

한국 서해산 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*)의 식성 비교

신유리 · 류동기*

국립군산대학교 해양생명과학과

A Comparison of Stomach Contents of the Fat Greenling *Hexagrammos otakii* in West Sea of Korea

Yuri Shin and Dongki Ryu*

Division of Aquaculture and Aquatic science, Kunsan National University, Gunsan 54150, Republic of Korea

A comparison of the diet of the fat greenling *Hexagrammos otakii* was conducted in three regions of the West Sea-Incheon, Gunsan, and Heuksando-based on stomach content analysis. In total, 467, 432, and 451 individuals were collected from Incheon, Gunsan, and Heuksando regions, respectively. The proportion of fat greenlings with empty stomach was 41.1%, 46.1%, and 42.1% in Incheon, Gunsan, and Heuksando, respectively. The index of relative importance (IRI) showed regional variation in the dominant prey items: Brachyura were most dominant in Incheon and Heuksando, whereas Caridea were dominant in Gunsan. As the fish grew, the proportion of amphipods in the diet decreased, whereas the consumption of cephalopods and Pisces increased. In terms of seasonal feeding patterns, brachyurans and Caridea were dominant throughout the year; however, Pisces showed the highest proportion in all three regions during winter. Multivariate analysis confirmed significant differences in stomach content of fat greenlings among the three regions ($P < 0.05$). These results indicate that *H. otakii* is an omnivorous species that primarily feeds on Brachyura and Caridea and consumes amphipods, pisces, and cephalopods.

Keywords: *Hexagrammos otakii*, Stomach contents, West Sea of Korea

서 론

수산자원은 여러 생물 사이에서 서로 먹고 먹히는 관계가 얹힌 먹이사슬 구조를 구성한다(Jung et al., 2022). 그 중 특정 종의 생태학적 특성을 관찰하고자 할 때는 해당 종뿐만 아니라 다른 생물들과의 관계도 파악하여야 한다. 게다가 지역 개체군 사이에서는 수온, 먹이생물, 천적 등의 외부 요인이 복합적으로 영향을 주기 때문에 섭식 특성이 해역에 따라 달라질 수 있다. 특히 어류의 식성 연구는 어류의 생태를 이해하고, 어류 자원을 효율적으로 관리하고 이용할 수 있는 기초 자료를 제공한다(Huh et al., 2012). 본 연구 대상종인 쥐노래미는 잡식성이라 정착성 어종으로 다양한 해양생물의 먹이망에 포함되어 생태계의 균형 유지에 기여하는 중요한 종이다. 본 종의 식성에 대해 국내에서 진행된 연구는 경상남도 삼천포(Kim and Kang, 1997), 장봉도(Seo and Hong, 2007), 보령과 태안(Choi et al., 2017), 여수

(Jung et al., 2022), 인천(Roh et al., 2023) 등에서 이루어졌으며, 국외에서도 일본 이와테현(Fujita et al., 1995), 중국 리다오시 룽청(Ji et al., 2014), 하이저우만 평 섬(Zhang et al., 2018), 상동 옌타이(Zhang et al., 2021) 등 쥐노래미의 주서식지인 북서태평양을 기준으로 다양한 해역에서 식성 특성이 보고된 바 있다. 각 해역의 환경적 요인은 쥐노래미의 먹이망에 큰 영향을 미친다. 특히, 서식 해역이 산업화된 곳일수록 수질 오염이나 부영양화 등으로 쥐노래미의 먹이생물에 영향을 줄 수 있다. 또한 한국은 조수 간만과 계절적 변화가 뚜렷한 특징이 있기에 선호 먹이나 섭식 행동에 변화를 일으킬 수 있다. 예를 들어 인천 연안은 1980년대 후반 이후 시화방조제 건설을 시작으로 이외의 여러 공사에 필요한 골재 확보를 위한 모래와 자갈의 채취도 지속되고 있어 현재까지 해양 환경의 변화가 빈번히 일어나고 있다(Roh et al., 2023). 군산 연안은 수심이 비교적 완만하고 조간대가 넓게 형성되어 있으며, 암반 구조가 발달해 정착성 어류

*Corresponding author: Tel: +82. 63. 469. 1837 Fax: +82. 63. 469. 7442

E-mail address: dongki@kunsan.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.2025.0551>

Korean J Fish Aquat Sci 58(5), 551-563, October 2025

Received 26 May 2025; Revised 17 July 2025; Accepted 3 September 2025

저자 직위: 신유리(박사후연구원), 류동기(교수)

의 주요 서식처가 되는 곳이다(Kim and Lee, 1993). 흑산도는 수심이 깊고 투명도가 높으며, 육지부와 거리가 멀어 외해의 특성을 가지기 때문에(Han et al., 2019) 다른 해역에 비해 상대적으로 오염이 적고 자연 생태계가 잘 보존되어 있다(Lim, 2007). 이처럼 환경적 특성이 다른 여러 해역의 식성을 비교하는 것은 해양생태계 내의 복잡한 상호작용을 이해할 수 있고(Huh et al., 2008), 이와 더불어 각 지역 생태계의 건강성을 모니터링하는데 중요한 정보를 제공할 수 있다.

따라서 이번 연구는 서해(인천, 군산, 흑산도)에 출현하는 쥐노래미를 대상으로 주 먹이생물과 크기군별·계절별 위 내용물 조성을 알아보며 해역별로 섭식 생태 특성을 파악하고 비교하여, 생태계 기반 자원 관리에 필요한 정보를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

본 연구는 인천, 군산, 흑산도에서 매월 통발 어구를 사용하여 어획된 쥐노래미를 분석하였다. 채집된 개체는 전장(total length, 0.1 cm), 전중량(total weight, 0.1 g)을 측정하였고, 측정된 개체는 위를 적출하여 10% formalin solution에 고정하였다. 그 후 위 내용물은 현미경 하에서 가능한 종(Species) 수준까지 분석하였으며, 분류가 어려운 경우 과(family) 또는 목(order)까지 분류하였다. 분석된 먹이생물은 개체수를 계수한 후 먹이별로 건조기를 이용하여 80°C에서 24시간 건조한 뒤 분석용전자저울(EX324; OHAUS, Parsippany, NJ, USA)을 이용하여 건조 중량을 0.0001 g 단위까지 측정하였다. 위 내용물 조성 결과는 공복 상태의 개체를 제외하고 아래 식을 이용하여 각 먹이생물의 출현빈도(%F), 개체수비(%N), 그리고 건조중량비(%W)로 나타내었다.

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

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

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

여기서, A_i 는 위 내용물에서 해당 먹이생물이 발견된 쥐노래미의 개체수이고, N 은 먹이를 섭식한 쥐노래미의 총 개체수, N_i 와 W_i 는 해당 먹이생물의 개체수와 건조 중량, N_{total} 과 W_{total} 은 전체 먹이생물 개체수와 건조 중량이다.

먹이생물의 상대중요도지수(index of relative importance, IRI)는 Pinkas et al. (1971)의 식을 이용하여 나타내었으며, 이를 백분율로 환산한 상대중요도지수비(%IRI)를 통해 먹이생물 선호도를 분석하였다.

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

쥐노래미의 먹이중요도(dominant or rare), 섭식폭(niche width), 섭식전략(specialist or generalist)은 도해적 방법(graphical method)을 사용하여 나타내었다(Amundsen et al., 1996). 본 연구에서는 특정 먹이생물 우점도(prey-specific abundance)를 도식화하여 출현빈도(%F)에 대한 정보를 제공하며, 이는 다음과 같은 식으로 계산된다.

$$P_i = (\sum S_i / \sum S_{ti}) \times 100$$

여기서, P_i 는 먹이생물 i 의 prey-specific abundance, S_i 는 위 내용물 중 먹이생물 i 의 중량, S_{ti} 는 해당 먹이생물 i 를 섭식한 개체의 위 내용물 전체 중량이다.

쥐노래미의 성장에 따른 먹이생물 조성 변화를 분석하기 위해, 먹이생물의 변화를 관찰할 수 있는 전장과 모집단을 비교할 수 있도록 개체수를 고려하여 4개의 전장 그룹(20 cm 미만, 20 cm 이상 25 cm 미만, 25 cm 이상 30 cm 미만, 30 cm 이상)으로 구분하였다.

또한, 계절별 먹이생물 조성의 변화를 파악하기 위해 사계절(봄, 3~5월; 여름, 6~8월; 가을, 9~11월; 겨울, 12~2월)을 구분하여 먹이생물을 분석하였다. 성장과 계절에 따른 먹이 섭식 특성을 이해하기 위해 크기군과 계절별 먹이생물의 평균 개체수(mean number of preys per stomach, mN/ST)와 먹이생물의 평균 건조중량(mean dry weight of preys per stomach, mW/ST)을 구하였다. 또한 일원배치분산분석(one-way ANOVA, SPSS v.27)을 이용하여 유의성을 검정하였다.

해역(region)에 따라 쥐노래미의 먹이생물 조성이 유의한 차이를 보이는지 파악하기 위해 PERMANOVA (permutational multivariate analysis of variance), SIMPER (similarity percentages)을 이용하여 분석하였다(Anderson et al., 2008). 우점한 먹이생물의 편향성을 감소시키기 위해 먹이생물의 평균 중량비를 제곱근(square root) 변환을 실시하였으며, Bray-Curtis similarity를 이용하여 유사도 매트릭스를 나타낸 뒤 분석을 수행하였다(Platell and Potter, 2001).

PERMANOVA는 표본 간 거리를 이용한 비모수(non-parametric) 분산분석으로, 가설을 검증하기 위하여 permutation 방법을 사용하였다. 또한 PERMANOVA에서 COV (component of variation)는 각 요인의 영향 정도를 나타내는 값으로, 이 값이 클수록 특정 요인의 영향이 크다는 것을 의미한다. PERMANOVA의 상호효과에서 유의한 차이가 나타났을 경우 사후분석(posteriori pairwise PERMANOVA comparisons)을 통하여 해역별 차이의 유의성을 분석하였다. SIMPER 분석은 어떤 먹이 분류군이 해역간 차이에 기여하였는지를 분석하였으며 누적 기여도 70% 이상인 먹이 분류군만을 나타내었다. 위 내용물 조성의 다변량 분석은 PRIMER v7 multivariate statistics package와 PERMANOVA +add-on module을 사용하여 분석하였다.

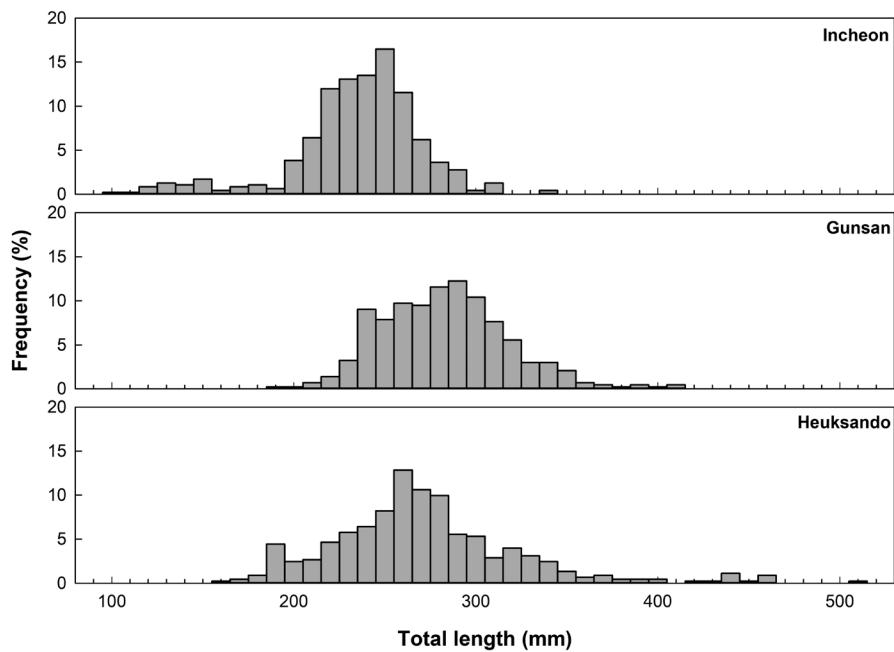


Fig. 1. Total length frequency of fat greenling *Hexagrammos otakii* collected in Incheon, Gunsan and Heuksando.

결 과

위내용물 조성

2022년 7월부터 2023년 6월까지 채집한 쥐노래미는 인천 467개체, 군산 432개체, 흑산도 451개체였으며(Fig. 1), 각각 41.1%, 46.1%, 42.1%의 공복률을 보였다. 먼저 인천 해역 쥐노래미의 먹이생물을 분석한 결과(Table 1), 주요 먹이생물은 40.0%의 출현빈도, 17.0%의 개체수비, 24.8%의 중량비를 차지하여 42.3%의 상대중요도지수비를 나타낸 게류(Brachyura)였다. 게류 중에서는 애기털보부채계(*Pilumnus minutus*), 뿔물맞이게(*Scyra quadridentata*), 비단부채계(*Sphaerozus nitidus*) 등이 관찰되었다. 게류 다음으로 중요한 먹이생물은 어류, 생이류, 두족류, 단각류 순이었다.

군산의 경우, 주요 먹이생물은 35.7%의 출현빈도, 28.5%의 개체수비, 18.3%의 중량비를 차지하여 43.8%의 상대중요도지수비를 나타낸 생이류(Caridea)였다. 생이류 중에서는 남방도화새우(*Pandalus gracilis*), 긴발딱총새우(*Alpheus japonicus*), 둑대기새우(*Leptocheela gracilis*) 등이 관찰되었다. 생이류 다음으로 중요한 먹이생물은 게류, 집계류, 보리새우류, 어류, 두족류 순이었다(Table 1).

흑산도의 경우, 주요 먹이생물은 35.3%의 출현빈도, 21.1%의 개체수비, 18.4%의 중량비를 차지하여 32.9%의 상대중요도지수비를 나타낸 게류(Brachyura)였다. 게류 중에서는 뿔게(*Hyastenus diacanthus*), 애기털보부채계(*Pilumnus minutus*), 중간뿔물맞이게(*Pugettia intermedia*) 등이 관찰되었다. 게류

다음으로 중요한 먹이생물은 어류, 생이류, 두족류, 단각류 순이었다(Table 1). 세 해역에서 주로 출현한 먹이 생물 외의 복족류, 이매패류 등과 같은 먹이생물들은 2.0% 이하의 상대중요도지수비를 나타내 그 양은 많지 않았다.

위 내용물 분석자료에 대한 도해적 방법을 통해 쥐노래미의 섭식형태와 섭식 전략을 파악한 결과(Fig. 2), 인천과 군산은 대부분의 먹이생물이 그래프의 왼쪽 상단에 위치하여, 각 개체가 여러 종류의 먹이생물을 개별적으로 섭식하는 양상을 보였다. 흑산도의 경우에도, 두족류와 어류가 특정먹이생물우점도가 비교적 높았지만, 대부분의 먹이생물이 그래프의 왼쪽 하단을 중심으로 위치해 있었다. 즉, 쥐노래미 먹이생물의 출현빈도에 대한 prey-specific abundance 분석 결과, 주요 먹이생물이 지정되어 있지 않고 각 개체가 다양하게 섭식하면서 세 해역의 개체군 모두 섭식폭이 넓게 나타난 것을 보아 쥐노래미는 generalist predator임을 확인할 수 있었다.

크기군별 위 내용물 조성의 변화

세 해역 쥐노래미의 크기군별 위 내용물의 변화를 파악하기 위해 5 cm 간격으로 나뉜 총 4개의 크기군을 상대중요도지수비를 기준으로 하여 분석하였다. 세 해역 모두 생이류와 게류가 주요 먹이생물로 출현하였지만 크기군별로 비교해보면 <20 cm의 크기군에서는 인천 38.0%, 군산 29.1%, 흑산도 12.1%로 단각류가 주요 먹이생물 중 하나로 나타났다. 또한 성장함에 따라 단각류의 비율은 감소하고 두족류와 어류의 섭식 비율이 증가하는 것으로 나타났다(Fig. 3).

크기군별 쥐노래미의 개체당 평균 먹이생물 개체수와 개체당

Table 1. Stomach contents composition of fat greenling *Hexagrammos otakii* from Incheon, Gunsan, Heuksando

Prey organisms	Incheon					Gunsan					Heuksando				
	%F	%N	%W	IRI	%IRI	%F	%N	%W	IRI	%IRI	%F	%N	%W	IRI	%IRI
Polychaeta	3.8	2.5	0.9	13.1	0.3	1.9	2.1	0.5	4.8	+	6.0	3.2	2.1	31.6	0.7
<i>Perinereis linea</i>	1.4	1.4	0.6			0.9	0.5	0.5			1.8	1.0	1.6		
<i>Acrocirrus validus</i>											0.5	0.2	+		
<i>Cirratulus cirratus</i>	0.5	0.6	0.2								0.5	0.2	+		
<i>Sternaspis scutata</i>											0.5	0.2	+		
Nereidae	0.5	+	+			0.5	0.3	+			0.5	0.2	+		
Serpulidae						0.5	1.3	+			0.5	0.2	+		
Capitellidae											0.5	0.2	+		
Sabellidae											0.5	0.2	0.2		
Unidentified	1.4	0.4	+								1.4	0.7	+		
Gastropoda	6.7	2.4	3.2	37.2	0.9	3.8	3.6	1.7	19.9	0.5	0.9	0.7	+	0.7	+
<i>Mitrella bicincta</i>	3.8	1.5	0.5			2.3	2.8	0.8			0.9	0.7	+		
Unidentified	2.9	0.8	2.7			1.4	0.8	0.9							
Bivalvia	3.3	1.0	3.2	13.8	0.4	0.5	0.5	0.6	0.5	+	0.5	0.2	+	0.2	+
<i>Modiolus kuriensis</i>	0.5	+	0.3			0.5	0.5	0.6			0.5	0.2	+		
Unidentified	2.9	0.8	2.9												
Cephalopoda	8.6	2.5	7.9	88.9	2.3	6.6	3.6	8.9	82.2	2.2	15.1	8.1	27.2	534.8	12.6
<i>Amphioctopus fangsiao</i>	1.0	0.3	2.7												
Loliginidae	0.5	+	0.4												
Unidentified	7.1	2.1	4.8												
Amphipoda	8.1	36.6	4.5	332.8	8.4	0.9	0.5	+	0.5	+	9.2	10.0	+	92.9	2.2
Caprellidae	3.8	25.9	3.6												
Gammaridae	4.3	10.7	0.9			0.5	0.3	+			6.4	6.6	+		
Unidentified						0.5	0.3	+			2.8	3.4	+		
Isopoda	1.0	1.1	0.4	1.5	+						2.3	2.0	0.2	5.0	+
<i>Cleantiella isopus</i>	0.5	1.0	0.4												
<i>Holotelson tuberculatus</i>											2.3	2.0	0.2		
Unidentified	0.5	+	+												
Anomura	14.8	13.0	2.6	229.8	5.8	18.3	24.6	2.9	504.1	13.2	4.6	3.4	1.9	24.3	0.6
<i>Petrolisthes japonicus</i>						4.2	6.5	0.3							
<i>Hapalogaster dentata</i>											0.5	0.2	0.2		
<i>Pachycheles stevensii</i>											2.3	2.2	0.4		
<i>Pisidia serratifrons</i>	13.8	12.7	2.1			13.6	17.6	2.6			0.5	0.2	+		
Unidentified	1.0	0.3	0.6			0.5	0.5	+			1.4	0.7	1.2		
Caridea	27.1	11.1	8.3	528.9	13.4	35.7	28.5	18.3	1,668.9	43.8	27.1	23.3	9.0	872.7	20.6
<i>Pandalus gracilis</i>	5.7	2.2	0.5			10.8	12.4	1.6			1.4	0.7	0.2		
<i>Alpheus japonicus</i>	2.9	0.8	0.6			2.3	1.6	1.0							
<i>Alpheus digitalis</i>											0.5	0.2	+		
<i>Leptocheila gracilis</i>	1.9	0.6	+			1.9	1.6	+							
<i>Latreutes planirostris</i>	1.9	0.7	+			1.4	1.0	0.2			0.5	0.2	+		
<i>Latretus anoplonyx</i>	1.9	0.6	+								1.8	2.2	+		
<i>Heptacarpus futilirostris</i>	0.5	+	+								0.5	0.2	+		
<i>Eualus spathulirostris</i>						0.9	0.5	+			1.4	0.7	+		
<i>Palaemon gravieri</i>											0.9	1.7	0.7		

%F, Frequency of occurrence; %N, Number of individuals; %W, Dry weight; %IRI, Index of relative importance.

Table 1. Continued

Prey organisms	Incheon					Gunsan					Heuksando				
	%F	%N	%W	IRI	%IRI	%F	%N	%W	IRI	%IRI	%F	%N	%W	IRI	%IRI
<i>Palaemon macrodactylus</i>	0.5	+	+												
<i>Crangon affinis</i>											0.5	0.2	+		
Unidentified	11.9	6.0	6.8			18.3	11.4	15.3			19.7	16.9	7.8		
Penaeidae	0.5	+	0.3	0.2	+	9.9	7.0	36.6	430.1	11.3	1.4	2.9	0.8	5.1	+
<i>Metapenaeopsis dalei</i>	0.5	+	0.3			3.3	3.4	9.1			1.4	2.9	0.8		
<i>Batepenaeopsis tenella</i>						6.6	3.6	27.5							
Brachyura	40.0	17.0	24.8	1,671.4	42.3	29.6	18.1	10.5	847.7	22.2	35.3	21.1	18.4	1,395.7	32.9
<i>Sphaerozius nitidus</i>	3.8	1.1	3.8			1.9	1.8	1.9							
<i>Pilumnus minutus</i>	7.6	3.9	3.6			1.9	1.0	0.4			2.8	1.7	0.7		
<i>Leptodius affinis</i>						0.5	0.3	0.4							
<i>Gaetice depressus</i>	1.9	0.6	0.4			0.5	0.3	+							
<i>Pachygrapsus crassipes</i>											0.5	0.2	1.7		
<i>Hemigrapsus sanguineus</i>	0.5	0.4	0.4												
<i>Hemigrapsus penicillatus</i>	0.5	+	+												
<i>Hemigrapsus longitarsis</i>	1.0	0.3	0.2												
<i>Parasesarma pictum</i>	0.5	0.4	+												
<i>Glebocarcinus amphioetus</i>						0.9	0.5	+							
<i>Charybdis bimaculata</i>						0.9	0.5	0.5							
<i>Charybdis japonica</i>						0.5	0.3	0.4							
<i>Scyra quadridens</i>	6.7	2.8	4.7			1.9	1.3	0.8			0.5	0.2	1.0		
<i>Hyastenus diacanthus</i>	1.0	0.3	0.7								6.4	3.4	3.1		
<i>Pugettia intermedia</i>						0.5	0.3	+			1.4	1.5	2.2		
<i>Achaeus tuberculatus</i>						0.5	0.3	+							
Unidentified	16.7	7.1	10.8			19.7	11.7	5.9			23.9	14	9.8		
Pisces	21	6.3	41.6	1,003.7	25.4	8.9	4.9	18.0	204	5.4	22.9	12.7	38.1	1,166.9	27.5
<i>Pholis fangi</i>	2.9	0.8	4.4			0.9	0.5	2.2							
<i>Engraulis japonicus</i>	1.4	0.4	5.1								0.9	0.5	3.0		
<i>Setipinna tenuifilis</i>											0.5	0.2	3.1		
<i>Trichiurus lepturus</i>	0.5	0.3	1.3								0.5	0.2	3.6		
<i>Jaydia lineata</i>															
Scorpaenidae	1.0	0.3	3.3								0.5	0.2	0.9		
Unidentified	15.2	4.5	27.6			8.0	4.4	15.8			20.6	11.5	27.4		
Seaweed	2.9	0.8	1.7	7.2	0.2	3.3	1.8	0.9	9.1	0.2	6.4	3.4	1.3	30.2	0.7
<i>Codium fragile</i>											0.5	0.2	+		
Unidentified											6.0	3.2	1.2		
Unidentified eggs	3.3	5.6	0.6	20.5	0.5	7.5	4.4	1.1	41.7	1.1	11	6.1	0.7	74.9	1.8
Others						0.5	0.3	+	+	+	2.3	2.7	+	6.4	0.2
Total	100	100	3,949.0	100		100	100	3,813.7	100		100	100	4,241.3	100	

%F, Frequency of occurrence; %N, Number of individuals; %W, Dry weight; %IRI, Index of relative importance.

평균 먹이생물 건조 중량을 분석한 결과(Fig. 4), 쥐노래미의 크기별 개체당 평균 먹이생물 개체수는 세 해역 모두 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(mN/ST, One-way ANOVA, Incheon: F=1.160, P>0.05; Gunsan: F=0.834, P>0.05; Heuk-

sando: F=1.431, P>0.05). 그러나 쥐노래미의 크기별 개체당 평균 먹이 건조 중량은 세 해역 모두 큰 크기군으로 갈수록 증가하는 경향을 보였으며, 그 중 인천과 흑산도는 통계적으로도 유의한 차이를 보였다(mW/ST, One-way ANOVA, Incheon:

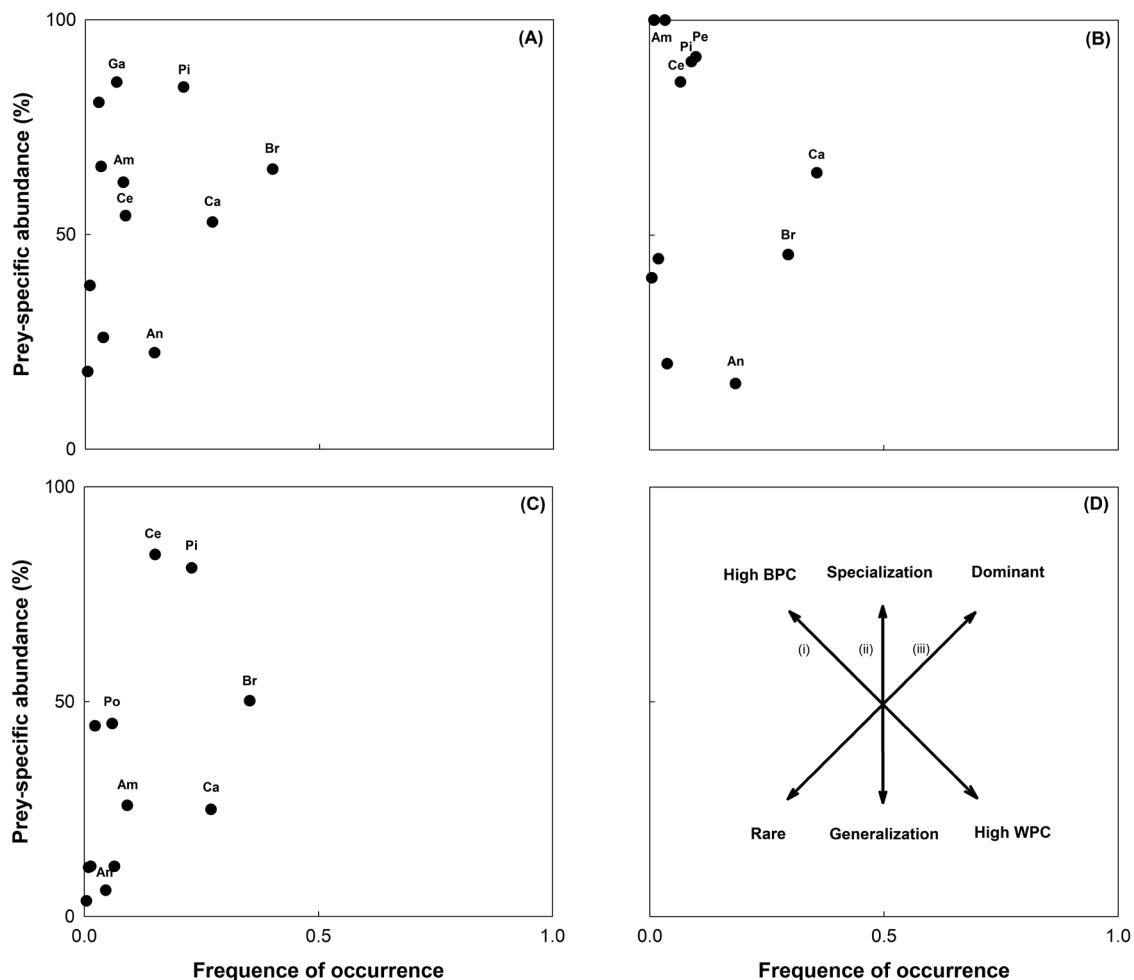


Fig. 2 Graphical representation of feeding patterns of fat greenling *Hexagrammos otakii* in three coastal regions (A, Soijakdo, Incheon; B, Gunsan, Jeonbuk-do; C, Heuksando, Jeollanam-do) and explanatory diagram for interpretation of niche width contribution [Axis i, with-in phenotypic component (WPC) or between phenotypic component (BPC)], feeding strategy (Axis ii), and prey importance (Axis iii)(D). Prey taxa abbreviations: Am, Amphipoda; An, Anomura; Br, Brachyura; Ca, Caridea; Ce, Cephalopoda; Ga, Gastropoda; Pi, Pisces.

$F=14.850$, $P<0.05$; Gunsan: $F=2.021$, $P>0.05$; Heuksando: $F=4.765$, $P>0.05$).

계절별 위 내용물 조성의 변화

세 해역 쥐노래미의 계절별 위 내용물의 변화를 파악하기 위해 사계절(봄, 3~5월; 여름, 6~8월; 가을, 9~11월; 겨울, 12~2월)로 나누어 상대중요도지수비를 기준으로 하여 분석하였다(Fig. 5). 인천의 계절별 위 내용물 조성은 주로 계류가 상대중요도지수비를 기준으로 하여 비율이 가장 높았지만, 고수온기인 여름과 가을에는 단각류와 새우의 비율이 겨울보다 높고 저수온기에는 어류의 섭식 비율이 높은 것으로 나타났다. 군산 해역은 주로 생이류, 계류, 보리새우류 등 십각류가 상대중요도지수비를 기준으로 하여 대부분 비율을 차지하였지만, 겨울에는 어류의 섭식 비율이 높은 것으로 나타났다. 흑산도는 주로 생이류, 계

류, 두족류, 어류 등이 상대중요도지수비를 기준으로 하여 대부분 비율을 차지하였으며 특히 저수온기인 봄과 겨울에는 어류의 섭식 비율이 높은 것으로 나타났다.

계절별 개체당 평균 먹이생물의 개체수와 건조 중량의 변화를 분석한 결과(Fig. 6), 개체당 평균 먹이생물의 개체수는 세 해역 모두 고수온기인 여름과 가을에는 개체수가 많고 저수온기인 봄과 겨울에는 비교적 적게 나타났으며, 통계적으로도 유의한 차이를 보였다(mN/ST, One-way ANOVA, Incheon: $F=3.356$, $P<0.05$; Gunsan: $F=10.603$, $P<0.05$; Heuksando: $F=4.012$, $P<0.05$). 개체당 평균 먹이생물의 중량은 군산과 흑산도는 유의한 차를 보이지 않은 반면, 인천은 통계적으로 유의한 차이를 보였다(mW/ST, One-way ANOVA, Incheon: $F=5.398$, $P<0.05$; Gunsan: $F=2.645$, $P>0.05$; Heuksando: $F=2.582$, $P>0.05$).

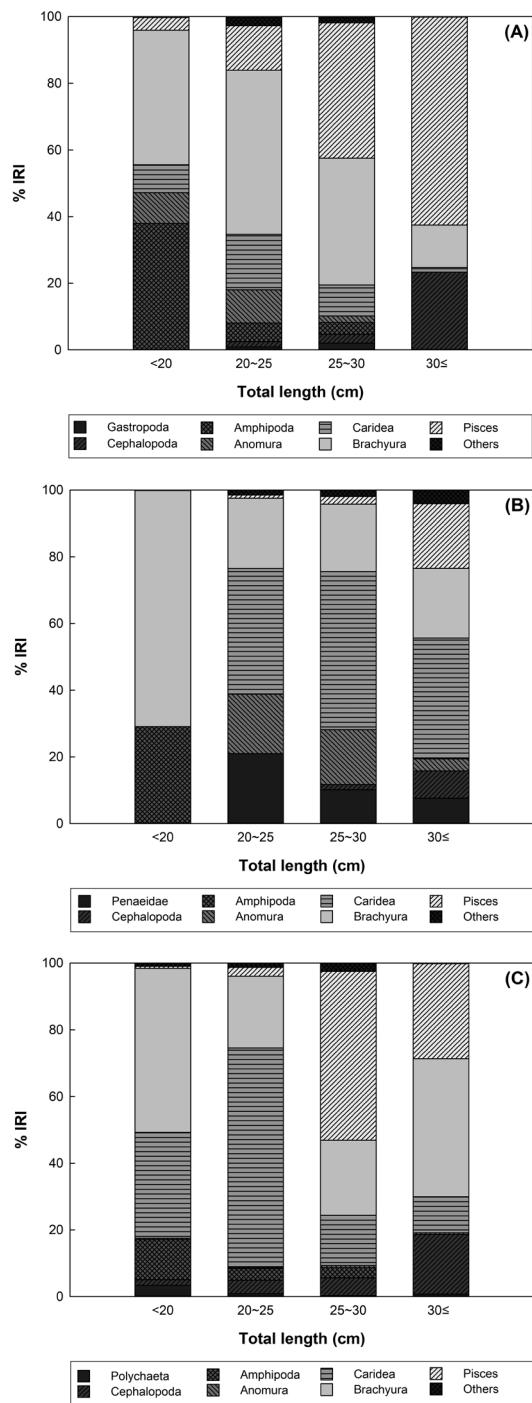


Fig. 3. Size-class variation in the diet composition of fat greenling *Hexagrammos otakii* from three regions based on index of relative importance (%IRI): Soijakdo, Incheon (A), Gunsan, Jeonbuk-do (B) and Heuksando, Jeollanam-do (C). Sample sizes (n) for each size class in the respective regions are as follows: A – <20 cm (n = 32), 20–25 cm (n = 103), 25–30 cm (n = 67), ≥30 cm (n = 8); B – <20 cm (n = 2), 20–25 cm (n = 42), 25–30 cm (n = 113), ≥30 cm (n = 56); C – <20 cm (n = 18), 20–25 cm (n = 46), 25–30 cm (n = 96), ≥30 cm (n = 58).

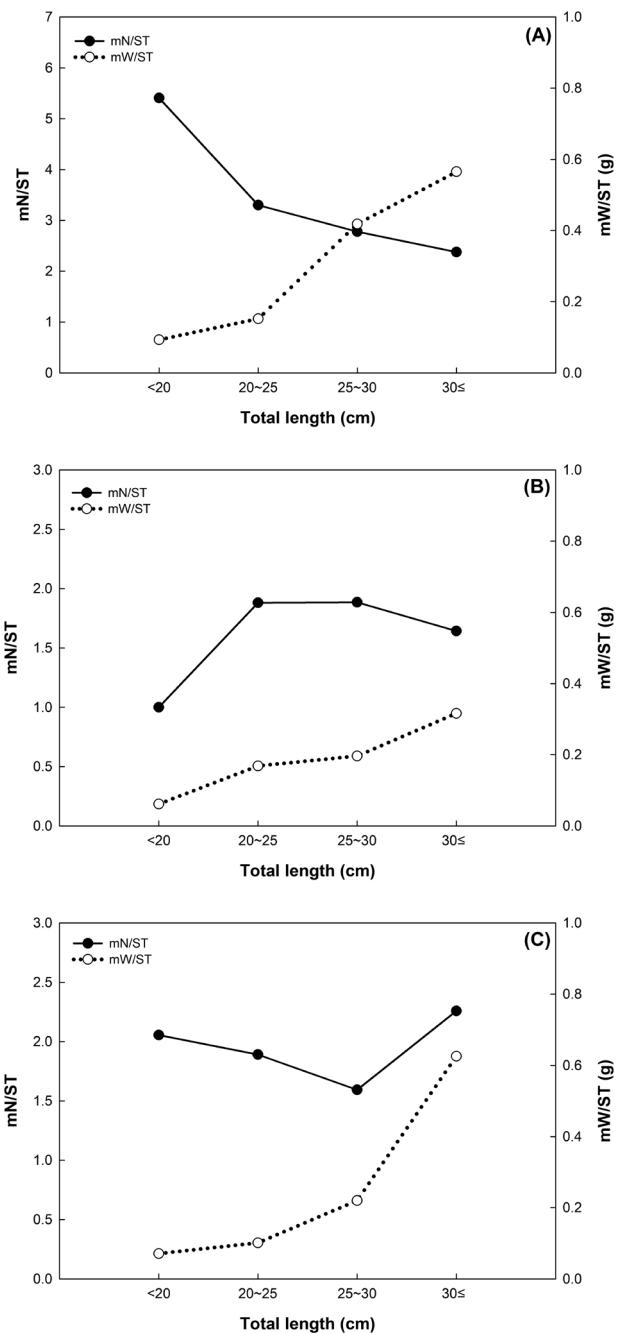


Fig. 4. Variation in the mean number of prey items per stomach (mN/ST) and mean dry weight of prey items per stomach (mW/ST) of fat greenling *Hexagrammos otakii* across size classes in three regions: Soijakdo, Incheon (A), Gunsan, Jeonbuk-do (B) and Heuksando, Jeollanam-do (C).

해역별 위 내용물 조성 비교

해역 간의 쥐노래미의 섭식관계를 PERMANOVA로 분석한 결과(Table 2), 쥐노래미의 위내용물 조성은 해역별로 유의한

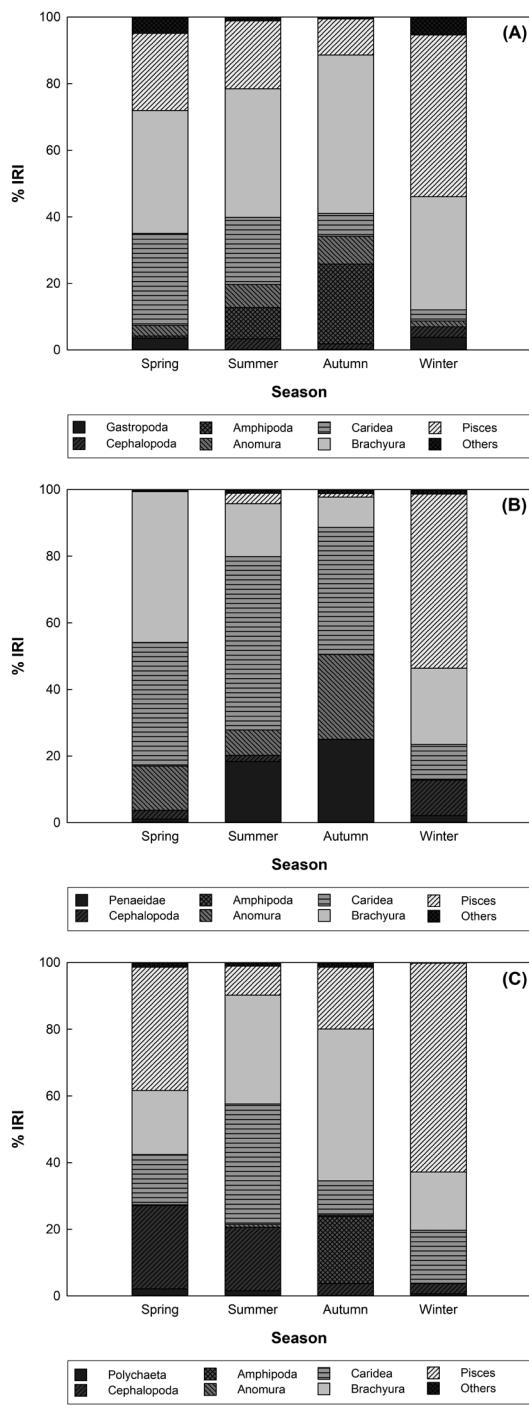


Fig. 5. Seasonal variation in the diet composition of fat greenling *Hexagrammos otakii* from three regions based on index of relative importance (%IRI): Soijakdo, Incheon (A), Gunsan, Jeonbuk-do (B) and Heuksando, Jeollanam-do (C). Sample sizes (n) for each season in the respective regions are as follows: A – Spring (n=46), Summer (n=72), Fall (n=52), Winter (n=40); B – Spring (n=47), Summer (n=55), Fall (n=61), Winter (n=50); C – Spring (n=45), Summer (n=64), Fall (n=63), Winter (n=45).

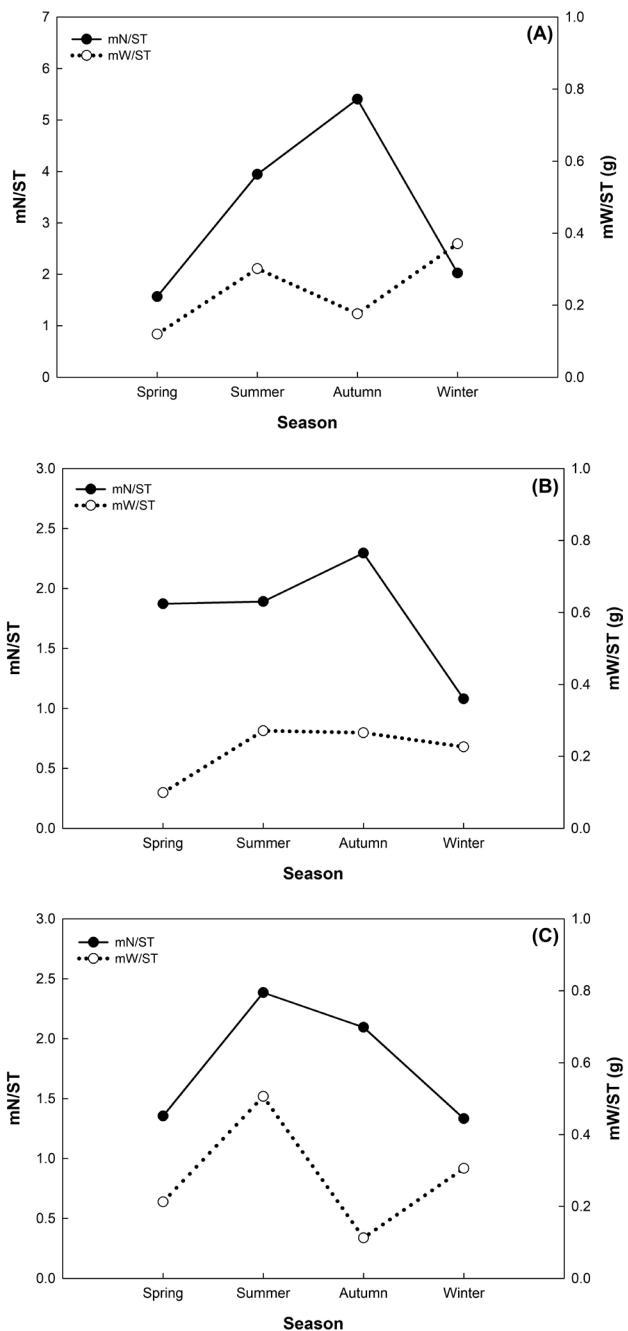


Fig. 6. Variation in the mean number of prey items per stomach (mN/ST) and mean dry weight of prey items per stomach (mW/ST) of fat greenling *Hexagrammos otakii* from three regions across seasons: Soijakdo, Incheon (A), Gunsan, Jeonbuk-do (B) and Heuksando, Jeollanam-do (C).

차이를 나타냈다($P=0.001$). COV 값은 78.034로 비교적 높은 값을 보였고 이는 해역 간 변동성이 있으며 즉, 해역 간 식성 차이가 뚜렷하다는 것을 보여준다. PERMANOVA 사후 분석에

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 *Hexagrammos otakii*

Source	df	MS	Pseudo-F	COV	p (perm)
Region	2	20643	5.1971	78.034	0.001
Residual	638	3972.1	-	3972.1	-

Table 3. Results of pairwise PERMANOVA tests for dietary composition among regions

Groups	t	p (perm)
Incheon, Gunsan	2.2755	0.010*
Incheon, Heuksando	1.7420	0.013*
Gunsan, Heuksando	2.7069	0.010*

Table 4. SIMPER analysis showing the prey taxa that contribute the most to dietary differences between fat greenling *Hexagrammos otakii* from Incheon and Gunsan

Prey taxa	Average dissimilarity	Dissimilarity s.d.	Contribution (%)	Cumulative (%)
Brachyura	18.65	0.86	22.25	22.25
Caridea	16.97	0.79	20.23	42.48
Pisces	10.67	0.56	12.72	55.20
Anomura	9.89	0.55	11.80	67.00
Other	8.71	0.48	10.39	77.39

Table 5. SIMPER analysis showing the prey taxa that contribute the most to dietary differences between fat greenling *Hexagrammos otakii* from Incheon and Heuksando

Prey taxa	Average dissimilarity	Dissimilarity s.d.	Contribution (%)	Cumulative (%)
Brachyura	18.81	0.88	22.75	22.75
Caridea	14.54	0.72	17.59	40.34
Pisces	13.80	0.69	16.69	57.03
Other	9.92	0.54	12.00	69.03
Cephalopoda	8.42	0.49	10.19	79.22

서도 인천-군산, 인천-흑산도, 군산-흑산도 간 모두 유의한 차이를 나타내(Table 3), 세 해역 각각에서 쥐노래미의 섭식 양상이 서로 상이하다는 것을 통계적으로 확인할 수 있었다.

SIMPER 분석 결과 위 내용물 조성의 dissimilarity는 인천과 군산 83.85%, 인천과 흑산도 82.68%, 군산과 흑산도 84.68%였으며, 각 비교군별로 5개의 분류군이 위 내용물 조성 차이에 누적 70% 이상으로 기여하였다(Table 4, Table 5, Table 6). 먹이분류군에는 Brachyura, Caridea, Pisces, Anomura, Cepha-

lopoda, other가 나타났고 각각 약 10% 이상의 기여도를 보였다.

고 찰

이번 연구에서 쥐노래미의 공복률은 인천은 41.1%, 군산은 46.1%, 흑산도는 42.1%였다. 선행 연구에서의 공복률은 삼천포(Kim and Kang, 1997)는 23.7%, 장봉도(Seo and Hong, 2007)는 2.4%, 여수(Jung et al., 2022)는 32.3%, 인천(Roh et al., 2023)은 44.7%로 본 연구에서의 공복률이 비교적 높게 나타났다(Table 7). 이때 공복률이 높게 나타난 것은 분석이 진행될 때까지 어체 내에서 소화가 계속 이루어지기 때문에 높은 공복률을 보일 수도 있지만, 대부분의 육식성 어종이 어류를 섭식할 때는 다른 먹이생물들보다 높은 영양학적 가치를 지녀 지속적으로 섭식할 필요성이 적거나 소화가 빨리 이루어졌을 가능성이 고려해야 한다(Ellis et al., 1996; Farias et al., 2006; Jung et al., 2022). 또한 본 연구의 쥐노래미 샘플은 통발로 어획된 것으로 이는 어획 시점, 보존 조건 등의 차이로 복합적으로 영향을 미쳤을 가능성이 있다.

위 내용물을 분석한 결과, 인천의 경우 42.3%의 상대중요도 지수비를 나타낸 계류가 주 먹이생물이며, 그다음은 어류가 25.4%, 생이류가 13.4%, 단각류 8.4% 순으로 상대중요도지수비를 나타냈다. 군산의 경우 43.8%의 생이류가 주 먹이생물이며 그다음으로 계류가 22.2%, 집계류가 13.2%, 보리새우류가 11.3%의 상대중요도지수비를 나타냈다. 흑산도의 경우 32.9%의 계류가 주먹이생물이며, 그다음은 어류가 27.5%, 생이류가 20.6%, 두족류가 12.6%의 상대중요도지수비를 나타냈다. 그 외에 세 해역에서 다모류(갯지렁이류), 이매패류, 해조류 등은 출현하였지만 상대중요도지수비가 높게 나타나지는 않았다. 선행 연구의 경우에는 삼천포(Kim and Kang, 1997), 장봉도(Seo and Hong, 2007), 보령과 태안(Choi et al., 2017)에서는 단각류, 여수(Jung et al., 2022)에서는 계류, 인천 연안(Roh et al., 2023)에서는 복족류 등을 주로 섭식하는 것으로 나타났다(Table 7). 따라서 쥐노래미는 계류나 새우류를 주로 섭식하면서도 단각류, 어류, 두족류 등을 섭식하는 저서 육식성어류(bot-

Table 6. SIMPER analysis showing the prey taxa that contribute the most to dietary differences between fat greenling *Hexagrammos otakii* from Gunsan and Heuksando

Prey taxa	Average dissimilarity	Dissimilarity s.d.	Contribution (%)	Cumulative (%)
Caridea	17.13	0.79	20.22	20.22
Brachyura	17.02	0.79	20.10	40.32
Pisces	11.89	0.60	14.04	54.36
Other	11.05	0.57	13.05	67.41
Cephalopoda	8.36	0.47	9.87	77.28

tom carnivorous fish)로 판단된다.

일반적인 어류에서는 성장함에 따라 몸의 형태와 생태가 바뀌고 작은 체장에서 섭식할 수 없었던 노력 당 에너지 효율이 더 높은 먹이를 섭식할 수 있게 된다(Wainwright and Richard, 1995; Baeck et al., 2012a). 그리고 어류는 성장함에 따라 먹이 전환을 하는 것으로 알려져 있으며(Huh et al., 2009), 이러한 먹이 전환은 다양한 종과 크기군이 공존하는 환경 속에서 종 내 먹이 경쟁을 감소시키는 기작으로 작용한다(Langton, 1982; Baeck et al., 2012a). 성장에 따른 먹이생물의 변화 양상을 살펴본 결과, 인천과 흑산도의 경우 20 cm 미만과 20~25 cm의 크기군에서는 게류나 생이류가 섭식 비율의 대부분을 차지하고 있지만 25~30 cm, 30 cm 이상의 크기군에서는 그 비율이 줄어들고 어류의 비율이 증가하는 양상을 나타냈다. 이는 작은 크기의 먹이생물을 여러 차례 섭식하는 것보다는 한 번에 큰 크기의 먹이생물을 섭식하는 것이 에너지 효율을 높이는데 유리하기 때문인 것으로 판단된다(Baeck et al., 2012b). 쥐노래미는 게류나 생이류에서 어류로 먹이 전환이 발생함에 따라 크기별 개체당 평균 먹이생물 개체수(mN/ST)는 인천과 흑산도의 경우를 보면 통계적으로 유의한 차이는 없었지만($P>0.05$), 평균 먹이생물 중량(mW/ST)은 유의한 차이가 나타났다($P<0.05$). 어류가 성장함에 따라 섭식하는 먹이생물의 변화 형태는 일반적으로 2가지로 나뉘는데, 첫 번째, 유사한 먹이생물을 섭식하며 개체수를 증가시켜 섭식하는 형태, 두 번째, 작은 크기의 먹이생물에서 큰 크기의 먹이생물로 먹이 전환을 하는 형태로 나타나게 된다(Baeck et al., 2010; Kang et al., 2023). 쥐노래미는 두 번째의 경우로 성장함에 따라 크기가 큰 어류를 섭식함으로써 요구되는 에너지를 획득하고, 영양 측면에서 에너지 효율을 높이는 것으로 판단되며 또한 성장함에 따라 유영 능력이 향상되어 더 쉽게 어류를 포획한 것으로 보인다. 또한 선행 연구 중 삼천포(Kim and Kang, 1997), 장봉도(Seo and Hong, 2007), 보령과 태안(Choi et al., 2017)에서는 어획된 쥐노래미의 크기가 0~1세에 속하는 20 cm 미만의 작은 크기가 많았고 단각류의 섭

식 비율이 높게 나타나 본 연구와 유사한 양상을 보였고, 단각류에서 새우류, 어류 등 큰 먹이생물로의 먹이 전환을 언급하였다. 이는 아직 성장하지 않은데 따라 입 크기나 포획, 유영 능력이 크기가 큰 개체와 다를 수 있고 이에 따라 단각류를 주로 섭식한 것으로 판단된다. 그러나 본 연구에서는 20 cm 미만의 개체수가 적어 세 해역 모두에서 뚜렷한 단각류→새우류의 먹이 전환을 확인할 수는 없었기에 추후에는 작은 크기의 쥐노래미를 확보하여 추가적인 연구가 진행될 필요가 있을 것으로 생각된다.

계절별 섭식 특성의 경우 연중 계류, 생이류가 주로 나타났지만, 겨울에는 세 해역 모두 어류가 가장 많은 섭식 비율을 차지하고 있었으며, 이는 겨울에 출현하는 먹이생물의 종 수는 적고, 겨울철은 쥐노래미의 산란기로 높은 에너지를 필요로 하므로 적은 노력량으로 최대의 효율을 높여 에너지를 축적하기 위해 어류를 주로 섭식한 것으로 판단된다. 또한 계절별 개체당 평균 먹이 개체수(mN/ST)가 유의한 차이를 보였으며($P<0.05$) 이는 다른 계절과 달리 단각류의 섭식량이 많았던 가을철에는 평균 먹이 개체수가 많아서 나타난 결과로 보인다.

쥐노래미는 해역과 해양생태계마다 주 먹이생물을 달리하였고, 다변량 분석에서도 세 해역의 쥐노래미 위내용물 조성에서 유의한 차이가 있음을 확인하였다(PERMANOVA, $P<0.05$). 채집해역 간 먹이생물 조성 차이를 보이는 것은 해역 내의 먹이 가용성(prey availability)의 차이에 의해 나타난 결과로 판단되며, 이처럼 해역별로 식성에 차이를 보이는 정착성이자 잡식성 어종으로는 개서대(Choi et al., 2025)와 황아귀(Kim et al., 2022) 등이 있다. 이들 역시 지역별로 먹이 조성에 차이를 보이는 것으로 알려져 있어, 본 연구 결과와 유사한 생태적 경향을 나타낸다.

계절변화와 개체의 크기의 요인 외에도 서식 환경 등 여러 요인도 쥐노래미의 먹이생물 조성에 대하여 영향을 줄 것으로 판단된다(Son et al., 2022). 따라서 같은 해역에서 서식하는 다른 어종들과의 먹이 경쟁으로 인한 쥐노래미의 먹이생물 변동도 고려해야 한다. 쥐노래미와 같은 정착성 어종 중 노래미(Kim

Table 7. Comparison of feeding habits of fat greenling *Hexagrammos otakii* in this study and previous studies

	Present study		Kim and Kang (1997)		Seo and Hong (2007)		Choi et al. (2017)	Jung et al. (2022)	Roh et al. (2023)
Sample area	Incheon	Gunsan	Heuksando	Samchenpo	Incheon	Boryeong, Taean	Yeosu	Incheon	
Sampled year	22.07-23.06	22.07-23.06	22.07-23.06	84.02-85.09	99.11-99.12 00.05-00.12	08.04-08.07, 08.11	09.07-10.12	20.03-21.02	
Number of samples	467	432	451	584	124	99	508	376	
Ratio of empty stomach (%)	41.1	46.1	42.1	23.7	2.4	-	32.3	44.7	
Size (cm)	10.0-33.4	18.7-40.3	15.7-50.1	-	5.9-24.0	5.6-32.4	10.7-41.5	17.4-41.4	
Dominant taxa	1. Braychura 2. Pisces	1. Caridea 2. Braychura	1. Braychura 2. Pisces	Amphipoda	Amphipoda	1. Amphipoda 2. Pisces	1. Brachyura 2. Amphipoda	1. Gastropoda 2. Pisces	

and Kang, 1986), 볼락(Kim et al., 2009)은 주 먹이생물이 단각류였으며, 조피볼락(Park et al., 2007), 쏨뱅이(Baeck et al., 2011)는 어류를 주로 섭식하는 것으로 나타났다. 또한 본 연구 해역과 같은 서해에 서식하는 어종 중 참홍어(Jeong et al., 2018), 대구(Choi et al., 2019), 갈치(Seong et al., 2022), 붕장어(Kang et al., 2023)는 주 먹이생물이 어류였으며 특히 멸치나 까나리, 반지 등을 섭식하며, 눈강달이(Ko et al., 2019)는 난바다곤쟁이류, 용가자미(Choi et al., 2021)는 거미불가사리, 참서대(Koh et al., 2023)는 단각류 등 쥐노래미와 먹이 습성을 달리 하는 것으로 나타났다. 물론 어종마다 주로 서식하는 수심이 차이를 보여 서식 수심에 따른 먹이 경쟁을 피하는 것도 배제할 수 없지만(Yang et al., 2013), 이렇게 먹이 습성이 차이를 보이는 것은 쥐노래미가 다른 어종과 주 먹이생물을 달리하고, 잡식성으로 먹이 다양성을 높임으로써 우리나라 연안에 정착하여 살 수 있는 메커니즘이 될 수 있는 것으로 추정된다. 즉, 선행 연구에서도 말하듯(Jung et al., 2022), 쥐노래미는 기회주의적 섭식자(opportunistic feeder)라고 할 수 있을 것이다. 이에 따라 본 연구에서도 해역마다 다양한 먹이생물 종이 나타났고 다변량 분석으로 세 해역을 비교했을 때에도 유의한 차이가 나타난 것으로 보인다. 한편, 세 해역 간 쥐노래미의 식성 차이는 단순한 먹이 가용성 외에도 각 해역의 환경적 특성이 반영된 결과일 수도 있다. 선행연구 중 인천 근처인 장봉도는 단각류, 인천 연안에서는 복족류가 본연구에서는 계류와 새우류가 주요 먹이로 확인되었다. 이처럼 가까운 해역에서도 주 먹이생물에 차이를 보이는 것에는 먹이 가용성 뿐만 아니라 연안 개발 등 인위적 교란에 따른 서식처 변화도 고려되어야 할 것이다. 또한 이는 쥐노래미의 섭식 유연성을 바탕으로 해양 환경 변화에 적응하고 있음을 보여준다. 다만 본 연구는 해역별 환경 자료 등에 대해 직접 측정이 포함되지 않았기 때문에 이러한 해석에는 제한이 따른다. 따라서 추후 연구에서는 어획시점, 개체 크기, 분석 시기 뿐만 아니라 환경 요인이 해역별 계절 변화에 따라 식성 차이를 유발하는지를 보다 정밀하게 분석할 필요가 있다.

군산 해역의 경우 모든 크기군에서 계류나 생이류를 섭식하여 먹이 전환이 나타나지 않았다. 또한 크기군별 평균 먹이생물 개체수와 중량이 유의한 차가 나타나지 않고 인천, 흑산도 해역과는 달리 공복률도 높게 나타났다. 이는 시료를 구하는 과정에서 인천과 흑산도는 어획된 직후 바로 냉동시켰고 군산은 어판장에서 구입하는 과정을 거치게 되면서 다른 해역보다 분석하는데까지 시간이 더 소요되면서 계류나 생이류와 같이 소화가 느린 먹이생물이 주로 분석된 것으로 판단된다. 또한 모든 해역에서 각 계절, 크기군마다 최소 5개체 이상을 확보하여 비교 분석하였으나, 군산 해역에서 20 cm 미만의 크기군은 단 2개체만 분석되었고, 출현한 분류군이 계류와 단각류뿐이었다. 이는 경향성 수준에서 해석되어야 할 것으로 보이며 어류의 식성 연구는 크기별, 계절별로 개체수를 다양하게 확보하고 시료를 구하는 과정에서도 위 내용물이 소화되는 점을 유의해야 한다.

본 연구에서는 쥐노래미가 다양한 해역에서 저서 무척추동물과 어류를 섭식하는 잡식성 어종으로 성장과 계절에 따라 섭식 전략이 변화함을 확인하였다. 이러한 섭식 특성은 쥐노래미가 해역 환경에 따라 유연하게 자원을 활용할 수 있는 종임을 보여주며, 해역 생태계 내에서 쥐노래미가 포식자로서 기능하며 먹이망 구조에 중요한 역할을 할 수 있음을 보여준다. 또한 기존 인천, 삼천포, 장봉도 등에서 수행된 연구들과 비교했을 때 주요 먹이생물의 조성에 있어 차이를 확인하였으며 이는 해양 환경 변화 또는 인위적 교란에 대한 생태적 반응일 가능성이 있다. 따라서 쥐노래미는 우리나라 연안 생태계 전반에서 높은 섭식 유연성을 바탕으로 환경 변화에 적응하고 있으며, 한국 연안에서 서식하는 정착성 어류 중에서도 특히 다양한 먹이원을 활용하는 기회주의적 섭식자로서의 특성을 나타낸다. 향후에는 더 넓은 해역과 다양한 크기군을 포함한 조사 및 환경 요인을 분석하여 장기적으로 모니터링함으로써 이를 통해 연안 생태계의 구조적 변화 파악, 연안 어류의 자원 관리 및 생태계 기반 어업 관리에 있어 쥐노래미를 활용할 수 있을 것이다.

사 사

이 논문은 국립군산대학교 수산과학연구소 학술연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

References

- Amundsen PA, Gabler HM and Stalder 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>.
- Anderson MJ, Gorley RN and Clarke KR. 2008. PERMANOVA+ for PRIMER: Guide to software and statistical methods. PRIMER-E, Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, U.K., 214.
- Baeck GW, Park CI, Jeong JM, Kim MC, Huh SH and Park JM. 2010. Feeding habits of *Chaenogobius gulosus* in the coastal waters of Tongyeong, Korea. *Korean J Ichthyol* 22, 41-48.
- Baeck GW, Park JM, Jeong JM, Ye SJ and An YS. 2012a. Feeding habits of black scraper, *Thamnaconus modestus* in the coastal waters of Geomun-do, Korea. *Korean J Ichthyol* 24, 272-277.
- Baeck GW, Park JM, Ye SJ, Jeong JM and An YS. 2012b. Feeding habits of *Hoplobrotula armata* in the coastal waters of Geomun-do, Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 45, 372-378. <https://doi.org/10.5657/kfas.2012.0372>.
- Baeck GW, Yeo YM, Jeong JM, Park JM and Huh SH. 2011. Feeding habits of scorpion fish, *Sebastiscus marmoratus*, in the coastal waters of Tongyeong, Korea. *Korean J Ichthyol* 23, 128-134.
- Choi HC, Huh SH and Park JM. 2017. Size-related and tem-

- poral dietary variations of *Hexagrammos otakii* in the mid-western coast of Korea. Korean J Ichthyol 29, 117-123.
- Choi DH, Sohn MH, Kim MJ and Lee SJ. 2019. Feeding habits of Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) in the West Coast of Yellow Sea of Korea. Korean J Ichthyol 31, 77-82. <https://doi.org/10.35399/isk.31.2.2>.
- Choi DH, Youn BI, Kim MJ, Lee SH, Kwon DH, Han KH and Lee SJ. 2021. Feeding habits of the pointhead flounder (*Cleisthenes Pinetorum*) in the West Sea in Korea. Korean J Ichthyol 33, 273-277. <https://doi.org/10.35399/ISK.33.4.7>.
- Choi CH, Cho JI, Moon SY, Choi HY and Baeck GW. 2025. Feeding habits of robust tonguefish *Cynoglossus robustus* in the coastal waters of South Sea, Korea. Korea Korean J Fish Aquat Sci 58, 146-151. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2025.0146>.
- Ellis JR, Pawson MG and Shackley SE. 1996. The comparative feeding ecology of six species of shark and four species of ray (*Elasmobanchii*) in the north-east of Atlantic. J Mar Biol Assoc U K 76, 89-106. <https://doi.org/10.1017/s0025315400029039>.
- Farias I, Figueiredo I, Moura T, Gordo LS, Neves A and Serra-Pereira B. 2006. Diet comparison of four ray species (*Raja calvata*, *Raja brachyura*, *Raja montagui* and *Leucoraja naevus*) caught along the Portuguese continental shelf. Aquat Living Resour 19, 105-114. <https://doi.org/10.1051/alr:2006010>.
- Fujita T, Kitagawa D, Okuyama Y, Ishito Y, Inada T and Jin Y. 1995. Diets of the demersal fishes on the shelf off Iwate, northern Japan. Mar Biol 123, 219-233. <https://doi.org/10.1007/bf00353613>.
- Han KH, Yu TS, Lee J and Lee SH. 2019. Species Composition and Quantitative Fluctuation of Fishes Collected by an Otter Trawl in Coastal Waters off Heuksan-do, Korea. Bull Fish Sci Inst Chonnam Natl Univ 28, 26-35.
- Huh SH, Nam KM, Park JM, Jeong JM and Baeck GW. 2012. Feeding habits of the marbled flounder, *Peluronectes yokohamae* in the coastal waters off Tongyeong, Korea. Korean J Ichthyol 24, 77-83.
- Huh SH, Park JM, Nam KM, Park SC, Park CI and Baeck GW. 2008. Feeding habits of *Scorpaena neglecta* in the coastal waters off Busan. Korean J Ichthyol 20, 117-122.
- Huh SH, Park JM, Park SC, Jeong DS, 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.
- Jeong GS, Park J, Sohn MH, Lee HB, Han SH, Jo HS and Kim MJ. 2018. Feeding habits of the mottled skate, *Beringrajah pulchra* in the coastal waters of Incheon, Korea. Korean J Ichthyol 30, 232-237. <https://doi.org/10.35399/isk.30.4.6>.
- Jung JH, Kim HY and Moon SY. 2022. Feeding habits of *Hexagrammos otakii* off the Yeosu Coast of Korea. Korean J Fish Aquat Sci 55, 705-713. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2022.0705>.
- Ji DP, Bian XD, Song N and Gao TX. 2014. Feeding ecology of *Hexagrammos otakii* in Lida Rongcheng. J Fish China 38, 1399-1409.
- Kang DY, Kim DG, Seong GC, Jin SY, Jeong JM, Kang SK and Baeck GW. 2023. Feeding habits of whitespotted conger, *Conger myriaster* in the West Sea of Korea. Korean J Ichthyol 35, 177-182. <https://doi.org/10.35399/isk.35.3.4>.
- Ko AR, Jeong JM and Baeck GW. 2019. Feeding habits of the bighead croaker, *Collichthys niveatus* in West Sea, Korea. J Korean Soc Fish Ocean Technol 55, 327-334. <https://doi.org/10.3796/ksfot.2019.55.4.327>.
- Koh SJ, Roh TH, Youn BI and Kim MJ. 2023. Feeding habits of the tongue sole, *Cynoglossus joyneri* in the coastal waters of Taean, Korea. J Fish Mar Sci Edu 35, 661-668. <https://doi.org/10.13000/jfmse.2023.8.35.4.661>.
- Kim CK and Kang YJ. 1997. Stomach content analysis of fat greenling, *Hexagrammos otakii*. Korean J Fish Soc 30, 432-441.
- Kim CK and Kang YJ. 1986. Diets of the rock trout, *Agrammus agrammus*, in the shore area of Tongbaeksom, Pusan. Korean J Fish Aquat Sci 19, 411-422.
- Kim GS, Son MH, Kwak SN, Park JM and Huh SH. 2009. Feeding habits of released black rockfish, *Sebastodes inermis*, in coastal waters off Jam Island, Jinhae Bay, Korea. Korean J Fish Aquat Sci 42, 73-77. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2009.42.1.073>.
- Kim IS and Lee WO. 1993. The fish fauna of the Kokunsan Islands, Korea. Korean J Ichthyol 5, 41-52.
- Kim DG, Jeong JM, Lee SJ, Kang SK, Seong GC, Kang DY, Jin SY and Baeck GW. 2022. Comparison of stomach contents of yellow goosefish *Lophius litulon*, in the South Sea and Yellow Sea, Korea. Korean J Fish Aquat Sci 55, 714-720. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2022.0714>.
- Lim YU. 2007. Species composition and community structure of fishes in coastal waters of Heuksan Island, Korea. Ph. D. Dissertation, Chonnam National University, Gwangju, Korea.
- Langton RW. 1982. Diet overlap between Atantic cod, *Gadus morhua*, silver hake *Merluccius bilinearis* and fifteen other northwest Atlantic finfish. Fish Bull 80, 745-759.
- Park KD, Kang YJ, Huh SH, Kwak SN, Kim HW and Lee HW. 2007. Feeding ecology of *Sebastodes schlegeli* in the Tongyeong marine ranching area. Korean J Fish Aquat Sci 40, 308-314. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2007.40.5.308>.
- Pinkas L, Oliphant MS and Iverson ILK. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. Fish Bull 152, 1-106.
- Platell ME and Potter LC. 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).

Roh TH, Youn BI, Koh SJ, Han KH and Lee SH. 2023. Feeding habits of fat greenling *Hexagrammos otakii* off the Incheon Coast of Korea. Korean J Ichthyol 35, 325-332. <https://doi.org/10.35399/isk.35.4.13>.

Seo IS and Hong JS. 2007. Comparative feeding ecology of sympatric greenling *Hexagrammos otakii* and Schlegel's black rockfish *Sebastes schlegelii* in the Jangbong tidal flat, Incheon, Korea. Korean J Fish Aquat Sci 40, 84-94. <https://doi.org/10.5657/kfas.2007.40.2.084>.

Seong GC, Kim DG, Kang DY, Jin SY, Kim HS, Soh HY and Baeck GW. 2022. Feeding habits of the largehead hairtail, *Trichiurus japonicus* in the Yellow Sea of Korea. Korean J Ichthyol 34, 179-185. <https://doi.org/10.35399/isk.34.3.4>.

Son SH, Jeong JM, Kim HJ, Kim KR and Baeck GW. 2022. Feeding habits of the Pacific herring *Clupea pallasii* in the coastal waters of the East Sea, Korea. Korean J Fish Aquat Sci 55, 224-228. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2022.0224>.

Wainwright PC and Richard B. 1995. Scaling the feeding mechanism of the largemouth bass (*Micropterus salmoides*): Motor pattern. J Exp Biol 198, 1161-1171. <https://doi.org/10.1242/jeb.198.5.1161>.

Yang JH, Yoon SC, Park JH, Yoon BS, Choi YM and Lee JB. 2013. Feeding habits of the black-edged sculpin *Gymnocanthus herzensteini* in the Coastal Waters off Mukho, Gangwondo of Korea. Korean J Fish Aquat Sci 46, 168-175. <https://doi.org/10.5657/kfas.2013.0168>.

Zhang Y, Xu Q, Xu Q, Alós J, Zhang H and Yang H. 2018. Dietary composition and trophic niche partitioning of spotty-bellied greenlings *Hexagrammos agrammus*, fat greenlings *H. otakii*, Korean rockfish *Sebastes schlegelii* and Japanese seaperch *Lateolabrax japonicus* in the Yellow Sea revealed by stomach content analysis and stable isotope analysis. Mar Coast Fish 10, 255-268. <https://doi.org/10.1002/mcf2.10019>.

Zhang R, Liu H, Zhang Q, Zhang H and Zhao J. 2021. Trophic interactions of reef-associated predatory fishes (*Hexagrammos otakii* and *Sebastes schlegelii*) in natural and artificial reefs along the coast of North Yellow Sea, China. Sci Total Environ 791, 148250. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148250>.