

황해 저층 냉수대에 출현하는 불볼락(*Sebastes thompsoni*) 치어의 위내 용물 조성

김현지 · 황강석 · 박정호 · 이정훈 · 백근욱¹ · 정재묵^{2*}

국립수산과학원 연근해자원과, ¹경상대학교 해양식품생명의학과, ²국립수산과학원 수산자원연구센터

Diet of Juvenile Gold-eye Rockfish *Sebastes thompsoni* in the Yellow Sea Bottom Cold Water

Hyeon Ji Kim, Kang-seok Hwang, Jeong-Ho Park, Jeong Hoon Lee, Gun Wook Baeck¹ and Jae Mook Jeong^{2*}

Fisheries Resource Management Division, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Korea

¹Department of Seafood and Aquaculture Science/Institute of Marine Industry/Marine Bio-Education and Research Center, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Korea

²Fisheries Resources Research Center, National Institute of Fisheries Science, Tongyeong 53064, Korea

The diet composition of juvenile gold-eye rockfish, *Sebastes thompsoni* (40-50 mm SL), was examined based on 121 individuals collected in the Yellow Sea Bottom Cold Water in August 2016. The Yellow Sea Bottom Cold Water is characterized by a water mass of <10.0°C and 33 psu. The juvenile gold-eye rockfish fed on Amphipods [57.3% index of relative importance (IRI)] and Euphausiacea (32.9%). Most of the point in the prey-specific abundance plot indicated a high between-phenotype component (BPC).

Key words: Juvenile, Gold-eye rockfish *Sebastes thompsoni*, Diet composition, Yellow Sea Bottom Cold Water

서 론

불볼락(*Sebastes thompsoni*)은 썸뱅이목 양볼락과에 속하는 난태생 어종이며, 수심 약 70-150 m의 암반 저층에 서식하는 정착성 어류로 한국 전 연안, 동중국해 등에 걸쳐 분포한다고 알려져 있다(Kim et al., 2005, Heo et al., 2015; Chen et al., 2017). 불볼락은 한국에서 '열기'라는 방언으로 불리고 선호도가 높은 상업성 어종 중 하나이며 초기 생활기에는 부유해조류에서 발견되기도 한다(Kokita and Omori, 1998; Kokita and Omori, 1999). 불볼락은 경제적, 자원학적으로 가치가 높은 만큼 다양한 선행연구가 수행되었다. 불볼락의 생식주기(Lee et al., 1998), 식성(Huh et al., 2008), 생식생태(Baek et al., 2010), 연령과 성장(Heo et al., 2015), 성숙과 산란(Yang et al., 2016)과 같은 성어 생태에 대한 연구가 이루어졌으며, 유조에서 채집된 불볼락의 초기생활사(Nagasawa and Kobayashi, 1995; Kokita and Omori, 1998; Kokita and Omori, 1999), 초기 먹이생물에 관한 연구는 어류의 생태 연구를 위한 가장 기초적인 자료이며,

나아가 성육장의 기능을 확인 할 수 있는 중요한 자료로 사용된다(Huh et al., 2008). 하지만 불볼락 치어의 초기 먹이생물에 관한 연구는 부족한 실정이다.

본 연구의 불볼락 치어는 황해 고유수괴인 저층 냉수대 해역에서 채집되었으며, 부유기 생활이 끝나 저서 생활에 접어들 시기로 판단되었다(Nagasawa and Kobayashi, 1995; Kokita and Omori, 1999). 황해 저층 냉수대는 황해 중앙부에 생성된 10°C 이하 수온의 냉수괴를 뜻하고 수직 수온구조 변동이 크다고 알려져 있으며, 일차생산력이 높아 황해 생태계 환경에 중요한 영향을 준다고 알려져 있다(Lee et al., 2011).

따라서 본 연구의 목적은 황해 저층 냉수대에 서식하는 불볼락 치어의 먹이생물 파악 및 섭식전략 분석을 통하여 불볼락 치어의 초기 생태에 대한 정보를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

불볼락 치어는 2016년 8월 황해 저층 냉수대의 영향을 받는 해역에서 탐구 20호(885 ton)의 저층트롤(cod end 망목 20

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2017.0818>



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.

Korean J Fish Aquat Sci 50(6) 818-823, December 2017

Received 29 September 2017; Revised 8 November 2017; Accepted 14 December 2017

*Corresponding author: Tel: +82. 55. 650. 2231 Fax: +82. 55. 650. 2206

E-mail address: jmjeong3122@nifs.go.kr

mm)을 사용해 채집하였다(Fig. 1). 또한 탐구 20호에 탑재된 CTD (Sea-bird 911 plus, USA)를 통해 채집 해역의 수온과 염분을 측정하였으며, 채집된 불볼락 치어 시료는 10% 중성포르말린으로 고정하여 실험실로 운반 후 체장을 각 1 mm까지 측정하였다. 이후, 각 개체의 위를 적출한 뒤 현미경 아래에서 위내용물을 가능한 중 수준까지 동정하였다. 동정한 먹이생물은 각각의 개체수를 계수하고, 크기를 측정한 뒤, Takatsu et al. (2007)의 계산식을 참고하여 부피를 계산하였다. 위내용물 분석 결과는 각 먹이생물의 출현빈도(%F), 개체수비(%N) 그리고 부피비(%V)로 나타내었으며(Kim et al., 2017), 먹이생물의 상대중요성지수(index of relative importance, IRI)를 Pinkas et al. (1971)의 식을 이용하여 구하였다. 이를 백분율로 환산하여 상대중요성지수비(%IRI)로 나타내었다.

위내용물 조사를 위한 충분한 표본크기를 결정하기 위하여 누적먹이곡선(cumulative prey curve)을 사용하였으며(Ferry and Cailliet, 1996), 주로 출현한 8개의 분류군으로 100번 무작위화한 뒤, 평균과 표준편차를 그래프 상에 나타내었다. 이때 곡선의 점근선은 위내용물 분석을 위한 최소 표본크기를 나타낸다. 불볼락 치어의 먹이중요도, 섭식전략, 섭식폭을 Amundsen et al. (1996)의 도해적방법을 사용하여 나타내었다. 이는 출현빈도(%F)에 따른 특정먹이생물우점도(pre-specific abundance)를 도식화한 방법으로 다음과 같은 식을 이용한다.

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

여기서, P_i 는 먹이생물 i 의 특정먹이생물우점도(pre-specific

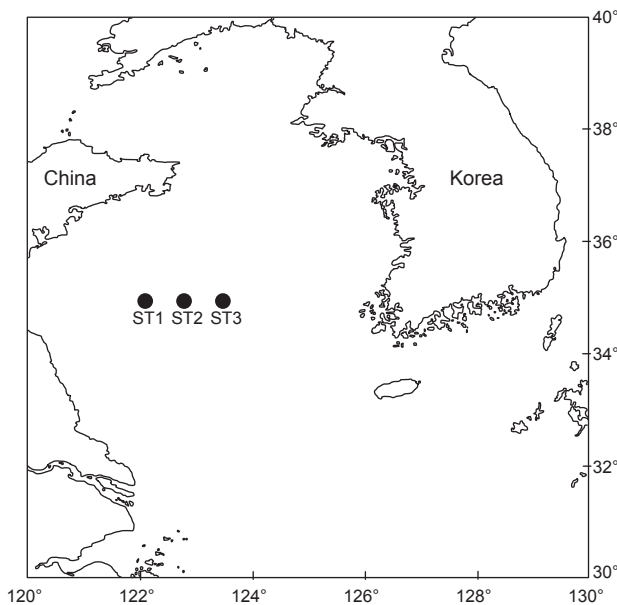


Fig. 1. Location of sampling site in the Yellow Sea Bottom Cold Water

abundance), S_i 는 위내용물 중 먹이생물 i 의 개체수(부피), S_{ij} 는 먹이생물 i 를 섭식한 개체의 위내용물 중 전체 먹이생물 개체수(부피)이다.

결과 및 고찰

본 연구가 진행된 해역의 표층과 저층 평균 수온, 표층과 저층의 평균 염분을 측정된 결과, 최고 수심은 75 m였고, 수온은 8.6-30.0°C, 염분은 31.8-32.8 psu의 범위를 보였다. 수심 약 30 m부터 최고 수심인 75 m까지 10.0°C이하의 냉수대가 형성되어 있는 것을 확인 할 수 있었으며, 염분은 큰 차이를 보이지 않았다(Fig. 2). 본 연구 대상어종인 불볼락 치어는 수온 10.0°C 이하, 염분 33.0 psu 이하의 수괴에서 채집된 것을 확인해볼 수 있는데, 이러한 수괴는 전형적인 황해 저층 냉수대의 특징을 나타내고 있다(Koh et al., 2016). 일본 북부해역에 출현하는 불볼락 자치어는 다양한 수온 범위에서 출현양상을 보였으며(Kokita and Omori, 1999), 불볼락 치어를 비롯하여 성어도 본 연구 해역과 같은 10.0°C 이하의 수괴에서 분포하는 것으로 나타났다(Lee et al., 2010). 이를 바탕으로 볼 때 본 연구해역의 냉수대에서도 불볼락 치어가 출현하기에 적합한 수온이었음을 알 수 있다.

본 연구기간 동안 채집된 불볼락 치어는 총 121개체였으며, 체장 40-50 mm의 범위를 보였다. 체장 43 mm가 18.2%의 출현 비율을 보여 가장 많이 출현하였으며, 체장 45 mm가 17.4%의 출현비율을 보여 두 번째로 많이 출현하였다(Fig. 3).

채집된 121개체의 불볼락 치어 중 56개체가 공복이었으며, 46.3%의 공복율을 나타내었다. 위내용물이 발견된 65개체를 대상으로 누적 먹이곡선을 조사한 결과, 45개체에서 점근선에 근접하였다. 따라서 본 연구에 사용된 65개체는 불볼락 치어의

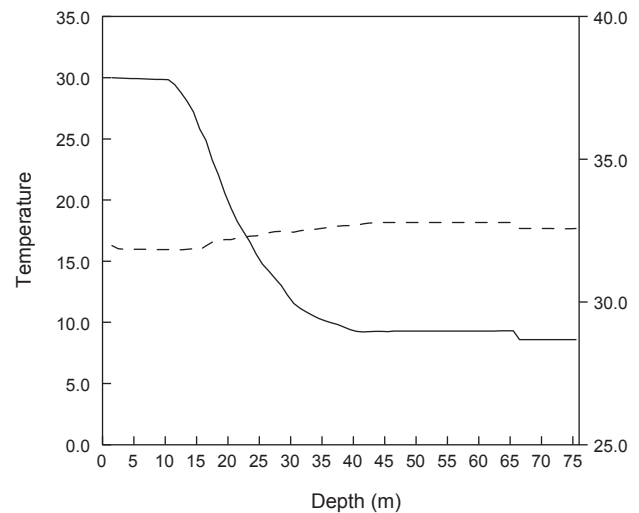


Fig. 2. Vertical profile of water temperature and salinity of the Yellow Sea Bottom Cold Water in August, 2016.

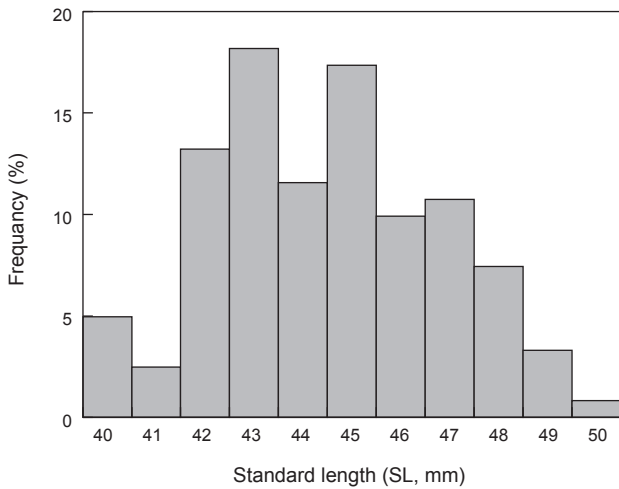


Fig. 3. Size frequency in percentage of standard length juvenile goldeye rockfishes *Sebastes thompsoni* collected in the Yellow Sea Bottom Cold Water.

위내용물을 설명하기 위한 충분한 개체였음을 알 수 있다(Fig. 4). 캘리포니아 카멜만에 출현하는 볼락속 치어들의 경우, 계절에 따른 먹이생물의 풍부도에 따라 공복율이 결정되며, 계절에 따라 공복율이 크게 차이가 있었다(Hallacher and Roberts, 1985). 본 연구에 사용된 볼락속 치어도 비교적 높은 공복율을 보였는데, 본 연구가 진행된 시기에 채집 장소인 황해 중심부 해역은 다른 계절에 비해 치어들의 먹이생물이 되는 플랑크톤의 번식이 비교적 감소한다고 알려져 있어 볼락속 치어 역시 낮은 수온의 저층 냉수대에서 높은 공복율을 보인 것으로 생각된다(Chung et al., 1991).

공복을 제외한 65개체를 대상으로 위내용물을 분석한 결과(Table 1), 단각류(Amphipoda)가 출현빈도 46.2%, 개체수비 47.7%, 부피비 27.9%, 상대중요성지수비 57.3%로 가장 중요한 먹이생물이었다. 단각류 중 *Hyperia* sp.가 출현빈도 26.2%, 개체수비 30.7%, 부피비 14.4%로 가장 많이 섭식되었으며, 그 다음으로 *Caprella* sp.가 출현빈도 6.2%, 개체수비 4.5%, 부피비 10.8%로 두 번째로 많이 섭식된 먹이생물이었다. 단각류 다음으로 많이 섭식된 먹이생물은 난바다곤쟁이류(Euphausiacea)로 출현빈도 30.8%, 개체수비 27.3%, 부피비 37.9%, 상대중요성지수비 32.9%를 나타내었다. 이 외에 요각류(Copepoda), 십각류(Decapoda), 쿠마류(Cumacea)를 섭식되었지만 출현량은 매우 적었다.

볼락속 치어의 위내용물 전체에 대한 먹이생물 분류군별 개체수, 부피의 도해적방법을 이용한 섭식전략 결과를 살펴보면, 개체수, 부피 모두에서 특정먹이생물우점도(pre-specific abundance)는 모든 먹이생물에서 50% 이상으로 나타났지만, 출현빈도(frequency of occurrence)에서는 모든 먹이생물이 50%를 넘지 않은 것으로 나타났다(Fig. 5). 출현빈도에 대한 특정

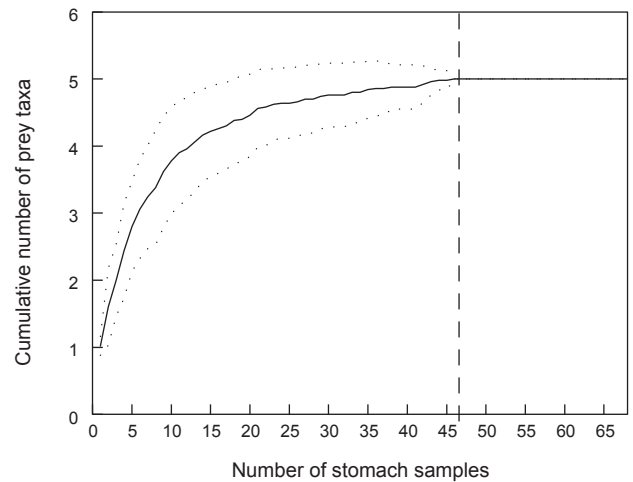


Fig. 4. Cumulative prey curves of prey taxa per gut contents of juvenile goldeye rockfish *Sebastes thompsoni* in the Yellow Sea Bottom Cold Water. Dashed lines represent standard deviation after 100 permutations.

먹이생물우점도 그래프 상에 나타내는 방법은 Amundsen et al. (1996)에 의해 제안 되었으며, 많은 연구에서 어류의 섭식형태 및 섭식전략을 분석하는데 유용하게 사용되었다. 먹이생물종(또는 분류군)이 그래프에서 상부에 위치할수록 우점 먹이생물이며, 좁은 섭식폭을 가진 섭식특화종임을 나타낸다. 어류의 섭식전략에서 섭식특화종은 좁은 섭식폭을 가지는 반면, 섭식일 반종은 넓은 섭식폭을 가진다(Pianka, 1988).

본 연구 대상어종인 볼락속 치어는 단각류(Amphipoda)를 가장 많이 섭식하여 우점 했으며, 그 다음으로는 난바다곤쟁이류(Euphausiacea)를 많이 섭식하여 차우점 하였다. 같은 속에 속하는 *Sebastes melanops* 치어와 *Sebastes mystinus* 치어 역시 단각류를 가장 많이 섭식하여 우점 먹이생물에서는 본 연구와 매우 유사한 경향을 보였으나, 차우점 먹이생물은 갈고리노벌레목(Harpacticoida)에 속하는 요각류로 나타나 본 연구와 다른 결과를 보였다(Studebaker and Mulligan, 2008). *Sebastes carnatus* 치어의 경우, 볼락속 치어를 가장 많이 섭식한 것 나타나 본 연구 결과 뿐 아니라 다른 볼락속 치어와도 다른 경향을 보였다(Hallacher and Roberts, 1985).

볼락속에 속하는 어종은 모두 유사한 형태를 가지고 있고, 대부분의 종이 큰 입을 가진 포식자이다(Hallacher and Roberts, 1985). 포식능력은 형태적인 특징과 큰 연관성을 가지기 때문에(Hunter, 1981), 특히 형태적으로 유사한 볼락속 치어들은 비슷한 먹이생물군을 섭식할 것으로 추측하였지만 전혀 다른 먹이생물을 선호하기도 했다.

이와 같은 선행연구 결과를 볼 때, 볼락속 치어를 비롯한 볼락속 어류는 서식하는 해역에서 풍부하게 분포하고 섭식이 용이한 먹이생물을 주로 섭식하는 것으로 생각된다. *Sebastes mela-*

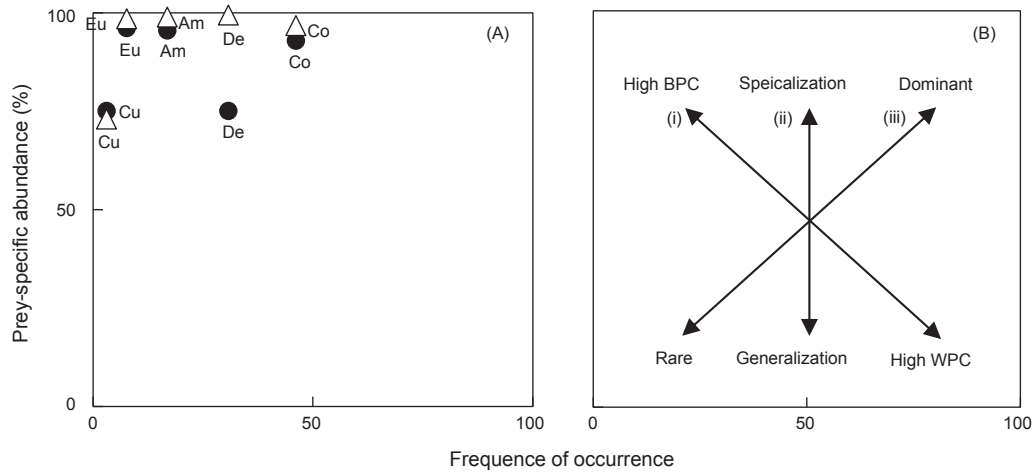


Fig. 5. (A) Graphical representation of feeding pattern of juvenile goldeye rockfish *Sebastes thompsoni* in the Yellow Sea Bottom Cold Water (Am, Amphipoda; Co, Copepoda; Cu, Cumacea; De, Decapoda; Eu, Euphausiacea), (Δ , with number of prey items; \bullet , with weight of prey items) (B) Explanatory 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).

Table 1. Composition of the gut contents of juvenile goldeye rockfish *Sebastes thompsoni* by frequency of occurrence, number, volume and index of relative importance (IRI)

Prey items	%F	%N	%V	IRI	%IRI
Amphipoda	46.2	47.7	27.9	3,492.2	57.3
Amphithoidae	4.6	3.4	1.6	23.0	
<i>Ampithoe</i> sp.	4.6	3.4	1.6	23.0	
Caprellidae	6.2	4.5	10.8	94.7	
<i>Caprella</i> sp.	6.2	4.5	10.8	94.7	
Hyperridae	26.2	30.7	14.4	1,177.8	
<i>Hyperia</i> sp.	26.2	30.7	14.4	1,177.8	
Unidentified Amphipoda	9.2	9.1	1.2	94.7	
Copepoda	16.9	14.8	2.4	290.7	4.8
Oithonidae	1.5	1.1	1.3	3.7	
<i>Oithona</i> sp.	1.5	1.1	1.3	3.7	
Paracalanidae	4.6	4.5	0.9	25.3	
<i>Paracalanus parvus</i> s.l.	4.6	4.5	0.9	25.3	
Unidentified Copepoda	10.8	9.1	0.2	100.0	
Cumacea	3.1	3.4	0.9	13.2	0.2
Unidentified Cumacea	3.1	3.4	0.9	13.2	
Decapoda	7.7	6.8	30.9	290.3	4.8
Crangonidae	1.5	1.1	6.6	11.9	
Hippolytidae	1.5	1.1	16.8	27.6	
Unidentified Decapoda	4.6	4.5	7.5	55.6	
Euphausiacea	30.8	27.3	37.9	2,004.0	32.9
Euphausiidae	30.8	27.3	37.9	2,004.0	
<i>Euphausia</i> sp.	30.8	27.3	37.9	2,004.0	
		100.0	100.0	6,090.3	100.0

nops 치어와 *Sebastes mystinus* 치어의 경우에도 같은 해역이지만 매년 달라지는 동물플랑크톤의 풍도에 따라 선호하는 먹이생물의 비율이 달라지는 것을 확인해 볼 수 있었다(Studebaker and Mulligan, 2008).

본 연구대상 종인 불볼락 치어 역시 유사한 경향을 나타낼 것으로 생각되며, 특정먹이생물우점으로 알아본 섭식전략의 결과로 미루어 보았을 때도 특정 먹이생물을 무조건 선호하는 것이 아니라 상황에 따라 다양한 분류군을 섭식하여 넓은 섭식폭을 가지는 기회주의적 섭식자로서의 경향을 나타내고 있었다(Chippis and Garvey, 2007). 불볼락 치어가 서식하고 있는 황해 저층 냉수대는 연중 비교적 높은 영양염류, 일차생산력을 지닌 해역으로 계절적으로 다양한 형태를 가지고 있으며, 동물플랑크톤의 분포에도 영향을 준다고 알려져 있다(Park et al., 1994; Jang and Kim, 1998). 불볼락 치어는 다양한 먹이생물을 폭넓게 섭식하기 때문에 본 해역에 서식하는데 있어서 큰 어려움이 없을 것으로 생각되며, 향후 지속적이고 다양한 계절에 따른 연구로 보다 정확한 먹이생물과 식성을 파악하는 것이 필요할 것이다.

사 사

이 논문은 2017년도 국립수산과학원 수산시험 연구사업(R2017026)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 the Costello (1990) method. *J Fish Biol* 48, 607-614. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8649.1996.tb01455.x>.
- Baek, 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
- Chen Y, Shan X, Jin X, Johannessen A, Yang T and Dai F. 2017. Changes in fish diversity and community structure in the central and southern Yellow Sea from 2003 to 2015. *China J Oceanol Limnol* 1-13. <http://dx.doi.org/10.1007/s00343-018-6287-6>.
- Chippis SR and Garvey JE. 2007. Assessment of food habits and feeding patterns. Analysis and interpretation of freshwater fisheries data. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, 473-514.
- Chung CS, Kim SH, Kang DJ and Hong GH. 1991. Primary productivity and dynamics of nutrients and dissolved oxygen in summer in the Central Yellow Sea. *Yellow Sea Res* 4, 89-102.
- Ferry LA and Cailliet GM. 1996. Sample size and data analysis : are we characterizing and comparing diet properly, In: MacKinlay D, Shearer K (eds) Feeding ecology and nutrition in fish, symposium proceedings, San Francisco, U.S.A., 71-80.
- Hallacher LE and Roberts DA. 1985. Differential utilization of space and food by the inshore rockfishes (Scorpaenidae: *Sebastes*) of Carmel Bay, California. *Environ Biol Fish* 12, 91-110. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00002762>.
- Heo YW, Lee JB, Yang JH, Cha HK, Kim JJ and Zhang CI. 2015. Age and Growth of the Goldeyes Rockfish *Sebastes thompsoni* in the Ulleungdo and Dokdo Areas. *Korean J Fish Aquat Sci* 48, 929-939. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2015.0929>.
- Huh SH, Nam KM, Choo HG and Baek GW. 2008. Feeding Habits of *Sebastes thompsoni* in the Coastal Waters off Busan, Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 41, 32-38. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2008.41.1.032>.
- Hunter JR. 1981. Feeding ecology and predation of marine fish larvae. In : Lasker R (ed) Marine fish larvae. Washington Sea Grant Program. University of Washington, Seattle, U.S.A., 3-77.
- Jang MC and Kim WS. 1998. Zooplankton distribution and environmental characteristics of the Yellow Sea in spring, 1996. *Ocean Res* 20, 19-28.
- Kim HJ, Jeong JM, Park JH and Baek GW. 2017. Feeding Habits of Larval Japanese anchovy *Engraulis japonicas* in Eastern Jinhae Bay, Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 50, 92-97. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2017.0092>.
- Kim IS, Choi Y, Lee CH, Lee YJ, Kim BJ and Kim JH. 2005. Illustrated Book of Korean Fishes. Kyohak Publicatio, Seoul, Korea, 615.
- Koh EH, Joo HW, Lee DW, Cha HK and Choi JH. 2016. Community Composition and Distribution of Fish Species Collected by Bottom Trawl from the Middle of the Yellow Sea in Summer (2008-2014). *Korean J Fish Aquat Sci* 49, 849-855. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2016.0849>.
- Kokita T and Omori M. 1998. Early life history traits of the gold-eye rockfish, *Sebastes thompsoni*, in relation to successful utilization of drifting seaweed. *Mar Biol* 132, 579-589. <http://dx.doi.org/10.1007/s002270050423>.
- Kokita T and Omori M. 1999. Long distance dispersal of larval and juvenile rockfish, *Sebastes thompsoni*, with drifting seaweed in the Tohoku area, northwest Pacific, estimated by analysis of otolith microstructure. *B Mar Sci* 65, 105-118.
- Lee HB, Kang DH and Kim US. 2011. Biological sound scattering layer around the Yellow Sea Bottom Cold Water, Korea. *JSNAK* 6, 193-198.
- Lee HW, Hong BK, Sohn MH, Chun YY, Lee DW, Choi YM and Hwang KS. 2010. Seasonal variation in species composition of fish collected by trammel net around Dokdo, East Sea of Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 43, 693-704. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2010.0693>.
- Lee JS, An CM and Huh SH. 1998. Reproductive cycle of the

- goldeye rockfish, *Sebastes thompsoni* (Teleostei: Scorpaenidae). Korean J Fish Aquat Sci 31, 8-16.
- Nagasawa T and Kobayashi T. 1995. The early life history of the rockfish, *Sebastes thompsoni* (Scorpaenidae), in the Sea of Japan. Japan J Ichthyol 41, 385-396. <http://dx.doi.org/10.11369/jji1950.41.385>
- Park YC, Yoon CH and Chung KH. 1994. Amino acid composition and characteristic of dissolved organic compounds in the Yellow Sea. J Oceanol Soc Kor 29, 171-182.
- Pianka ER. 1988. Evolutionary ecology, 4th ed. Harper and Row, New York, U.S.A.
- Pinkas L, Oliphant MS and Iverson ILK. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. Fish Bull 152, 1-105.
- Studebaker RS and Mulligan TJ. 2008. Temporal variation and feeding ecology of juvenile *Sebastes* in rocky intertidal tide pools of northern California, with emphasis on *Sebastes melanops* Girard. J Fish Biol 72, 1393-1405. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8649.2008.01805.x>.
- Takatsu T, Suzuki Y, Shimizu A, Imura K, Hiraoka Y and Shiga N. 2007. Feeding habits of stone flounder *Platichthys bicoloratus* larvae in Mutsu Bay, Japan. Fisheries Sci 73, 142-155. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1444-2906.2007.01312.x>.
- Yang JH, Lee JB, Lee HW, Cha HK, Kim SR and Heo YW. 2016. Maturity and Spawning of *Sebastes thompsoni* in the Coastal Waters off Ulleungdo, Korea. Korean J Fish Aquat Sci 49, 404-409. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2016.0403>.