

여수 연안에서 서식하는 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*)의 식성

정진호 · 김희용¹ · 문성용*

국립수산과학원 남해수산연구소, ¹국립수산과학원 연근해자원과

Feeding Habits of *Hexagrammos otakii* off the Yoesu Coast of Korea

Jin Ho Jung, Heeyong Kim¹ and Seong Yong Moon*

South Sea Fisheries Research Institute, National Institute of Fisheries Science, Yeosu 59780, Republic of Korea

¹Coastal Water Fisheries Resources Research Division, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Republic of Korea

The feeding habits of *Hexagrammos otakii* were studied by analyzing the stomach contents of 508 specimens collected from July 2009 to December 2010 off the Yeosu coast of Korea. The total length of the *H. otakii* specimens ranged from 10.7 to 41.5 cm. *H. otakii* was found to be a bottom-feeding carnivore that mainly consumed brachyura, amphipoda, but also consumed cephalopoda, pisces, anomura, polychaeta, and gastropoda. It was shown through relative importance analysis that the benthic share was 58.1% for brachyura, 24.5% for amphipoda, 7.5% for caridea, and 7.3% for pisces. Brachyura was the main prey item for *H. otakii*, occupying 35% of the stomach contents. The proportion of brachyura and amphipoda decreased with the growth of *H. otakii*, and their decrease paralleled the increased consumption of pisces. The shift in feeding habits to larger prey organisms with increasing fish size seems to be one of survival strategies to maximize net energy gain.

Keywords: Feeding habits, *Hexagrammos otakii*, Stomach content, Bottom-feeding carnivore

서론

우리나라 남해안은 수심이 40–200 m 범위의 천해로 그 중 여수반도 주변의 바다는 개방형만으로서, 만의 북쪽에서는 섬진강으로부터 담수가 지속적으로 유입되고 있고, 외해에서는 계절에 따라서 대마난류(Tsushima Warm Current)의 세력확장에 따른 고수온 및 고염분의 외양수가 유입되어 남해 연안수와 혼합되면서 다양한 회유성 어종들이 가입하고 분포하게 된다(Jeong et al., 2005). 또한, 여수 연안은 기초생산력이 높고 먹이생물이 풍부하여 포식자들을 피할 수 있는 은신처가 많기 때문에 회유성과 정착성 어종의 산란 및 성육장으로 이용되고 있다(Cha and Park, 1997). 상업적으로 중요한 어종인 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*)는 우리나라 전 연안과 동중국해 및 일본 홋카이도 이남에 서식하는 썸뱅이목(Scorpaeniformes), 쥐노래미과(Hexagrammidae)에 속하는 연안 정착성 어류로 해조류가 무성한 연안의 암초지대에 널리 분포하면서(Yamada et al., 1986; Kim et al., 2004), 다양한 무척추동물과 어류를 먹이

생물로 이용한다(Seo and Hong, 2007). 국내에서 수행된 쥐노래미의 연구는 세포유전(Sim et al., 2002), 난발생과정 및 자어의 형태발달(Kim et al., 1993), 성숙과 산란(Kang et al., 2004), 식성(Kim and Kang, 1997; Seo and Hong, 2007; Choi et al., 2017), 성장호르몬(Nam et al., 2002), 잠수조사를 통한 산란특성(Lee et al., 2013) 등이 있다.

해양생태계에서 생물 중간 또는 생물 종내의 먹이경쟁을 표현하는 섭식생태 연구는 대상생물이 가지고 있는 생물-생태학적인 특성을 파악함으로써 먹이 자원 분할의 구조를 이해하는데 있어 매우 중요한 자료로 활용된다(Carter et al., 1991; Silva, 1999; Linke et al., 2001). 더욱이 섭식 특성 파악을 기초로 하는 먹이사슬 및 먹이망의 구축은 물질 및 에너지 순환을 기술하는데 필수적으로 요구되는 분야이다(Greenstreet et al., 1997). 우리나라에 서식하는 쥐노래미의 식성에 관한 연구로는 삼천포 연안산 쥐노래미의 위내용물 분석(Kim and Kang, 1997), 인천 장봉도산 쥐노래미(Seo and Hong, 2007)와 서해 중부 연안산 쥐노래미의 성장과 계절에 따른 식성 변화(Choi et al., 2017) 등

*Corresponding author: Tel: +82. 61. 690. 8932 Fax: +82. 61. 686. 1588

E-mail address: msy7744@korea.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.2022.0705>

Korean J Fish Aquat Sci 55(5), 705-713, October 2022

Received 24 March 2022; Revised 21 April 2022; Accepted 25 August 2022

저자 직위: 정진호(연구원), 김희용(연구관), 문성용(연구사)

이 있지만, 조사해역의 특성에 따라 섭식특성이 달라질 수 있으므로 쥐노래미가 서식하는 다양한 지리적인 해역 특성을 대변하는 섭식생태를 분석할 필요성이 있다. 본 연구에서는 여수 연안에서 서식하는 쥐노래미의 위내용물 분석을 통하여 크기군 및 시기별(월별, 계절별) 주 먹이생물의 변화양상을 연구하여 해양생태계의 먹이망 구조를 이해하는데 기초 자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

본 연구의 쥐노래미 시료는 2009년 7월부터 2010년 12월까지 매월 여수 개도, 대유, 심미, 안도, 연도, 월호 연안에서 이각망, 연안자망 및 연안통발을 이용해 채집된 개체들을 이용하였다(Fig. 1). 조사기간 동안 채집된 시료를 대상으로 체장과 체중을 측정하고 위를 절개하여 100 mL 시료병에 넣고 중성포르말린으로 고정시킨 후, 시료의 정보(채집시기, 채집여구)를 기록하였다. 시료의 정보가 확인된 쥐노래미 위를 담수로 수세한 후 실체현미경(Olympus SZX16; Olympus, Tokyo, Japan)을 이용하여 위를 핀셋과 가위를 이용하여 위내용물이 손상되지 않게 조심스럽게 절개한 후, 위내용물을 페트리쉬에 옮겨 분류 및 동정을 실시하였다. 위내용물 중 출현하는 먹이생물은 Kim et al. (2005)과 Hong et al. (2006)을 참고하여 가능한 종 수준까지 동정하였지만, 동정이 어려운 먹이생물들은 상위 분류군까지 분류하였다. 확인된 먹이생물 개체들이 분리되어 있거나 소화된 개체들이 많아 개체수 측정에 어려움이 있어, 섭식한 먹이생물의 분류군별로 선별하여 습중량을 분석용저울(Mettler Toledo XP26; Mettler-Toledo International Inc., Greifensee,

Switzerland)을 이용하여 0.001 g 단위까지 측정하였다. 각 먹이생물의 출현빈도(%F) 그리고 습중량비(%W)는 다음과 같은 식을 이용하여 구하였다.

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

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

여기서, A_i 는 위내용물 중 해당 먹이생물이 발견된 쥐노래미의 개체수이고, N 은 먹이를 섭식한 쥐노래미의 총 개체수, W_i 는 해당 먹이생물의 습중량, W_{total} 은 전체 습중량이다. 쥐노래미의 위내용물 분석결과는 출현빈도, 습중량비로 나타내었으며, Yamaguchi and Taniuchi (2000)의 방법에 따라 먹이생물 순위지수(ranking index, RI)를 다음과 같이 구하였고, 각 먹이생물의 순위지수를 백분율로 환산하여 순위지수비(% RI)로 나타내었다.

$$RI = \%F \times \%W$$

쥐노래미의 먹이중요도(dominant or rare), 섭식전략(specialist or generalist), 섭식폭(niche width)은 도해적 방법(graphical method)을 사용하여 도식화하였다(Amundsen et al., 1996). 이 방법은 어류의 섭식형태와 섭식전략을 분석하는데 유용하게 사용되는데, 출현빈도에 대한 특정먹이생물우점도(preyspecific abundance)를 도식화를 통해 나타내었으며, 다음과 같이 구하였다.

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

여기서, P_i 는 먹이생물 i 의 prey-specific abundance, S_i 는 위내용물 중 먹이생물 i 의 중량, S_{ij} 는 먹이생물 i 를 섭식한 개체의 위내용물 중 전체 먹이생물 중량이다.

계절별 위내용물 조성변화는 사계절인 동계(12-2월), 춘계(3-5월), 하계(6-8월), 추계(9-11월)로 나누어 분석하였다. 또한 체장별 먹이조성의 변화를 파악하기 위하여 1년생과 2년생 개체 크기군이 분리되는 15.0 cm 기준과 가장 작은 개체와 큰 개체를 고려하여 각각 10 cm 간격(<15 cm, 15-25 cm, 25-35 cm, ≥35 cm)으로 4개의 체장군별로 나누어 먹이생물의 위내용물 조성을 파악하였다.

체장계급 간 먹이생물의 중복도(Schoener, 1970)는 dietary overlap index를 이용하여 다음과 같이 구하였다.

$$C_{xy} = 1 - 0.5(\sum |P_{xi} - P_{yi}|)$$

여기서, P_{xi} 와 P_{yi} 는 체장계급 x , y 그룹에서 먹이생물 i 의 습중량비(% W)이다. 중복도지수 값의 범위는 0에서 1까지로 1에 가까울수록 먹이생물의 중복도가 높아진다는 것을 의미하며, Wallace (1981)에 따라 중복도 값이 0.6 이상이면 유의하게 중복되는 것으로 간주하였다.

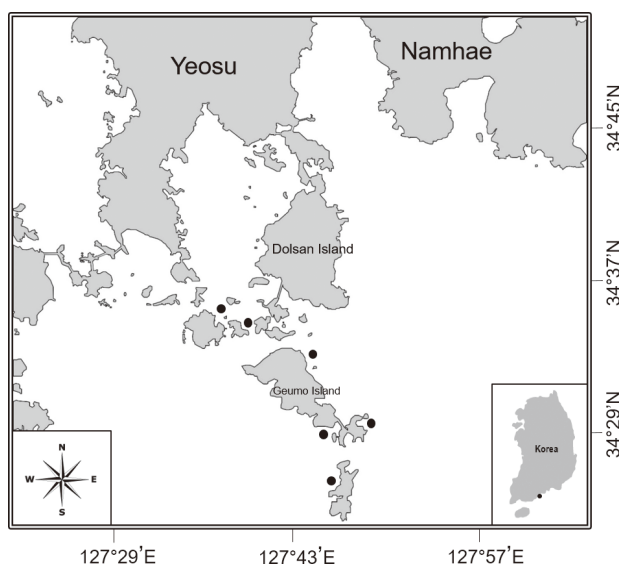


Fig. 1. Location of the sampling sites (●) of *Hexagrammos okakii* off Yeosu coast, Korea.

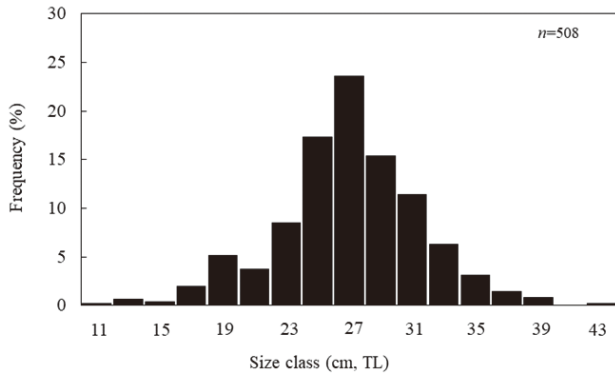


Fig. 2. Size distribution of *Hexagrammos otakii* collected off Yeosu coast, Korea. TL, Total length.

결 과

체장분포

본 연구에서 쥐노래미 위내용물에 분석된 총 시료 508개체 중 전장(total length, TL)의 범위가 10.7–41.5 cm였고, 이 중 24.0–32.0 cm 크기의 개체가 총 344개체로 67.7%를 차지하였다(Fig. 2). 월별 체장 분포 결과(Fig. 3), 2010년 10월에 10.7 cm의 가장 작은 개체와 41.5 cm의 가장 큰 개체가 채집되었다.

위내용물 조성

조사기간 동안 채집된 쥐노래미 중 위내용물이 없었던 개체는 전체 508개체 중 164개체로 32.3%의 공복율을 나타냈다. 위내용물이 발견된 344개체를 분석한 결과(Table 1), 쥐노래미의 가장 중요한 먹이생물은 출현빈도 82.6%, 습중량비 35.1%, 순위지수비 58.1%를 차지한 게류(Brachyura)였다. 쥐노래미가 섭식한 게류 중에서 중간빨물맞이게(*Pugettia intermedia*)를 가장 많이 섭식하였으며, 은행게(*Anatolikos japonicus*), 물맞이게과(Majidae)순이었다. 다음으로 중요한 먹이생물은 출현빈도 79.1%, 습중량비 15.4%, 순위지수비 24.5%를 차지한 단각류(Amphipoda)였고, 단각류 중에서 바다대벌레과(Caprellidae)가 가장 많이 섭식되었으며, 옆새우과(Gammaridae), 안경옆새우과(Ampeliscidae) 순이었다. 단각류 다음으로 중요한 먹이생물은 출현빈도 32.0%, 습중량비 11.7%, 순위지수비 7.5%를 차지한 새우류(Caridea)였다. 섭식된 새우류 중에서는 꼬마새우과(Hippolytidae), 짧은넓적빨꼬마새우(*Latreutes anoplonyx*), 보리새우과(Panaeidae) 순으로 우점하였다. 어류(Pisces)는 7.3%의 순위지수비를 나타냈으며, 그 외 다모류(Polychaeta), 복족류(Gastropoda), 이매패류(Bivalvia), 두족류(Cephalopoda), 등각류(Isopoda), 집게류(Anomura), 갯가재류(Stomatopoda)등을 섭식하였으나, 순위지수비 비율은 매우 낮았다.

위내용물 분석 자료에 대한 도해적방법을 통해 쥐노래미의 섭

식형태와 섭식전략을 파악한 결과(Fig. 4), 쥐노래미의 가장 중요한 먹이생물은 게류와 단각류와 같은 저서동물이었고, 이들 분류군들을 집중 섭식하는 섭식특화종(specialist predator)임을 알 수 있었다. 또한, 어류, 두족류, 새우류, 집게류, 다모류, 복족류도 섭식하였지만 낮은 출현빈도를 보여 좁은 섭식폭을 나타냈다.

위 내용물의 시기별 변화 특성

조사기간 동안 쥐노래미가 섭식한 월별 위내용물의 순위지수비 기준 조성비 변화를 살펴보면(Fig. 5), 2009년 9월에 92.6%를 보인 게류가 우점하였고, 2009년 11월에는 새우류가 53.7%로 가장 우점하였으며, 게류가 45.6%로 두 번째로 우점하였다. 2010년 3월에는 어류가 50.3%로 가장 우점하였고, 게류는 26.4%로 두 번째로 우점하였다. 이듬해인 2010년 9월에는 단각류가 59.3%로 가장 우점하였으며, 게류는 38.6%를 차지하였다.

계절별 쥐노래미의 먹이조성 변화를 분석한 결과, 동계에는 게류의 비율이 73.4%로 가장 높았고, 그 다음으로 단각류가 13.3%로 나타났다. 춘계에는 게류가 58.9%, 단각류가 17.2%였으며, 그 외 어류가 13.1%, 새우류가 9.3% 순으로 나타났다(Fig. 6). 하계에는 게류가 85.7%, 단각류가 5.9%, 어류가 4.9%, 새우류가 1.8%순으로 우점하였다. 추계에는 게류의 비율이 51.9%로 가장 높았으나, 단각류도 26.7%로 증가하는 특성을 보였다.

크기군별 위내용물 조성 변화

쥐노래미의 체급별 먹이생물 변화를 알아보기 위해 어체의 크기와 범위를 고려하여 TL을 10 cm 간격으로 <15 cm, 15–25 cm, 25–35 cm, ≥35 cm의 4개 체급으로 구분한 후, 순위지수비를 기준으로 분류군별 섭이 비율을 분석하였다(Fig. 7). 15 cm 미만의 체급에서는 게류가 45.1%로 비율이 높았고, 단각류가 34.6%, 새우류가 20.1%, 두족류와 어류가 0.1% 이하였다. 15 cm 이상 25 cm 미만의 체급에서는 게류가 54.9%, 단각류가 36.0%로 높았으며, 어류가 1.3%로 증가하였다. TL 25–35 cm 미만의 체급에서는 게류가 74.2%로 가장 높은 비율이 나타난 반면, 단각류가 14.7%로 감소하고 어류가 3.8%로 증가하는 경향을 보였다. 35 cm 이상의 체급에서는 어류가 57.8%로 가장 높은 비율이 나타났으며, 반면 게류는 39.0%, 단각류는 0.3%로 감소하는 경향을 보였다. 따라서 전체적으로 게류와 단각류의 비율이 높게 나타났지만, 쥐노래미가 TL 35 cm 이상으로 큰 크기군으로 갈수록 감소하는 경향을 보인 반면, 어류는 증가하는 경향을 보였다. 결국, 쥐노래미는 큰 크기군으로 갈수록 어류를 이용하는 섭이특성으로 전환되는 양상을 보였다.

체급 사이의 먹이중복도를 파악하고자 Schoener's index로 나타낸 결과, 15 cm 미만의 체급과 25–35 cm 체급 사이의 값은 0.84, 25–35 cm 체급과 35 cm 이상의 체급군 사이의 값은 0.83으로 유사하게 나타났다. 15 cm 미만의 체급과 15–25 cm 체급

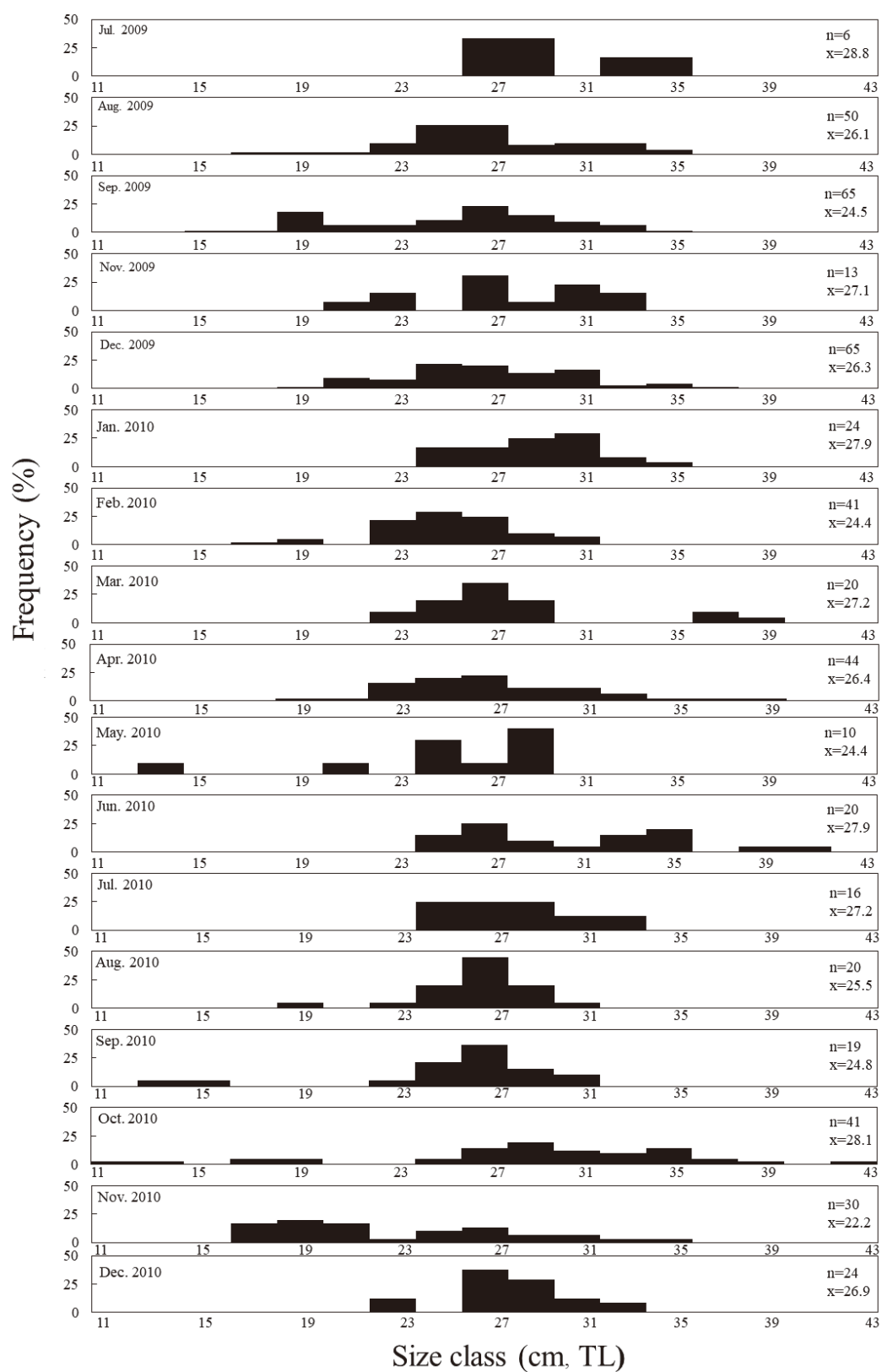


Fig. 3. Monthly size distribution of *Hexagrammos otakii* collected off Yeosu coast, Korea. TL, Total length.

Table 1. Composition of the stomach contents of *Hexagrammos otakii* by frequency of occurrence (%F), wet weight (%W) and relative importance (RI)

Empty stomach rate		32.3%			
Prey organism	%F	%W	RI	%RI	
Polychaeta	5.5	0.3	1.8	0.0	
Gastropoda	5.2	0.4	1.9	0.0	
Bivalvia	0.9	0.0	0.0	0.0	
Cephalopoda	4.1	8.5	34.7	0.7	
Loliginidae	1.2	2.5			
Octopodidae	0.6	0.1			
Sepiolidae	2.3	5.9			
Amphipoda	79.1	15.4	1221.3	24.5	
Caprellidae	48.0	14.8			
Gammaridae	17.4	0.4			
Ampeliscidae	11.6	0.2			
Odicerotidae	1.7	0.0			
Pontogeneiidae	0.3	0.0			
Isopoda	2.9	0.4	1.2	0.0	
Anomura	5.2	1.8	9.7	0.2	
Stomatopoda	0.3	0.0	0.0	0.0	
Caridea	32.0	11.7	372.8	7.5	
<i>Pandalus gracilis</i>	0.9	0.8			
<i>Leptochela sydniensis</i>	2.3	0.4			
<i>Batepenaeopsis tenella</i>	0.3	0.5			
<i>Heptacarpus rectirostris</i>	1.2	0.5			
<i>Latreutes anoplonyx</i>	4.9	3.6			
Alpheidae	0.3	0.1			
Hippolytidae	14.2	1.9			
Majidae	0.3	0.0			
Penaeidae	0.9	2.5			
Unidentified	6.7	1.2			
Brachyura	82.6	35.1	2898.0	58.1	
<i>Anatolikos japonicus</i>	11.3	5.1			
<i>Paradorippe granulata</i>	3.8	2.1			
<i>Pugettia intermedia</i>	10.2	7.3			
<i>Scyra compressipes</i>	1.5	2.0			
<i>Carcinoplax longimanus</i>	0.6	0.1			
<i>Pyrhila pisum</i>	0.6	0.0			
<i>Sphaerozium nitidus</i>	1.2	0.6			
<i>Oregonia gracilis</i>	0.3	0.0			
<i>Enoplolambrus validus</i>	1.2	0.1			
<i>Heteropilumnus ciliatus</i>	0.3	0.0			
<i>Pilumnopus makianus</i>	0.3	0.1			
<i>Pilumnus minutus</i>	0.3	0.0			

Table 1. Continued

Empty stomach rate		32.3%			
Prey organism	%F	%W	RI	%RI	
<i>Charybdis acuta</i>	0.6	0.9			
<i>Charybdis bimaculata</i>	5.2	3.4			
<i>Chiromantes haematocheir</i>	0.3	0.3			
Cancridae	0.3	0.0			
Dorippidae	0.3	0.0			
Goneplacidae	0.3	0.1			
Leucosiidae	0.6	0.5			
Majidae	8.1	3.8			
Innotheridae	0.9	0.2			
Xanthidae	3.2	1.4			
Unidentified	31.4	7.0			
Pisces	16.0	22.8	364.9	7.3	
Gobiidae	5.8	6.4			
Pholidae	0.3	0.2			
Stichaeidae	4.4	13.4			
Gasterosteiformes	0.3	0.0			
Unidentified	5.2	2.7			
Unidentified eggs	10.2	0.8	7.9	0.2	
Others	25.6	2.7	68.7	1.4	
Total		100.0	4982.9	100.0	

+, less than 0.1%.

사이의 값은 0.91로 가장 높은 중복도를 보였고, 15 cm 미만의 체급과 35 cm 이상의 체급 사이의 값은 0.67로 높게 나타났지만 그 중 가장 낮은 중복도를 보였다(Table 2).

고 찰

여수 연안에서 채집된 쥐노래미 총 508개체의 위내용물을 분석한 결과, 164개체에서 위 내용물이 발견되지 않아 32.3%의 공복율을 보여, 서해중부(Choi et al., 2017)와 삼천포 해역(Kim and Kang, 1997)에서 파악된 쥐노래미의 공복율과 비슷한 양상을 보였다. 우리나라 주변해역에서 비어식성 어류인 줄비늘치(*Coelorinchus multispinulosus*)의 공복율은 5.0%(Huh et al., 2013), 날개망둑(*Favonigobius gymnauchen*)은 3.8%

Table 2. Proportional food overlap coefficients (Schoener's index) of the diet among *Hexagrammos otakii*

Size class (cm, TL)	<15	15-25	25-35
15-25	0.91		
25-35	0.84	0.89	
35<	0.67	0.87	0.83

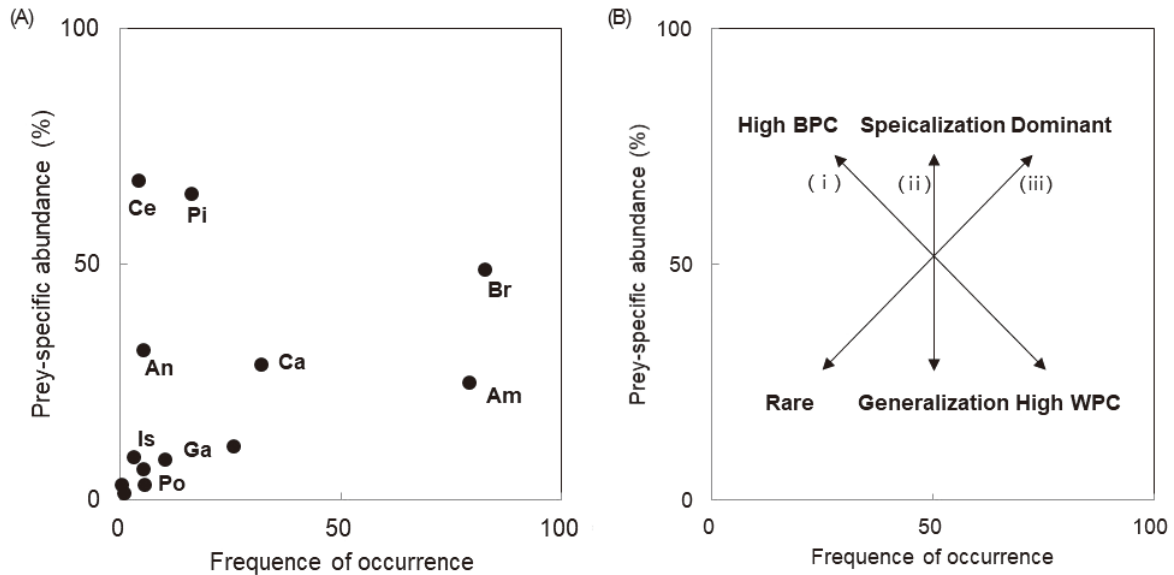


Fig. 4. Graphical representation of feeding pattern of *Hexagrammos otakii* off Yeosu coast, Korea. A, Diagram representing the prey taxa (Br, Brachyura; Am, Amphipoda; Ca, Caridea; Pi, Pisces; Ce, Cephalopoda; An, Anomura; Is, Isopoda; Ga, Gastropoda; Po, Polychaeta; St, Stomatopoda; Bi, Bivalvia); 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.

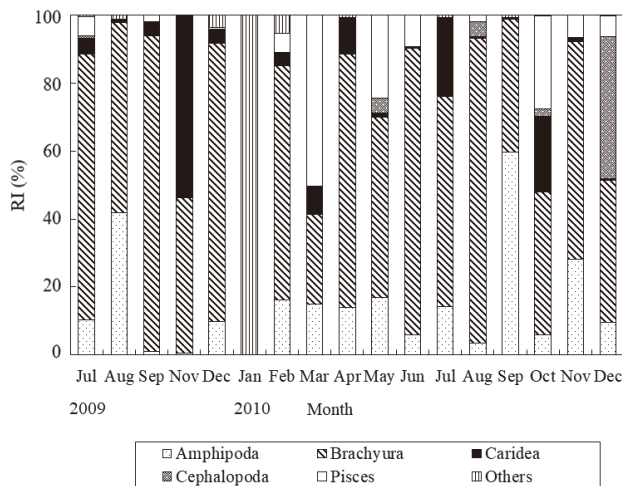


Fig. 5. Monthly changes in composition of stomach contents (%RI) of *Hexagrammos otakii*.

(Huh and Kwak, 1997a), 베도라치(*Pholis nebulosa*)는 6.8% (Huh and Kwak, 1997b)로 대부분의 비어식성 어류는 10.0% 이하의 낮은 공복율을 보였지만, 쥐노래미의 공복율은 비어식성 어류들보다 높은 공복율을 보였다. 이와 같이 대부분의 육식성 어종이 비어식성 어류보다 공복율이 높게 나타나는 것은 어류를 섭식할 경우 다른 먹이생물들 보다 높은 영양적 가치를 지니기 때문에 지속적으로 섭식할 필요가 없거나 다른 먹이생물

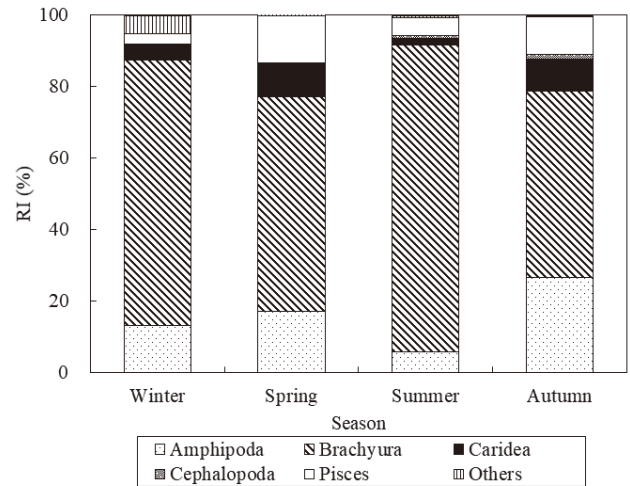


Fig. 6. Seasonal changes in composition of stomach contents (%RI) of *Hexagrammos otakii*.

들보다 더 빨리 소화가 이루어졌을 가능성이 높다(Ellis et al., 1996; Farias et al., 2006). 따라서 비어식성 어류들의 공복율이 육식성 어류들의 공복율 보다 상대적으로 낮은 이유라고 판단된다.

본 연구에서 쥐노래미가 섭식한 먹이생물의 순위지수비를 보면 게류 58.1%, 단각류 24.5%, 새우류 7.5%, 어류가 7.3%로 총 97.4%의 높은 비율을 보인 반면에 다모류, 복족류, 이매패

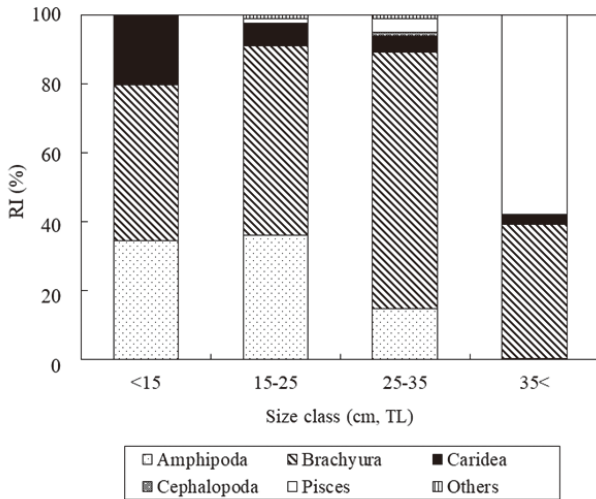


Fig. 7. Ontogenetic changes in composition of stomach contents (%RI) of *Hexagrammos otakii*. TL, Total length.

류, 등각류, 집게류, 갯가재류는 쥐노래미의 먹이로 거의 이용되지 않는 것으로 나타났다. 또한 복족류와 이미패류의 패각, 해조류 부스러기 및 모래 등이 일부 개체의 위에서 발견되었는데, 이것은 해저 바닥에 주로 서식하는 갑각류나 어류를 섭식하는 과정에서 함께 삼켜진 것으로 추정된다. 따라서 쥐노래미는 계류를 주 먹이생물로 섭식하면서 단각류, 새우류 및 어류 등을 섭식하는 저서동물 섭식어종(Bottom-feeding carnivore)으로 확인되었다.

여수 연안산 쥐노래미의 중요한 먹이생물은 계류와 새우류로 삼천포 연안(Kim and Kang, 1997)과 서해 중부해역에서 서식하는 쥐노래미(Choi et al., 2017)의 섭식 특성은 다소 차이를 나타냈다. 여수 연안에서 서식하는 쥐노래미는 계류에서는 은행게 11.3%, 중간빨물말이게 10.2%, 물말이게과 8.1% 순으로 출현하였으며, 새우류는 꼬마새우과 14.2%, 짧은넓적빨꼬마새우 4.9%, 둥근돛대기새우 2.3%로 우점하였지만, 삼천포 연안산 쥐노래미는 계류의 경우 빨물말이게가 17.6%로 높은 비율을 보였고, 새우류가 36.6%로 우점하였다(Kim and Kang, 1997). 반면에 서해 중부 연안산 쥐노래미는 새우류에서는 자주새우

과(Crangonidae) 34.3%, 좁은빨꼬마새우(*Heptacarpus rectirostris*)가 13.1%, 딱총새우과(Alpheidae) 12.1%로 높은 비율을 보였으나, 계류에서는 옴조개치레(*Paradorippe granulate*) 4.0%, 속살이게과(Pinnotheridae) 3.0%, 빨물말이게 2.0% 순으로 계류의 섭식비율이 낮았다(Choi et al., 2017). 이상의 결과에서 여수 연안과 서해 중부 연안에 서식하는 쥐노래미는 저서동물을 섭식하였지만 주 먹이생물은 차이를 보였는데, 이처럼 같은 종이지만 해역에 따라서 우점하는 먹이생물들의 종류가 달라지는 것은 쥐노래미가 서식하는 환경에서 출현하는 먹이생물들의 종조성의 차이와 가장 많이 출현하는 먹이생물을 선택하는 기회주의적 섭식을 하기 때문으로 생각된다.

쥐노래미의 크기군에 따른 먹이조성 변화를 보면 가장 작은 개체인 15 cm 미만에서는 새우류가 20.1%를 차지하였으나 점차 크기군이 커질수록 감소하여 35 cm 이상의 개체군에서는 2.9%의 비율을 보였다. 단각류도 15 cm 미만에서는 34.6%를 차지하였으나 35 cm 이상의 개체군에서는 0.3%로 급격히 감소하는 경향을 확인할 수 있었다. 반면에 어류는 15 cm 미만에서 0.1% 이하로 먹이생물의 이용되는 비율이 낮았는데, 큰 크기군으로 갈수록 비율이 증가하다가 35 cm 이상의 개체군에서는 57.8%까지 증가하였고, 두족류도 큰 크기군으로 갈수록 비율이 증가하는 특성을 보였다. 서해 중부해역의 연구에서도 작은 개체의 쥐노래미에서는 단각류의 비율이 높았고, 성장함에 따라 단각류의 섭식 비율은 낮아지며 반대로 두족류의 비율이 높아진다고 보고되었는데, 이와 같은 결과는 어류가 소형 개체일 때 보다는 성장하면서 상대적으로 크기가 큰 먹이생물을 섭식하여 성장과 경쟁에 우위를 차지하기 위한 행동 습성을 가지고 있는 것으로 판단된다(Huh, 1999; Baeck et al., 2012).

우리나라 주변해역에 출현하는 육식성 어류의 성장에 따른 먹이전환 양상을 파악한 결과, 모두 3개의 그룹으로 나눌 수 있었다(Table 3). 첫 번째 그룹은 단각류→새우류→계류→어류의 먹이전환을 하는 형태로 본 연구에서 수행된 여수 연안의 쥐노래미, 광양만 농어(*Lateolabrax japonicus*) (Huh and Kwak, 1998a)와 볼락(*Sebastes inermis*) (Huh and Kwak, 1998b)이 속하였다. 두 번째 그룹은 단각류→다모류→이미패류→복족류의 먹이전환을 하는 형태로 광양만 줄망둑(*Acentrogobius pflaumii*) (Huh and Kwak, 1998c), 참서대(*Cynoglossus joy-*

Table 3. Comparison of ontogenetic changes in major preys among carnivores fishes in Korean waters

Type	Ontogenetic prey change	Fish species	Reference
I	Am→Ca→Br→Pi	<i>Hexagrammos otakii</i>	This study
		<i>Lateolabrax japonicus</i>	Huh and Kwak (1998a)
		<i>Sebastes inermis</i>	Huh and Kwak (1998b)
II	Am→Po→Bi→Ga	<i>Acentrogobius pflaumii</i>	Huh and Kwak (1998c)
		<i>Cynoglossus joyneri</i>	Baeck and Huh (2002)
		<i>Favonigobius gymnauchen</i>	Huh and Kwak (1997a)
III	Am→Ca→Ce→Po	<i>Hippoglossoides pinetorum</i>	Huh and Baeck (2003)

Am, Amphipoda; Bi, Bivalvia; Br, Brachyura; Ca, Caridea; Ce, Cephalopoda; Ga, Gastropoda; Po, Polychaeta; Pi, Pisces.

ner) (Baeck and Huh, 2002), 날개망둑(*F. gymnauchen*) (Huh and Kwak, 1997a)이 속하였다. 세 번째 그룹은 단각류→새우류→두족류→다모류의 먹이전환을 하는 형태로 용가자미(*Cleisthenes pinetorum*) (Huh and Baeck, 2003)가 속하였다. 이와 같이 우리나라 주변해역에 출현하는 대부분의 육식성 어류는 유어 시기에는 비교적 용이하게 섭취할 수 있는 단각류를 주로 섭식하였으며, 성장에 따라 몸의 형태와 서식하는 생태환경이 바뀌고, 소형 개체일 때 섭식할 수 없었던 노력당 에너지 효율이 더 높은 먹이를 섭식 할 수 있게 된다(Wainwright and Richard, 1995; Baeck et al., 2010). 또한, 먹이전환은 다양한 체장의 개체가 공존하는 군집 내에서 이들 간 먹이경쟁을 감소시키는 기작으로 작용하게 된다(Langton, 1982; Baeck et al., 2010). Baeck et al. (2010)은 대부분의 어류는 체장이 증가하면서 섭식하는 먹이생물에 두 가지 형태 변화가 발생한다고 보고하였는데, 첫 번째는 체장과 관계없이 유사한 먹이생물을 지속적으로 섭식하지만 그 개체수를 증가시키는 형태와 두 번째는 체장이 증가함에 따라 작은 크기의 먹이생물에서 큰 크기의 먹이생물로 먹이전환이 일어나는 형태이다. 체장이 작은 쥐노래미는 단각류와 새우류와 같은 소형 저서동물들을 주로 섭식하였지만 체장이 증가함에 따라 어류와 두족류 등 비교적 크기가 큰 먹이생물의 섭식량 비율이 높아져 여수 주변해역의 쥐노래미는 두 번째 섭식 유형에 속한다고 할 수 있다. 그러나 본 연구에서는 10 cm 미만의 개체에 대한 시료 확보가 어려워 소형 쥐노래미의 섭식특성을 확인하지 못했기 때문에 여수 연안산 쥐노래미의 전반적인 섭식특성과 먹이전환을 정확히 밝히기 위해서는 가능한 먹이를 섭식하는 단계인 후기자어에서 유어시기까지의 시료와 서식해역의 먹이생물의 동시 조사를 통해 분석할 필요가 있다.

사 사

이 논문은 2022년 국립수산물과학원 수산시험연구사업(R2022037)의 지원으로 수행된 연구입니다.

References

- Amudsen 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 JM, Ye SJ, Jeong JM and An YS. 2012. Feeding habits of *Hoplobrotula armata* in the coastal waters of Geomum-do, Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 45, 372-378. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2012.0372>.
- Baeck KW and Huh SH. 2002. Feeding habits of tonguefish, *Cynoglossus joyneri* collected in the coastal waters off Yeosu, Korea. *Korean J Ichthyol* 14, 234-239.
- Baeck KW, 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.
- Carter CG, Grove DJ and Carter DM. 1991. Trophic resource partitioning between two coexisting flatfish species off the North Coast of Anglesey, North Wales. *Netherl J Sea Res* 27, 325-335. [https://doi.org/10.1016/0077-7579\(91\)90035-Y](https://doi.org/10.1016/0077-7579(91)90035-Y).
- Cha SS and Park KJ. 1997. Seasonal changes in species composition of fishes collected with a bottom trawl in Kwangyang Bay, Korea. *Korean J Ichthyol* 9, 235-243.
- Choi HC, Huh SH and Park JM. 2017. Size-related and temporal dietary variations of *Hexagrammos otakii* in the mid-western coast of Korea. *Korean J Ichthyol* 29, 117-123.
- Ellis JR, Pawson MG and Shackley SE. 1996. The comparative feeding ecology of six species of sharks and four species of ray (Elasmobranchii) 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.
- Greenstreet SPR, Bryant AD, Broekhuizen N, Hall SJ and Heath MR. 1997. Seasonal variation in the consumption of food by fish in the North Sea and implications for food web dynamics. *ICES J Mar Sci* 54, 243-266. <https://doi.org/10.1006/jmsc.1996.0183>.
- Hong SY, Park KY, Park CW, Han CH, Suh HL, Yun SG, Song CB, Jo SG, Lim HS, Kang YS, Kim DJ, Ma CW, Son MH, Cha HK, Kim KB, Choi SD, Park KY, Oh CW, Kim DN and Choi IY. 2006. Marine Invertebrates in Korean Coasts. Academy Publishing Co., Seoul, Korea, 1-479.
- Huh SH. 1999. Feeding habits of Hairtail, *Trichiurus lepturus*. *Korean J Ichthyol* 11, 191-197.
- Huh SH and Baeck KW. 2003. Feeding habits of *Hippoglossoides pinetorum* collected in the coastal waters of Kori, Korea. *Korean J Ichthyol* 15, 157-161.
- Huh SH, Baeck KW, Choo HG and Park JM. 2013. Feeding habits of spearnose grenadier, *Coelorinchus multispinulosus* in the coastal waters off Gori, Korea. *Korean J Ichthyol* 25, 157-162.
- Huh SH and Kwak SN. 1997a. Feeding habits of *Favonigobius gymnauchen* in the eelgrass (*Zostera marina*) bed in Kwangyang Bay. *J Korean Fish Soc* 31, 372-379.
- Huh SH and Kwak SN. 1997b. Feeding habits of *Pholis nebulosa*. *Korean J Ichthyol* 9, 22-29.
- Huh SH and Kwak SN. 1998a. Feeding habits of *Lateolabrax japonicus* in the eelgrass (*Zostera marina*) bed in Kwangyang Bay. *J Korean Fish Soc* 34, 191-199.
- Huh SH and Kwak SN. 1998b. Feeding habits of *Sebastes inermis*.

- mis* in the eelgrass (*Zostera marina*) bed in Kwangyang Bay. J Korean Fish Soc 31, 168-175.
- Huh SH and Kwak SN. 1998c. Feeding habits of *Acentrogobius pflaumii* in the eelgrass (*Zostera marina*) bed in Kwangyang Bay. Korean J Ichthyol 10, 24-31.
- Jeong HH, Han KH, Kim CC, Yoon WS, Hwang SY and Lee SH. 2005. Fluctuations in abundance and species composition of fishes collected by both sides fyke net in Dol-san, Yeosu. Korean J Ichthyol 17, 64-72.
- Kang HW, Chung EY and Kim JH. 2004. Sexual maturation and spawning characteristics in greenling, *Hesagrammos otakii* of the west coast in Korea. J Aquac 17, 30-38.
- Kim CK and Kang YJ. 1997. Stomach content analysis of fat greenling, *Hesagrammos otakii*. Korean J Korean Fish Soc 30, 432-441.
- Kim IS, Choi Y, Lee CL, Lee YJ, Kim BJ and Kim JH. 2005. Illustrated Book of Korean Fishes. Kyohak Press Co., Seoul, Korea, 1-615.
- Kim YS, Han KH, Kang CB and Kim JB. 2004. Commercial Fishes of the Coastal and Offshore Waters in Korea. 2nd ed. Hangle, Busan, Korea, 1-333.
- Kim YU, Han KH and Kim BH. 1993. The embryonic and larval development of the greenling, *Hexagrammos otakii*. Korean J Ichthyol 5, 151-159.
- Langton RW. 1982. Diet overlap between Atlantic cod, *Gadus morhua*, Silver Hake *Merluccius bilinearis* and fifteen other northwest Atlantic finfish. Fish Bull 80, 745-759.
- Lee YD, Kim JS, Jung JH, Shim WJ and Gwak WS. 2013. Direct observation of spawning characteristics on the Hexagrammidae fishes in Korean coastal waters using SCUBA diving. J Korean Soc Oceanogr The Sea 18, 104-109. <https://doi.org/10.7850/jkso.2013.18.2.104>.
- Linke TE, Platell ME and Potter IC. 2001. Factors influencing the partitioning of food resources among six fish species in a large embayment with juxtaposing bare sand and seagrass habitats. J Exp Mar Biol Ecol 266, 193-217. [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(01\)00356-2](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(01)00356-2).
- Nam YK and Kim DS. 2002. Molecular cloning and alternative splicing of growth hormone transcripts in greenling, *Hexagrammos otakii*. J Korean Fish Soc 35, 676-681. <https://doi.org/10.5657/kfas.2002.35.6.676>.
- Schoener TW. 1970. Nonsynchronous spatial overlap of lizards in patchy habitats. Ecology 51, 408-418. <https://doi.org/10.2307/1935376>.
- Seo IS and Hong JS. 2007. Comparative feeding ecology of sympatric greenling *Hexagrammos otakii* and Schlegel's black rockfish *Sebastes schlegeli* 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>.
- Silva A. 1999. Feeding habits of John Dory, *Zeus faber*, off the Portugues continental coast. J Mar Biol Assoc U K 79, 333-340. <https://doi.org/10.1017/S002531549800037X>.
- Sim MA, Noh JK, Nam YK and Kim DS. 2002. Cytogenetic analysis of spooty belly greenling (*Hexagrammos agrammus*) and greenling (*H. otakii*). Korean J Fish Aquat Sci 35, 682-685. <https://doi.org/10.5657/kfas.2002.35.6.682>.
- Wallace RK. 1981. An assessment of diet-overlap indexes. Trans Am Fish Soc 110, 72-76. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1981\)110<72:AAODI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1981)110<72:AAODI>2.0.CO;2).
- 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>.
- Yamada U, Tagawa M, Kishida S and Honjo K. 1986. Fishes of the East China Sea and the Yellow Sea. Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, Nagasaki, Japan, 1-501.
- Yamaguchi A and Taniuchi T. 2000. Food variations and ontogenetic dietary shift of the starspotted-dogfish *Mustelus manazo* at five locations in Japan and Taiwan. Fish Sci 66, 1039-1048. <https://doi.org/10.1046/j.1444-2906.2000.00166.x>.