

한국 동해 연안해역에 출현하는 청어(*Clupea pallasii*)의 식성

손승현 · 정재묵 · 김현지 · 김경률 · 백근욱^{1*}

국립수산과학원 수산자원연구센터, ¹경상국립대학교 해양생명과학과/양식생명과학과/해양산업연구소/해양생물교육연구센터

Feeding Habits of the Pacific Herring *Clupea pallasii* in the Coastal Waters of the East Sea, Korea

Seung Hyun Son, Jae Mook Jeong, Hyeon Ji Kim, Kyung Ryul Kim and Gun Wook Baeck^{1*}

Fisheries Resources Research Center, National Institute of Fisheries Science, Tongyeong 56034, Republic of Korea

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

The feeding habits of the Pacific herring *Clupea pallasii* were examined based on 333 specimens collected from the coastal waters of the East Sea of Korea. Sampling was conducted in April, June, and September 2019 and February 2020. The total length of the *C. pallasii* ranged from 11.9 cm to 37.7 cm. Euphausiids (93.0%, index of relative importance, *IRI*), especially Euphausia, comprised the primary diet of the Pacific herring, in addition to amphipods, copepods, and fishes. The dietary composition of *C. pallasii* showed non-significant differences by size. As body size of *C. pallasii* increased, the mean number of preys per stomach (*mN/ST*) and the mean weight of preys per stomach (*mW/ST*) tended to increase.

Keywords: Feeding habits, Pacific herring, *Clupea pallasii*, Stomach contents, East Sea

서 론

청어(*Clupea pallasii*)는 청어목(Clupeiformes) 청어과(Clupeidae)에 속하는 부어류로, 우리나라 동해, 일본북부, 발해만, 북태평양에 분포하는 것으로 알려져 있다(Kim et al., 2005; NIFS, 2017). 청어의 산란기는 우리나라 동해와 남해에서 1-2 월로 알려져 있으며(NIFS, 2017; Moon et al., 2019), 산란기가 되면 깊은 바다에서 얇은 연안이나 내만으로 산란회유하여 15 m 미만 수심의 암반 및 해조류에 침성점착란을 산란한다(Tamura et al., 1954; Hoshikawa et al., 2004). 청어는 수염고래류(Mysticeti), 태평양참다랑어(*Thunnus orientalis*), 대구(*Gadus macrocephalus*) 등의 상위포식자의 먹이생물로 알려져 있으며(Yoon et al., 2012, 2015), 청어와 같은 동물성플랑크톤식자(Zooplanktivorus)들은 해양생태계에서 이차생산자와 상위 영양단계를 연결하는 중요한 영양단계에 속해 있다(Kim et al., 2013).

청어는 주로 소형선망어업에 의해 어획되며(KOSIS, 2022),

어획량은 1990년부터 2020년까지 연간 평균 9,263톤 수준이 었지만 2002년에 1,961톤의 최저치를 나타냈고, 이후 급격히 증가하여 2008년에는 45,505톤의 최고치를 나타냈다(KOSIS, 2022). 이후 해황에 따라 어획량의 차이가 있지만 감소하는 경향을 보이고 있는 추세이다. 이러한 청어 어획량의 큰 변동은 수온과 초기 자원가입에 중요한 치어의 남획과 산란장 파괴등으로 인한 것으로 판단되며(Ji et al., 2015; Yoo and Kim, 2021), 자원의 지속적인 이용을 위해 정확한 자원 평가가 필요하다.

식성에 관한 국외 연구로는 브리티시컬럼비아(Wailes, 1936), 홋카이도(Kanno and Fukuda, 1993), 알래스카 청어 자치어(Foy and Norcross, 1999)를 대상으로 보고되었다. 또한, 국내 연구로는 낙동강 하구역(Choi et al., 2015), 진해만 동부해역(Kim et al., 2017), 동해 남부(Park and Huh, 2017)에서 자치어와 유어에 관한 식성 연구만이 이루어져 있을 뿐 청어 성어를 대상으로한 연구는 부족한 실정이다.

생태계에서 모든 생물들은 생존과 번식을 위한 많은 에너지를 먹이생물을 섭식하여 얻게 된다(Choi et al., 2016). 어류의 섭

*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.2022.0224>

Korean J Fish Aquat Sci 55(2), 224-228, April 2022

Received 26 January 2022; Revised 22 February 2022; Accepted 18 April 2022

저자 직위: 손승현(연구원), 정재묵(연구사), 김현지(연구사), 김경률(연구원), 백근욱(교수)

식 활동은 생존, 성장, 산란 등의 생활사 전반에 일어나는 모든 현상과 밀접한 관계를 가지고 있으며(Wotton, 1990), 수산자원 관리 및 평가에 필요한 생물학적 정보로 이용할 수 있다. 또한, 식성연구는 해양생태계 내에서 포식자와 피식자 간의 관계와 군집 내에서 섭식활동과 먹이생물 경쟁으로 인한 에너지의 흐름을 파악하여 어류의 기능적인 역할을 알 수 있으며(Cruz-Escalona et al., 2000; Hajisamae et al., 2003), multispecies virtual population analysis (MSVPA)와 같은 먹이망을 기반으로 한 어업관리프로그램 개발의 기초가 되기 때문에 지속적인 연구가 필요하다(Zhang, 2002; Oronsaye and Nakpodia, 2005).

본 연구의 목적은 우리나라 동해에서 채집된 청어의 먹이생물 조성 분석을 통해 1) 주먹이생물을 파악하고, 2) 크기군별 먹이생물 조성을 파악하는 것이다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 청어 333개체의 시료는 2019년 4월, 6월, 9월, 2020년 2월에 동해의 55, 63, 69, 70, 76, 87, 93 해구에서 국립수산물품질관리원 탐구 22호의 저층 트롤을 이용하여 약 100–300 m의 수심에서 채집하였다. 채집된 시료는 현장에서 전장(total length, cm), 습중량(g)을 측정하였으며, 위를 적출하여 10% formalin solution에 고정하였다. 이후 위는 실험실로 운반하여 해부현미경 아래에서 위내용물을 분석하였으며, 출현한 먹이생물의 습중량(g)을 정밀전자 저울(Analytical Balance ME204TE/00; Mettler Toledo, Greifensee, Switzerland)을 이용하여 측정 후 개체수를 계수하였다. 출현한 먹이생물은 new illustrated encyclopedia of the fauna of Japan (Kaname, 1998), 한국어류대도감(Kim et al., 2005), 한국의 무척추동물(Hong et al., 2006)을 이용하여 가능한 중 수준까지 분석하였으며, 위내용물 분석결과는 다음 식을 이용해 각 먹이생물에 대한 출현빈도(%F), 개체수비(%N), 습중량비(%W)를 나타내었다.

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

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

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

여기서, A_i 는 위내용물 중 해당하는 먹이생물이 나타난 청어의 개체수이고, N 은 먹이생물을 섭식한 청어의 총 개체수, N_i (W_i)는 해당하는 먹이생물의 개체수(중량), N_{total} (W_{total})은 전체 먹이생물 개체수(중량)이다.

먹이생물의 상대중요도지수(index of relative importance, IRI)는 다음의 식을 이용하여 구하였으며, 이를 백분율로 환산하여 상대중요도지수비(%IRI)로 나타냈다(Pinkas et al., 1971).

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

채집된 청어의 크기군별 먹이생물 조성을 파악하기 위하여 채집된 시료를 3개의 크기군(<24 cm, $n=117$; 24–30 cm, $n=119$; ≥ 30 cm, $n=97$)으로 나누어 각 크기군별 먹이생물의 조성을 알아보았다. 또한 크기군별 먹이섭식 특성을 파악하기 위해 크기군별 개체당 먹이생물의 평균 개체수(mean number preys per stomach, mN/ST)와 개체당 먹이생물의 평균 중량(mean weight preys per stomach, mW/ST)을 구하였으며, 일원배치 분산분석(One-way Analysis of variance, ANOVA)을 이용하여 유의성을 검정하였다.

결 과

위내용물 조성

본 연구에 사용된 청어는 총 333개체였으며, 전장은 11.9–37.7 cm의 범위를 보였다. 먹이생물을 전혀 섭식하지 않은 개체는 45개체로 13.5%의 공복율을 나타내었다. 위내용물이 발견된 288개체의 위내용물을 분석한 결과(Table 1), 청어의 주먹이생물은 83.3%의 출현빈도, 77.7%의 개체수비, 87.2%의 중량비를 보여 93.0%의 상대중요도지수비를 차지한 난바다곤쟁이류(Euphausiacea)로 나타났다. 난바다곤쟁이류 중에 42.7%의 출현빈도, 64.8%의 개체수비, 77.6%의 중량비를 차지한 태평양난바다곤쟁이(*Euphausia pacifica*)가 가장 중요한 먹이생

Table 1. Composition of the stomach contents of *Clupea pallasii* by frequency of occurrence (%F), number (%N), wet weight (%W), and index of relative importance (%IRI) caught in the East Sea, Korea

| Prey organisms | %F | %N | %W | IRI | %IRI |
|------------------------------|------|-------|-------|----------|-------|
| Amphipoda | 47.6 | 11.7 | 4.7 | 783.0 | 5.3 |
| <i>Parathemisto japonica</i> | 0.7 | + | + | | |
| <i>Parathemisto</i> sp. | 46.9 | 11.7 | 4.7 | | |
| Copepoda | 8.7 | 9.7 | 1.2 | 94.8 | 0.6 |
| <i>Calanus</i> sp. | 5.2 | 9.5 | 1.2 | | |
| Unidentified Copepoda | 3.5 | 0.2 | + | | |
| Euphausiacea | 83.3 | 77.7 | 87.2 | 13,741.7 | 93.0 |
| <i>Euphausia pacifica</i> | 42.7 | 64.8 | 77.6 | | |
| <i>Euphausia</i> spp. | 40.6 | 12.9 | 9.6 | | |
| Macrura | 0.3 | + | + | + | + |
| Chaetognatha | 7.6 | 0.5 | 0.4 | 6.5 | + |
| <i>Sagitta</i> sp. | 7.6 | 0.5 | 0.4 | | |
| Pisces | 21.5 | 0.4 | 6.5 | 147.4 | 1.0 |
| <i>Maurollicus muelleri</i> | 17.7 | 0.3 | 6.0 | | |
| Unidentified Pisces | 3.8 | + | 0.4 | | |
| Stones | 0.3 | + | + | + | + |
| Total | | 100.0 | 100.0 | 14,773.4 | 100.0 |

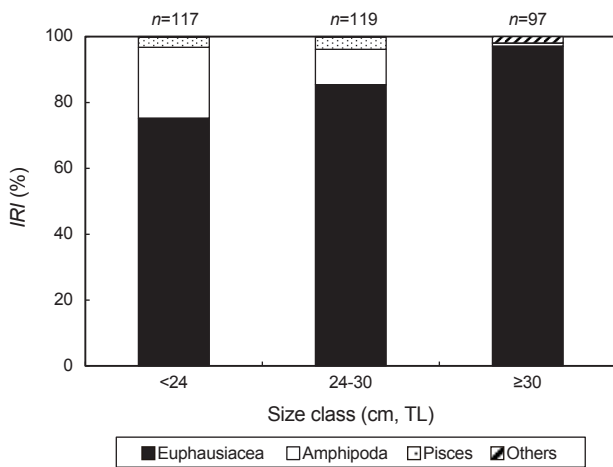


Fig. 1. Ontogenetic changes in composition of *Clupea pallasii* based on by index of relative importance (%IRI) among size classes (<24 cm, $n=117$; 24–30 cm, $n=119$; ≥ 30 cm, $n=97$) caught in the East Sea, Korea.

물로 나타났다. 그 외, 단각류(Amphipoda), 어류(Pisces), 요각류(Copepoda) 등 다양한 먹이생물을 섭식하였지만, 각각 5.3% 이하의 상대중요도지수비를 보여 그 양은 많지 않았다.

성장에 따른 먹이생물 조성의 변화

성장에 따른 먹이생물 조성을 분석한 결과(Fig. 1), <24 cm 크기군에서 난바다곤쟁이류가 75.2%의 상대중요도지수비를 차지하여 가장 우점한 먹이생물이었고, 두 번째로 우점한 먹이생물은 21.6%의 상대중요도지수비를 차지한 단각류였다. 24–30 cm 크기군에서는 난바다곤쟁이류가 85.3%의 상대중요도지수비를 차지하여 가장 우점한 먹이생물이었고, 두 번째로 우점한 먹이생물은 10.8%의 상대중요도지수비를 차지한 단각류였다. ≥ 30 cm 크기군에서는 난바다곤쟁이류가 97.1%의 상대중요도지수비를 차지하여 가장 우점한 먹이생물이었다. 따라서, 난바다곤쟁이류는 모든 크기군에서 가장 우점한 먹이생물이었고, 단각류는 성장함에 따라 감소하는 경향을 보였다.

크기별 평균 먹이생물 개체수, 중량

크기군별 먹이섭식 특성을 파악하기 위해 크기군별 개체당 먹이생물의 평균 개체수와 중량을 구한 결과(Fig. 2), 크기군별 청어의 개체당 평균 먹이생물의 개체수(mN/ST , One-way ANOVA, $F=12.128$, $P<0.05$)와 중량(mW/ST , One-way ANOVA, $F=33.555$, $P<0.05$) 모두 청어의 전장이 증가함에 따라 증가하였으며, 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

고 찰

본 연구에서 청어의 가장 중요한 먹이생물은 난바다곤쟁이류에 속하는 태평양난바다곤쟁이(*E. pacifica*)로 확인할 수 있었

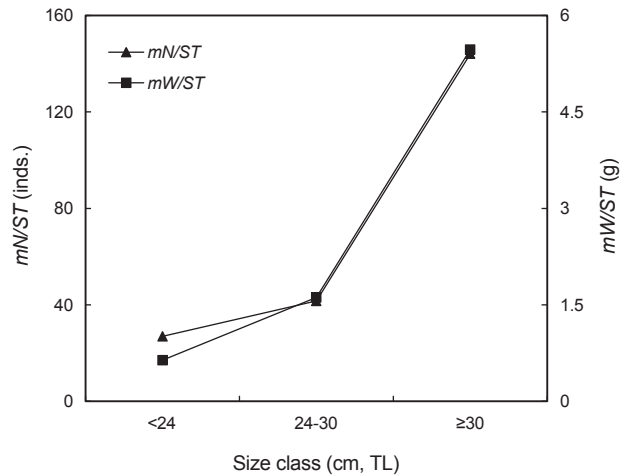


Fig. 2. Variation of mean number of preys per stomach (mN/ST) and mean wet weight of preys per stomach (mW/ST) of *Clupea pallasii* among size classes (<24 cm, $n=117$; 24–30 cm, $n=119$; ≥ 30 cm, $n=97$) caught in the East Sea, Korea.

다. 난바다곤쟁이류는 조사 지역인 동해에서 높은 밀도로 개체군을 형성하는 특징을 가지고 있으며(Endo, 1984), 대량으로 출현하는 것으로 알려져 있다(Komaki, 1967). 따라서, 본 연구에서 청어는 무리를 지어 회유하기에 필요한 에너지를 얻기 위해 동해에 풍부하게 서식하는 난바다곤쟁이류를 주로 섭식하는 기회주의적 섭식자(opportunistic feeder)로 추정된다. 또한, 선행연구에 따르면 브리티시컬럼비아(Wailes, 1936), 홋카이도(Kanno and Fukuda, 1993), 알래스카(Foy and Norcross, 1999)에 출현하는 청어는 요각류를 주로 섭식하는 것으로 보고 되었는데, 이를 통해, 동해에 서식하는 청어는 난바다곤쟁이류와 요각류가 풍부하게 출현하기 때문에 이들을 주로 섭식하는 동물성플랑크톤식자로 판단된다.

성장에 따른 먹이생물변화 양상을 알아본 결과, 모든 크기군에서 난바다곤쟁이류가 가장 우점한 먹이생물로 나타났으며, 성장함에 따라 뚜렷한 먹이전환은 관찰되지 않았다. 청어 자치어에 관한 국내 연구에 따르면, 0.5–2.7 cm의 크기군에 해당하는 청어 자치어의 주먹이생물은 요각류로 나타났고(Choi et al., 2015; Kim et al., 2017), 7.4–17.4 cm의 크기군에 해당하는 청어 치어의 주먹이생물은 난바다곤쟁이류로 나타났고(Park and Huh, 2017). 국외 연구에 따르면, 알래스카에 출현하는 4.2–10.8 cm 크기군의 청어 치어는 요각류를 주로 섭식하고(Foy and Norcross, 1999), 브리티시컬럼비아에 출현하는 청어는 요각류를 주로 섭식하다 성장하면서 난바다곤쟁이류를 주로 섭식하는 경향을 보였다(Wailes, 1936). 일반적으로 어류의 먹이생물 선택은 먹이생물의 크기, 유영 능력 등과 밀접한 관계가 있다(Govony et al., 1986). 본 연구에서 ≤ 11.9 cm의 어린 청어는 채집되지 않아 어린 청어가 요각류를 섭식하는 결과는 알 수 없었으나, 많은 선행연구 결과를 살펴보았을 때 청어는 자치어

시기에 주로 크기가 작은 요각류를 섭식하다가, 성장함에 따라 에너지 효율 측면에서 유리한 상대적으로 큰 먹이생물인 난바다근쟁이류로 먹이전환을 하는 것으로 추측된다.

성장에 따른 평균 먹이생물 개체수와 중량을 알아본 결과, 성장함에 따라 증가하는 경향을 보였다. 어류는 성장함에 따라 복강용적, 유영능력, 입의 크기 등이 증가하는데, 이러한 요인들로 인해 1) 평균 먹이생물 개체수와 중량이 동시에 증가하는 경우(Baek et al., 2011; Kim et al., 2021), 2) 평균 먹이생물 개체수는 감소하지만 중량은 증가하는 경우로 나누어진다(Baek et al., 2012; Ko et al., 2020). 이번 연구에서 청어는 동물성플랑크톤식자로서 성장함에 따라 증가하는 에너지 요구량을 만족시키기 위해 기회주의적 섭식(opportunistic feeding)을 하여 평균 먹이생물의 개체수와 중량이 동시에 증가하는 경향을 보인 것으로 판단된다.

사 사

이 논문은 국립수산물연구원 수산과학연구사업 근해어업자원조사(R2022030)의 지원을 받아 수행된 연구입니다.

References

- Baek GW, Huh SH, Choi HC and Park JM. 2011. Feeding habits of the redbanded searobin *Lepidotrigla guentheri* in the coastal waters off Gori, Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 44, 372-377. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2011.0372>.
- Baek GW, Park JM, Ye SJ, Jeong JM and An YS. 2012. 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>.
- Choi HC, Park JM, Youn SH and Huh SH. 2015. Feeding habits of larval *Clupea pallasii* from the Nakdong River Estuary, Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 48, 498-506. <https://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2015.0498>.
- Choi HC, Youn SH, Park JM and Huh SH. 2016. Feeding habits of whitespotted dragonet *Callionymus beniteguri* in the coastal waters off Taean, Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 49, 694-700. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2016.0694>.
- Cruz-Escalona V, Abitia-Cardenes L, Campos-Davila L, GalvanMagana F and Baja I. 2000. Trophic interrelations of the three most abundant fish species from Laguna San Cyprus. *Zool Middle East* 29, 347-354.
- Endo Y. 1984. Daytime surface swarming of *Euphauaia pacifica* (Crustacea:Euphasiacea) in the Sanriku coastal waters of northeastern Japan. *Mar Biol* 79, 269-276. <https://doi.org/10.1007/BF00393258>.
- Foy RJ and Norcross BL. 1999. Spatial and temporal variability in the diet of juvenile Pacific herring (*Clupea pallasii*) in Prince William Sound, Alaska. *Can J Zool* 77, 697-706. <https://doi.org/10.1139/z99-030>.
- Govony JJ, Ortner PB, Al-Yamani F and Hill LC. 1986. Selective feeding of spot, *Leiostomus Xanthurus*, and Atlantic croaker, *Micropogonias undulatus*, larvae in the northern gulf of Mexico. *Ecol Prog Ser* 28, 175-183.
- Hajisamae S, Chou L and Ibrahim S. 2003. Feeding habits and trophic organization of the fish community in shallow waters of an impacted tropical habitat. *Estuar Coast Shelf Sci* 58, 89-98. [https://doi.org/10.1016/S0272-7714\(03\)00062-3](https://doi.org/10.1016/S0272-7714(03)00062-3).
- Hong SY, Park KY, Park CW, Han CH, Suh HL, Yun SG, Song CB, Jo SG, Lim HS, Kang YS, Kim DJ, Son MH, Cha HK, Kim KB, Choi SD, Park KY, Oh CW, Kim DN, Shon HS, Kim JN, Choi JH, Kim MH and Choi IY. 2006 Marine invertebrates in Korean coasts. *Academybook*, Seoul, Korea, 1-479.
- Hoshikawa H, Kuwahara H, Tajima K, Kawai T, Kaneta T and Tsuda F. 2004. Characteristics of a Pacific herring *Clupea pallasii* spawning bed of Minedomari, Hokkaido, Japan. *Fish Sci* 70, 772-779. <https://doi.org/10.1111/j.1444-2906.2004.00870.x>.
- Ji HS, Lee DW, Choi JH and Choi KH. 2015. Development of Naturally-spawned Pacific herring *Clupea pallasii* Larvae. *Korean J Fish Aquat Sci* 48, 362-367. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2015.0362>.
- Kaname O. 1998. New illustrated encyclopedia of the fauna of Japan. Hokuryu-Kan Publishing Co., Ltd., Tokyo, Japan, 803.
- Kanno Y and Fukuda K. 1993. Monthly occurrence of planktonic organisms and the feeding habits of inherent herring in Noto Lake, Hokkaido. *Bull Fish Sci* 44, 158-170.
- Kim DG, Seong GC, Jin SY, Soh HY and Baek GW. 2021. Diet composition and trophic level of jack mackerel, *Trachurus japonicus* in the South Sea of Korea. *J Korean Soc Fish Ocean Technol* 57, 117-126. <https://doi.org/10.3796/KSFOT.2021.57.2.117>.
- Kim HJ, Jeong JM, Park JH and Baek GW. 2017. Feeding habits of larval *Clupea pallasii* in the Eastern Jinhae Bay, Korea. *J Korean Soc Fish Technol* 53, 107-113. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2017.53.1.107>.
- Kim MJ, Youn SH, Kim JY and Oh CW. 2013. Feeding characteristics of the Japanese anchovy, *Engraulis japonicus* according to the distribution of zooplankton in the coastal waters of Southern Korea. *Korean J Environ Biol* 31, 275-287. <https://doi.org/10.11626/KJEB.2013.31.4.275>.
- Kim IS, Choi Y, Lee CL, Lee YJ, Kim BJ and Kim JH. 2005. Illustrated book of Korean Fishes. Kyo-hak Pub Co, Seoul, Korea, 615.
- Ko AR, Lee SJ, Yang JH and Baek GW. 2020. Diet of the walleye pollock *Gadus chalcogrammus* in the East Sea, Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 53, 456-463. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2020.0456>.
- Komaki Y. 1967. On the surface swarming of Euphausiid crustacean. *Pac Sci* 21, 433-488.

- KOSIS (Korean Statistical Information Service). 2022. Statistic database for fisheries production. Retrieved from <https://kosis.kr/index/index.do> on Jan 26, 2022.
- Moon SY, Choi JH, Lee HW, Kim JN, Heo JS, Gwak WS and Lee YD. 2019. Distribution and characteristics of Pacific herring *Clupea pallasii* spawning beds in Jinhae Bay, Korea. Korean J Fish Aquat Sci 52, 534-538. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2019.0534>.
- NIFS (National Institute of Fisheries Science). 2017. Ecology and fishing ground of fisheries resources in Korean waters, 6th ed. Yemunsa Press, Busan, Korea, 411.
- Oronsaye CG and Nakpodia FA. 2005. A comparative study of the food and feeding habits of *Chrysichthys nigrodigitatus* and *Brycinus nurse* in a tropical river. Pakistan J Sci Ind Res 48, 118-121.
- Park JM and Huh SH. 2017. Diel feeding activity in summer of juvenile Pacific herring, *Clupea pallasii* in the Southeastern Coast of Korea. Korean J Fish Aquat Sci 29, 267-271.
- Pinkas L, Oliphant MS and Iverson ILK. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. Fish Bull 152, 1-105.
- Tamura T, Okubo T, Fujita T and Hirobe T. 1954. Some observations on the natural spawning of the spring herring in the western coast of Hokkaido. II. Observations made by diving into water on the natural spawning ground of the herrings. Sci Rep Hokkaido Fish Hatch 9, 95-112.
- Wailes GH. 1936. Food of *Clupea pallasii* in Southern British Columbia waters. J Bror Bo CeN 1, 477-486.
- Wotton RJ. 1990. Ecology of teleost fishes. Champman Hall, New York, NY, U.S.A., 404.
- Yoo JT and Kim JJ. 2021. Fishing characteristics of Pacific herring *Clupea pallasii* and relationship between its catch and sea temperature during the past 50 years in Korean waters. Korean J Fish Aquat Sci 54, 208-217. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2021.0208>.
- Yoon SC, Yang JH, Park JH and Choi YM. 2012. Feeding habits of the Pacific cod *Gadus macrocephalus* in the Coastal Waters off Jumunjin, Gangwondo of Korea. Korean J Fish Aquat Sci 45, 379-386. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2012.0379>.
- Yoon SC, Yoo JT, Lee SI, Kim ZG and KH Ghoi. 2015. Feeding habits of the Pacific bluefin tuna, *Thunnus orientalis* in the southern sea of Korea. Korean J Fish Aquat Sci 51, 553-560. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2015.51.4.553>.
- Zhang CI. 2002. Prospect of ecosystem-based fisheries resource management. J Korean Soc Fish Res 5, 73-90.