

진해만에서의 청어(*Clupea pallasii*) 산란장 분포와 특성

문성용* · 최정화¹ · 이해원¹ · 김정년¹ · 허진석² · 곽우석³ · 이용득³

국립수산과학원 남해수산연구소, ¹국립수산과학원 수산자원연구센터, ²국립수산과학원 수산식물품종관리센터, ³경상대학교 해양산업연구소

Distribution and Characteristics of Pacific Herring *Clupea pallasii* Spawning Beds in Jinhae Bay, Korea

Seong Yong Moon*, Jung-Hwa Choi¹, Hae-Won Lee¹, Jung-Nyun Kim¹, Jin Seok Heo², Woo Seock Gwak³ and Yong-Deuk Lee³

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

¹Fisheries Resources Research Center, National Institute of Fisheries Science, Tongyoung 53064, Korea

²Aquatic Plant Variety Center, National Institute of Fisheries Science, Mokpo 58746, Korea

³Marine Bio-Education and Research Center, The Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Korea

The distribution and characteristics of spawning beds of the Pacific herring *Clupea pallasii*, were observed by scuba diving in Jinhae Bay, Korea, with a focus on marine vegetation as adhesive substrates and egg density during the spawning season. In 2017, the fertilized eggs of *C. pallasii* were mainly found attached to the leaves of algae species *Carpopeltis cornea*, *Gracilaria textorii*, and *Acrosorium polyneurum* at the rocky shore in Wonpo-dong and Jeodo. The mean density of fertilized eggs in *C. pallasii* spawning beds was 153,776 eggs/m² off Wonpo-dong and 856,430 eggs/m² off Jeodo, giving an estimated total of 5.345×10^9 eggs in Wonpo-dong and 3.3074×10^{10} eggs in Jeodo. We examined spawning beds with an area of 38,619 m² off Wonpo-dong and 34,760 m² off Jeodo. The choice of spawning bed may be affected by the composition of marine vegetation, such as the algal diversity of rocky shore environments, which could affect adhesive substrates and egg density during the spawning season. The results of the present study suggest that the spawning season of *C. pallasii* in Jinhae Bay is in January to mid-February.

Key words: *Clupea pallasii*, Spawning bed, SCUBA diving, Egg density, Jinhae Bay

서 론

청어(*Clupea pallasii*)는 청어목(Clupeiformes) 청어과(Clupeidae)에 속하는 부어류로 (Kim et al., 2005), 우리나라 동해, 서해 및 남해동부, 일본북부, 발해만을 비롯한 북태평양 등에서 광범위하게 서식하는 주요 상업종이다(NIFS, 2017). 우리나라의 청어 어획량은 1990년 중반 이후부터 1만톤 수준에서 높게 유지되고 있으며, 연평균 1만톤 수준에서 유지되다가 2005년부터 어획량이 증가하기 시작하여 2010년 이후 2만톤의 높은 어획량을 보이고 있지만, 해황에 따라 어획량의 변동이 다소 큰 특성을 보인다(KOSIS, 2019). 어획량이 늘어난 2005년

이후 소형선망에서 어획량이 높게 나타나고 있으며, 기선권현망과 동해구외끌어어업에서도 어획량이 높게 나타나고 있다. 냉수성 어류에 속하는 청어의 산란시기는 우리나라 동해, 진해만, 통영에서 1-2월(Lee et al., 2017; NIFS, 2017), 일본 북해도에서 3-5월로 알려져 있다(Kawakami et al., 2011). 겨울철 진해만은 청어 뿐만 아니라 대구(*Gadus macrocephalus*)와 꼼치(*Liparis tanakae*)의 산란장으로 이용되고 있으며(Zhang, 1984; Lee et al., 2014; Lee et al., 2017; Moon et al., 2018), 특히, 창원시 구산면, 원포동, 잠도 인근의 해조류가 풍부한 수심 5 m 이내의 암반해역에서 청어가 산란하는 것으로 밝혀졌다(Lee et al., 2017). 국내·외의 청어 산란장 연구는 일본 북해도

*Corresponding author: Tel: +82. 61. 690. 8944 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.2019.0534>

Korean J Fish Aquat Sci 52(5), 534-538, October 2019

Received 10 July 2019; Revised 19 August 2019; Accepted 7 October 2019

저자 직위: 문성용(연구사), 최정화(연구관), 이해원(연구사), 김정년(연구관), 허진석(연구사), 곽우석(교수), 이용득(연구원)

(Hoshikawa et al., 2004; Kawakami et al., 2011), 우리나라 진해만과 통영연안(Lee et al., 2017), 북태평양 연안(Haeghele et al., 1985; Hay et al., 2009; Thompson et al., 2017) 등에서 이루어졌다. 한편, 어류의 어란과 자치어 등의 초기자원은 다음해 연급군의 강도를 결정하는데 중요한 요소로, 수산자원의 변동을 확인하기 위해 필수적이다. 또한, 산란장을 구명하는 것은 지속적이고 효율적인 자원관리를 위한 중요한 정보로 제공될 수 있다(Fuiman and Werner, 2002). 어류의 산란장을 구명하기 위해서는 산란된 어란과 부화자어를 대량으로 채집하여 추정하는 방법이 있지만, 어류의 산란기와 산란습성을 먼저 확인하는 것이 중요하다.

청어는 산란시기가 되면 어란을 보호하고 난의 유실을 최소화하기 위해 수심이 얇은 연안으로 내유하여 유속이 적당한 곳에 어란이 부착할 수 있는 해조류가 풍부한 곳에 산란을 하는 습성을 가진다(Haeghele and Schweigert, 1985; Hoshikawa, 2004). 때문에, 청어와 같이 해조류와 같은 부착기질에 산란하는 어종들은 수중잠수조사(SCUBA diving)를 통해서 확인이 가능하다(Aneer and Nellbring, 1982; Hey et al., 2009; Hoshikawa et al., 2004). 이 연구는 2017년에 주산란기인 1월부터 2월까지 진해만에서 수중잠수조사를 통해 청어 산란장의 특성을 구명하였다.

재료 및 방법

이 연구는 청어 산란장 환경특성과 분포면적을 파악하기 위해서 2017년 1월 31일부터 2월 15일까지 저도 인근해역과 청어 산란장으로 확인된 구산면, 행암동(Lee et al., 2017)과 잠도 인근해역의 수심 10 m 이내의 4개 정점에서 수중잠수조사를 실시하였다(Fig. 1). 조사기간 동안 수온 자료는 조사해역 인근에 설치되어 있는 국립해양조사원의 실시간해양관측정보시스템(마산항 해양관측부이) 자료를 활용하였고(KHOA, 2019), 어란이 주로 분포하는 수심을 확인하기 위해 ZOOP (SUNNTO, Finland)를 이용하였다. 어란의 부착 유무는 비디오와 사진촬영(DSC-RX100, Sony, Japan)을 이용하였다. 부착기질인 해조류의 정량분석을 위해서 0.5 m×0.5 m크기의 방형구(50개의 격자눈금)를 사용하였고, 조사정점 별로 무작위 3곳을 지정해 각 방형구 내에 출현한 모든 해조류를 끝칼로 전량 채집한 후 어란이 붙어 있는 해조류를 망목 1 mm 크기의 채집망에 넣고 샘플 병에 담은 후 10% 포르말린-해수 용액으로 고정하여 실험실로 운반하였다.

어란이 부착한 해조류는 실험실로 운반하여 어란을 분리 후 해부현미경(Olympus BX51)을 사용하여 계수하였다. 해조류의 종 동정은 광학현미경(Nikon Ecclipse 80i, Nikon Co., Tokyo, Japan) 및 해부현미경(Olympus BX51, Olympus Optical, Tokyo, Japan)을 이용하였고, 동정된 해조류의 학명과 목록 정리는 2018년 국가해양수산생물종 목록집 V. 해산식물(MABIK, 2018)를 참고하였다. 채집된 해조류의 생물량을 파

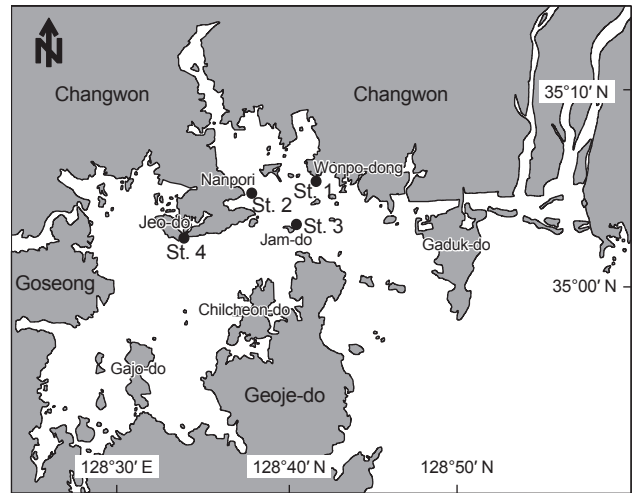


Fig. 1. A map of the sampling sites of spawning bed of Pacific herring *Clupea pallasii* in Jinhae Bay.

악하기 위해 물기를 제거한 후 습중량을 0.01 g 수준까지 측정하여 생체량을 단위면적당 습중량(g wet wt/m²)으로 환산하였고, 청어 산란장의 산란밀도는 단위면적당 어란수(eggs/m²)으로 환산하였다. 산란장의 분포면적은 국립해양조사원의 해로드를 이용하여 GPS정보를 확인하여 기록된 위도와 경도를 바탕으로 국립해양조사원의 해양공간정보시스템(KHOA, 2019)의 전자지도를 통해 청어 어란이 부착하는 수심 5 m 이내의 해조류가 차지하는 분포 면적을 추정하였으며, 총 산란량은 단위면적당 어란수를 산란장 분포면적으로 환산하여 추정하였다.

결과 및 고찰

산란장 특성

조사기간 동안 진해만의 수온은 6.1-6.6°C 범위로 2월 중순으로 접어들수록 수온이 낮아지는 경향을 보였다. 조사지역인 원포동과 저도 인근해역의 크고 작은 암반에 서식하는 다양한 해조류들에서 청어 어란이 부착해 있는 것을 확인했으며(Fig. 2), 잠도 인근해역과 행암동에서는 어란이 발견되지 않았다. 원포동과 저도 인근해역에서 채집된 청어 어란들은 흑색소포를 띠지 않은 옅은 황색으로 안포는 거의 완성되었으며, 배체가 난황을 거의 둘러싸고 있거나 렌즈에 흑색소포가 착색되기 시작하고 있어(Fig. 2), 현장 수온을 고려했을 때 수정 후 약 5-7일 정도 되는 것으로 추정할 수 있다(Taylor, 1971; Ji et al., 2013). 수정된 청어 어란이 부화할 때 수온과 염분에 따라 부화일수가 달라지는데(Taylor, 1971), Kawakami (2011)는 인공수정 후 수온 9.6°C에서 10일 만에, Han et al. (2011)은 13-14°C에서 4일 만에 부화를 시작한다고 보고하였다. 또한, 자연산란 후 수정된 청어 어란의 자연부화를 유도한 결과, 수온 9°C에서 10일차부

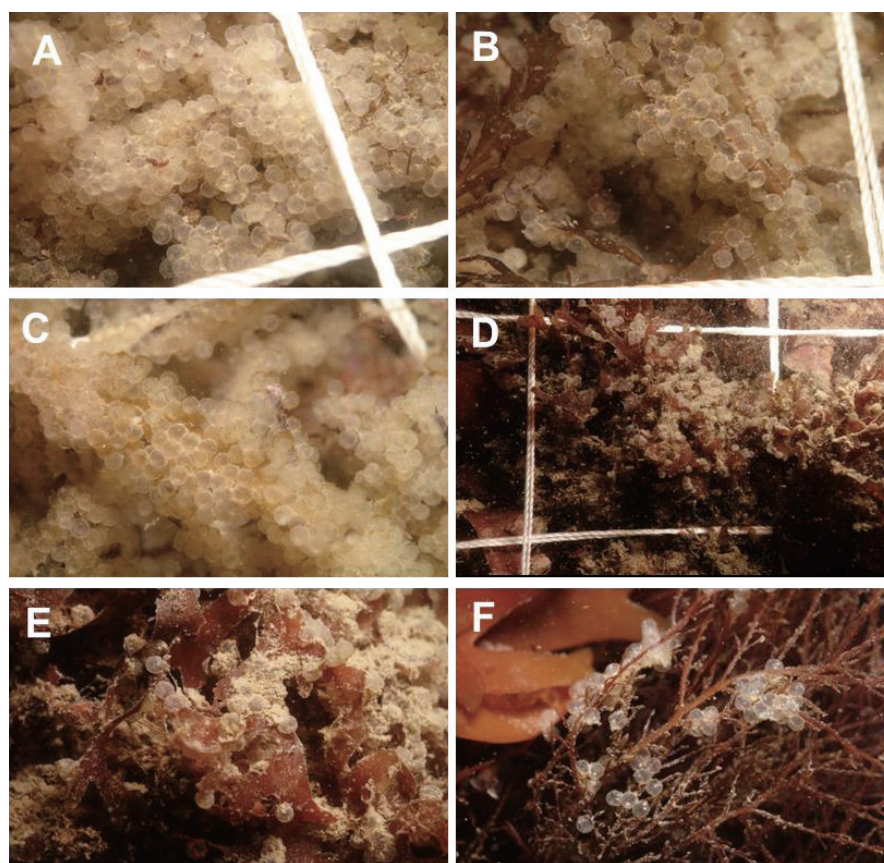


Fig. 2. Photographs of the spawning beds and fertilized eggs of pacific herring *Clupea pallasii*. A-C, Fertilized eggs on various algae and substrate at Wonpo-dong spawning bed; D-F, Fertilized eggs on various algae and substrate at Jeo-do spawning bed.

터 부화를 시작하였다(Ji et al., 2013). 따라서, 청어 어란의 수정시기를 고려했을 때 진해만 원포동과 저도 인근해역은 부착된 어란과 수정된 어란이 발견되어 주요 산란장으로 간주되었

고, 1월부터 2월 중순까지 산란에 참여하는 것으로 판단된다. 원포동 산란장의 해조류는 총 10종(녹조류 1종, 갈조류 1종, 홍조류 8종), 저도 산란장은 총 7종(녹조류 1종, 갈조류 1종,

Table 1. Mean abundance and contribution (%) of each species along spawning bed in Jinhae Bay

Phylum	Species	Mean abundance (g wet wt/m ²)		Mean contribution (%)	Mean cumulative contribution (%)
		Wonpo-dong spawning bed	Jeo-do spawning bed		
Rhodophyta	<i>Carpopeltis cornea</i>	83.40	203.14	47.5	47.5
Rhodophyta	<i>Gracilaria textorii</i>	101.06	28.46	21.5	69.0
Rhodophyta	<i>Acrosorium polyneurum</i>	0.00	52.06	8.6	77.6
Rhodophyta	Halymeniaceae	0.00	40.84	6.8	84.4
Rhodophyta	<i>Cryptonemia</i> sp.	0.00	38.15	6.3	90.7
Ochrophyta	<i>Undaria pinnatifida</i>	29.6	0.00	4.9	95.6
Ochrophyta	<i>Sargassum horneri</i>	0.00	10.42	1.7	97.3
Rhodophyta	<i>Acrosorium yendoii</i>	7.5	0.00	1.2	98.6
Rhodophyta	<i>Phycodrys fimbriata</i>	2.7	0.00	0.4	99.0
Chlorophyta	<i>Ulva pertusa</i>	0.00	2.42	0.4	99.4

Table 2. Spawning beds of pacific herring *Clupea pallasii* along the coasts of Jinhae Bay in 2017

Year	Location	Survey date	Depth (m)	Area (m ²)	Egg density (×10 ⁴ /m ²)	Mean egg density (×10 ⁴ /m ²)	Total No. eggs (×10 ⁶)	Species of vegetation on which herring spawned
2017	Wonpo-dong spawning bed	31 January 07 February	0.5-5.2	38,619	7.1-267.1	85.6	33,074	<i>Gracilaria textorii</i> <i>Carpoleltis cornea</i> <i>Undaria pinnatifida</i> <i>Acrosorium yendoii</i>
	Jeo-do spawning bed	14-15 February	0.7-4.5	34,760	1.2-33.9	15.4	5,345	<i>Grateloupia cornea</i> <i>Sargassum horneri</i> <i>Acrosorium polynerum</i> <i>Cryptonemia</i> sp.

홍조류 5종)으로 나타났다. 원포동 산란장에서는 잎꼬시래기 (*Gracilaria textorii*), 붉은까막살(*Carpoleltis cornea*), 미역 (*Undaria pinnatifida*), 누운분홍잎(*Acrosorium yendoii*) 순이었고, 저도 산란장에서는 붉은까막살, 팽생이모자반(*Sargassum horneri*), 잔금분홍잎(*Acrosorium polynerum*), 지누아리류(*Cryptonemia* sp.), 잎꼬시래기 순으로 우점하는 것으로 확인되었다(Table 1). 진해만에서 청어가 산란장으로 이용한 곳은 수심 0.5-5.2 m 이내의 암반들이 잘 발달되어 있고, 홍조류가 무성한 조하대로 확인되었다. 진해만 청어 산란장에 서식하는 해조류의 생물량을 확인한 결과, 원포동 산란장에서는 홍조류 잎꼬시래기와 붉은까막살의 생물량이 각각 평균 101.06 g wet wt/m², 83.4 g wet wt/m²순으로 나타났다(Table 1). 저도 산란장은 붉은까막살의 생물량이 평균 203.14 g wet wt/m², 다음으로 잔금분홍잎이 평균 52.06 g wet wt/m²순이었다(Table 1).

청어는 연안에 암반이 잘 발달되어 있고 해조류가 풍부한 곳에 산란하며(Haegle et al., 1985; Hoshikawa et al., 2004; Hay et al., 2009; Kawakami et al., 2011; Lee et al., 2017), 일본의 Atsuta 연안에서는 새우말(*Phyllospadix iwatensis*)과 팽생이모자반을 이용했으며(Hoshikawa et al., 2004), 진해만에서는 붉은까막살, 잔금분홍잎, 팽생이모자반을 이용하였다(Lee et al., 2017). 이 연구에서도 암반이 잘 발달되어 있고 해조류가 무성한 곳을 이용했으며, 부착기질로 사용한 해조류는 붉은까막살, 꼬시래기류, 잔금분홍잎을 선호하여 선행 연구와 유사한 결과를 보였다.

어란 분포밀도와 산란장 면적

청어 어란의 분포밀도는 원포동 산란장에서 7.1-267.1 × eggs 10⁴/m²의 범위로 평균 85.6 eggs × 10⁴/m², 저도 산란장에서 1.2-33.9 eggs × 10⁴/m²의 범위로 평균 15.4 eggs × 10⁴/m²로 분포하는 것으로 확인되었다(Table 2). 또한 산란장 면적은 창원시 원포동 산란장이 38,619 m², 저도 산란장은 34,760 m²로 추정되었으며, 총 산란량은 원포동 산란장이 33,074 eggs × 10⁶였고, 저도 산란장이 5,345 eggs × 10⁶로 추정되었다(Table 2). 일본 북해도 Minedomari에서 연구된 청어 산란장의 산란밀도는 평균 2.8-24.2 eggs × 10⁴/m² 범위로(Hoshikawa, 2004), 저도 산란장과 유사하였고, 원포동 산란장 보다는 낮았다. 일본 북해

도 Minedomari 청어 산란장의 총 산란량은 1-3,207 eggs × 10⁶ 범위로(Hoshikawa, 2004), 진해만 산란장 보다 낮은 것으로 확인되었다. 이 연구에서 확인된 진해만 두 곳 산란장의 어란 분포 밀도가 높은 점은 크고 작은 암반에 어란이 부착할 수 있는 다양한 해조류들이 서식하고 있고(Kwak, 2009; Park et al., 2011), 청어 산란장으로 확인된 행암동과 저도 연안의 유속이 20 cm/s 이하인 것을 고려하면(Kim et al., 2016), 청어가 무리를 지어 산란에 참여할 수 있는 적합한 유속(Hoshikawa, 2004)과 해조장(Haegle et al., 1981; Hoshikawa, 2004)을 제공하는 것으로 사료된다.

이 연구를 통해서 청어는 암반이 잘 발달되면서 해조류가 풍부하고 유속이 낮은 적합한 진해만을 산란장으로 이용하고 있는 것으로 확인되었다. 따라서, 겨울철 진해만으로 산란 내유하는 청어 자원을 효율적으로 관리하기 위해서는 산란장의 해조류 특성과 부착기질에 대한 지속적인 모니터링을 실시하고, 청어의 이동경로와 시기를 지속적으로 연구해야 할 것이다.

사 사

이 논문은 2019년도 국립수산물학원 수산과학연구사업(R2019026)의 지원으로 수행된 연구입니다.

References

- Aner G and S Nellbrinbg. 1982. A SCUBA-diving investigation of Baltic herring (*Clupea harengus membras* L.) spawning grounds in the Askö-Landsort area, northern Baltic proper. J Fish Biol 21, 433-442. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1982.tb02849.x>.
- Fuiman LA and RG Werner. 2002. Fisheries science: the unique contributions of early life history stages. Blackwell Science. Ltd., Oxford, U.K.
- Haegle CW and Schweigert JF. 1985. Distribution and characteristics of herring spawning grounds and description of spawning behavior. Can J Fish Aquat Sci 42, 39-55. <https://doi.org/10.1139/f85-261>.
- Han KH, Lee SH, Hwang JH, Yeon IN, Kim HJ and Oh SJ. 2011. Early developmental morphology of the Pacific her-

- ring, *Clupea pallasii*. Bull Fish Sci Inst Chonnam Nat Univ 19, 17-22.
- Hay DE, McCarter PB, Daniel KS and Schweigert KF. 2009. Spatial diversity of Pacific herring (*Clupea pallasii*) spawning areas. ICES J Mar Sci 66, 1662-1666. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsp139>.
- 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 JW and Choi KW. 2015. Natural hatching-induced and management for Pacific herring *Clupea pallasii* eggs attached to the gill net. J Kor Soc Fish Technol 51, 370-374. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2015.51.3.370>.
- Kawakami T, Okouchi H, Aritaki M, Aoyama J and Tsukamoto K. 2011. Embryonic development and morphology of eggs and newly hatched larvae of Pacific herring *Clupea pallasii*. Fish Sci 77, 183-190. <https://doi.org/10.1007/s12562-010-0317-4>.
- Kim IS, Choi Y, Lee CL, Lee YJ, Kim BJ and Kim JH. 2005. Illustrated book of Korean fishes. Kyohak, Seoul, Korea, 615.
- Kim NS, Kang H, Kwon MS, Jang HS and Kim JG. 2016. Comparison of seawater exchange rate of small scale inlets within Jinhae Bay. J Kor Soc Mar Environ Energy 19, 74-8. <http://doi.org/10.7846/JKOSMEE.2016.19.1.74>.
- KHOA (Korea Hydrographic and Oceanographic Agency). 2019. National ocean information utilization center. Retrieved from <http://www.khoa.go.kr/oceanmap/main.do> May 26, 2019.
- KOSIS (Korean Statistical Information Service). 2019. Statistic database for fisheries production. Retrieved from www.kosis.kr/nsportal on Jun 12, 2019.
- Kwak SN. 2009. Marine benthic algal community at intertidal zone in Jinhae Bay. J Kor Soc Mar Environ Saf 15, 99-104.
- Lee JH, Kim JN, Nam K, Kim CW and Kim JI. 2014. Distribution and species composition of larval fish during winter season in Jinhae Bay, Korea. Korean J Ichthyol 26, 133-138.
- Lee YD, JH Choi, SY Moon, SK Lee and WS Gwak, 2017. Spawning characteristics of *Clupea pallasii* in the coastal waters off Gyeongnam, Korea, during spawning season. Ocean Sci J 52, 1517-1526. <https://doi.org/10.1007/s12601-017-0046-z>.
- MABIK (National Marine Biodiversity Institute of Korea). 2018. 2018 National list of marine species, V. marine plant. Namu Press, Seochon, Korea, 85.
- Moon SY, Lee JH, Choi JW, Ji HS, Yoo JT, Kim JN and Im YJ. 2018. Seasonal variation of larval fish community in Jinhae Bay, Korea. Kor J Environ Biol 36, 140-149. <https://doi.org/10.11626/KJEB.2018.36.2.140>.
- NIFS (National Institute of Fisheries Science). 2017. Ecology and fishing ground of fisheries resources in Korean waters, 6th ed, Yemunsa, Busan, Korea, 411.
- Park MS, Yoo HI, Heo JS, Kim YD and Choi HG. 2011. Seasonal variation in the marine algal flora and community structure along the Tongyeong coast, Korea. Korean J Fish Aquat Sci 44, 732-739. <http://doi.org/10.5657/KFAS.2011.0732>.
- Taylor FHC. 1971. Variation in hatching success in Pacific herring (*Clupea pallasii*) eggs with water depth, temperature, salinity and egg mass thickness. Rapp P-v Reun Cons Int Explor Mer 160, 34-41.
- Thompson AA, Sydeman WJ, Thayer JA, Weinstein A, Krieger KL and Hay D. 2017. Trends in the Pacific herring (*Clupea pallasii*) metapopulation in the California current ecosystem. CalCOFI Rep 58, 77-94.
- Zhang CJ. 1984. Pacific cod of South Korean waters. INPFC Bull 42, 116-129.