해역 내 먹이 가용성이 복합적으로 반영된 결과로 판단된다. 또한, 난바다곤쟁이류는 우리나라의 근해를 포함한 북태평양의 넓은 해역에 분포하며, 식물플랑크톤 등 일차생산자를 섭식하고, 어류를 포함한 상위포식자의 먹이원으로 이용되는 중간영양단계 생물로 알려져 있다(Kim et al., 2010). 저서성 어종인 반딧불게르치(*Acropoma japonicum*)도 난바다곤쟁이류를 주요 먹이생물로 이용하는 것으로 보고되었으며(Jo et al., 2022), 줄비늘치(*Coelorinchus multispinulosus*)는 동계에 난바다곤쟁이류를 주로 섭식하는 것으로 보고되었다(Kang et al., 2025). 따라서 난바다곤쟁이류는 저서성 어류에게도 중요한 먹이생물로 이용되고 있는 것으로 판단된다. 이와 관련하여, 부유성 갑각류인 난바다곤쟁이류가 저서성 어종인 불볼락의 주먹이생물로 출현한 것은 난바다곤쟁이류의 주야수직이동과 관련될 가능성이 있다. 난바다곤쟁이류는 주야수직이동을 수행하는 대표적인 부유성 갑각류로, 일반적으로 주간에는 상대적으로 깊은 수층으로 이동하고 야간에는 표·중층으로 상승하는 것으로 보고되었다(Liu and Sun, 2010). 이러한 생태적 특성을 고려할 때, 이번 연구에서 불볼락이 난바다곤쟁이류를 섭식한 것은 주간에 깊은 수층으로 이동한 난바다곤쟁이류가 불볼락의 서식 수층과 일시적으로 중첩되면서 먹이 가용성이 증가한 결과로 해석된다.

이번 연구에서 불볼락의 섭식전략을 분석한 결과, 전체 먹이생물군 수준에서는 갑각류에 대한 높은 의존도를 보였으며, 갑각류 중심의 특화적 섭식경향을 나타내는 것으로 판단된다. 그러나 갑각류의 세부 분류군 수준에서는 십각목과 난바다곤쟁이류를 함께 이용하는 양상으로 보여, 불볼락은 갑각류를 주요 먹이원으로 이용하되 세부 먹이군의 이용 양상은 먹이생물의 가용성에 따라 달라질 수 있는 것으로 판단된다.

불볼락은 크기군이 커질수록 요각류와 난바다곤쟁이류는 감소하는 경향을 나타내었으며, 십각목과 경골어류는 증가하는 경향을 보였는데, 이는 부산에서 진행된 불볼락 성어 식성 연구와 유사하였다(Huh et al., 2008). 또한, 황해에서 연구된 불볼락 치어의 식성 연구에서는 단각류와 난바다곤쟁이류를 섭식하는 것으로 나타났다(Kim et al., 2017). 이번 연구에서 11.0 cm 미만의 작은 크기의 불볼락 개체가 채집되지 않아 전 생애 먹이 전환을 확인할 수 없었으나, 이번 연구와 선행 연구의 결과를 종합해 추정해보면, 불볼락은 성장 초기에는 요각류, 단각류, 난바다곤쟁이류와 같은 소형 갑각류를 주로 섭식하고, 성장함에 따라 상대적으로 크기가 큰 십각목으로 주먹이생물을 전환하는 것으로 추정된다. 또한, 크기군별 개체당 평균 먹이생물의 개체수 및 중량을 분석한 결과, 개체당 평균 먹이생물의 중량은 크기군이 커질수록 증가하는 경향을 보였으며, 그 값은 통계적으로 유의하였다. 이러한 결과는 불볼락이 성장하면서 점차 큰 크기의 먹이를 선호하는 것으로 추정된다. 일반적으로 어류는 성장함에 따라 소형 먹이생물에서 상대적으로 큰 먹이생물로 먹이 이용양상이 변화하는 것으로 알려져 있다. 이러한 성장에 따른 먹이 전환은 구강 크기, 소화기관, 유영능력 등의 형태·생리적 발달

뿐만 아니라 먹이 포획능력 및 에너지 요구량의 증가와 밀접한 관련이 있는 것으로 보고되고 있다(Sánchez-Hernández et al., 2019). 따라서 불볼락은 성장함에 따라 구강 크기, 유영능력 및 먹이 포획능력이 증가하면서 상대적으로 큰 먹이생물을 섭식할 수 있었던 것으로 판단된다(Huh et al., 2008). 또한 성장에 따른 에너지 요구량 증가로 인해 소형 갑각류인 난바다곤쟁이류의 이용 비중은 감소하고, 상대적으로 크기와 에너지 획득 측면에서 유리한 십각목과 경골어류의 이용 비중이 증가한 것으로 해석된다(Mittelbach and Osenberg, 1994; Huh et al., 2008).

이번 연구는 통영 주변 해역 불볼락의 위내용물 분석을 통해 현재의 위내용물 조성과 성장에 따른 먹이 이용 양상을 제시하였으며, 향후 기후변화에 따른 저층생태계 변화와 먹이생태 변화를 평가하기 위한 기초자료이자 새로운 기준점(baseline)을 제시했다는 점에서 의의가 있다. 통영 해역의 저층 수온은 2005년부터 2025년까지 약 1.34℃ 상승했지만(NIFS, 2026), 선행연구와 마찬가지로 불볼락은 여전히 갑각류를 주요 먹이로 이용했으며, 난류성·아열대성 먹이생물의 뚜렷한 출현은 확인되지 않았다. 따라서 현재까지는 수온 상승에도 기존의 갑각류 중심 먹이 이용 구조를 유지하는 것으로 판단된다. 다만 이번 연구는 특정 시기와 해역에 한정된 자료이므로, 기후변화에 따른 먹이생태 변화를 평가하기 위해서는 계절별 수온, 저층환경, 먹이생물 및 위내용물을 포함한 장기적인 모니터링이 필요하다.

References

Amundsen PA, Gabler HM and Staldvik FJ. 1996. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data—modification of the Costello (1990) method. J Fish Biol 48, 607-614. https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1996.tb01455.x.

Baeck GW, Park SC, Kim JH, Nam KM, Huh SH and Park JM. 2010. Reproductive ecology of a goldeye rockfish, *Sebastes thompsoni* (Scorpaeniformes: Scorpaenidae) in the coastal waters of Busan, Korea. Korean J Ichthyol 22, 34-40.

Han IS, Lee JS and Jung HK. 2023. Long-term pattern changes of sea surface temperature during summer and winter due to climate change in the Korea Waters. Fish Aquat Sci 26, 639-648. https://doi.org/10.47853/FAS.2023.e56.

Huh SH, Nam KM, Choo HG and Baeck GW. 2008. Feeding habits of *Sebastes thompsoni* in the coastal waters off Busan, Korea. Korean J Fish Aquat Sci 41, 32-38. https://doi.org/10.5657/KFAS.2008.41.1.032.

Huh SH, Park JM, Park SC, Jeong D, Park CI and Baeck GW. 2009. Feeding habits of *Lateolabrax japonicus* in the coastal waters off Dolsan-do, Yeosu. Korean J Ichthyol 21, 23-27.

Huh SH, Park JM, Jeong DS and Baeck GW. 2010. Seasonal and interannual variation in species composition and abundance of decapod assemblages collected using pots in the coastal waters off Gori, Korea. Korean J Fish Aquat Sci 43, 503-509. https://doi.org/10.5657/KFAS.2010.43.5.503.

Hyslop EJ. 1980. Stomach contents analysis—a review of methods and their application. J Fish Biol 17, 411-429. https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1980.tb02775.x.

Jo JH, Kim DG, Kang DY, Kang SK, Jeong JM and Baeck GW. 2022. Feeding habits of the glowbelly *Acropoma japonicum* in the South Sea of Korea. Korean J Fish Aquat Sci 55, 374-378. https://doi.org/10.5657/KFAS.2022.0374.

Kang DY, Seong GC, Kim DG, Jin S, Soh HY and Baeck GW. 2022. Feeding habits of small yellow croaker, *Larimichthys polyactis* in coastal waters of Korea. Korean J Ichthyol 34, 201-207. https://doi.org/10.35399/ISK.34.3.6.

Kang MS, Cho JI, Son JY, Kim DJ, Kim MS, Kim HJ, Lee JH and Baeck GW. 2025. Feeding habits of the spearnose grenadier *Coelorinchus multispinulosus* in the South Sea of Korea. Korean J Fish Aquat Sci 58, 724-731. https://doi.org/10.5657/KFAS.2025.0724.

Kassambara A. 2026. rstatix: Pipe-friendly framework for basic statistical tests. R package version 1.1.0. https://doi.org/10.32614/CRAN.package.rstatix.

Kim HJ, Hwang KS, Park JH, Lee JH, Baeck GW and Jeong JM. 2017. Diet of juvenile gold-eye rockfish *Sebastes thompsoni* in the Yellow Sea bottom cold water. Korean J Fish Aquat Sci 50, 818-823. https://doi.org/10.5657/KFAS.2017.0818.

Kim HS, Ju SJ and Ko AR. 2010. Comparisons of feeding ecology of *Euphausia pacifica* from Korean waters using lipid composition. Ocean Polar Res 32, 165-175. https://doi.org/10.4217/OPR.2010.32.2.165.

Lee IO, Bae HJ, Kim HG and Oh CW. 2016. Effects of infestation by *Argeia pugettensis* Dana, 1853 (Isopoda, Bopyridae) on the growth and reproduction of the sand shrimp *Crangon hakodatei* Rathbun, 1902 (Decapoda, Crangonidae) in South Korea. Crustaceana 89, 685-699. https://doi.org/10.1163/15685403-00003556.

Liu HL and Sun S. 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.

Maher I, Song KJ, Park HM and Oh CW. 2013. Feeding ecology of the sand shrimp *Crangon hakodatei* Rathbun, 1902 (Decapoda: Crangonidae) in the East Sea of Korea. Anim Cells Syst 17, 44-52. https://doi.org/10.1080/19768354.2013.769897.

Mittelbach GG and Osenberg CW. 1994. Using foraging theory to study trophic interactions. In: Theory and Application in Fish Feeding Ecology. Stouder DJ, Fresh KL and Feller RJ, eds. University of South Carolina Press, Columbia, SC, U.S.A., 45-59.

NIFS (National Institute of Fisheries Science). 2026. Korea Oceanographic Data Center. NIFS, Busan, Korea. Retrieved from https://www.nifs.go.kr/kodc/ on July 25, 2026.

Oksanen J, Simpson G, Blanchet F, Kindt R, Legendre P,

Minchin P, O'Hara R, Solymos P, Stevens M, Szoecs E, Wagner H, Barbour M, Bedward M, Bolker B, Borcard D, Borman T, Carvalho G, Chirico M, De Caceres M, Durand S, Evangelista H, FitzJohn R, Friendly M, Furneaux B, Hannigan G, Hill M, Lahti L, Martino C, McGlinn D, Ouellette M, Ribeiro Cunha E, Smith T, Stier A, Ter Braak C and Weedon J. 2026. vegan: Community Ecology Package. R package version 2.7-3. https://doi.org/10.32614/CRAN.package.vegan.

Park DY, Jin S, Jeong JM, Lee JH and Baeck GW. 2023. Feeding habits of the armoured cusk, *Hoplobrotula armata* in the South Sea, Korea. Korean J Ichthyol 35, 183-188. https://doi.org/10.35399/ISK.35.3.5.

Park JM, Jung HK, Lee CI and Park HJ. 2024. Temporal changes in the diet composition and trophic level of walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*) inhabiting the middle-eastern coast of Korea. Mar Environ Res 198, 106493. https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2024.106493.

Pinkas L, Oliphant MS and Iverson ILK. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. Calif Dep Fish Game Fish Bull 152, 1-105.

Sánchez-Hernández J, Nunn AD, Adams CE and Amundsen PA. 2019. Causes and consequences of ontogenetic dietary shifts: A global synthesis using fish models. Biol Rev 94, 539-554. https://doi.org/10.1111/brv.12468.

Son JY, Kang MS, Kim DJ, Kim MS, Yu YB, Cho JI, Choi YH, Kim HJ, Lee JH and Baeck GW. 2025. Feeding habits of John Dory *Zeus faber* in the South Sea of Korea. Korean J Fish Aquat Sci 58, 612-618. https://doi.org/10.5657/KFAS.2025.0612.

Vinson MR and Angradi TR. 2011. Stomach emptiness in fishes: Sources of variation and study design implications. Rev Fish Sci 19, 63-73. https://doi.org/10.1080/10641262.2010.536856.

Yamada U, Shirai S, Irie T, Tokimura M, Deng S, Zheng Y, Li C, Kim YU and Kim YS. 1995. Names and Illustrations of Fishes from the East China Sea and the Yellow Sea. Overseas Fishery Cooperation Foundation, Tokyo, Japan, 288.