

잠수관찰을 통한 경남 진해만과 통영 연안 청어 *Clupea pallasii*의 산란기 추정

이용득 · 이강민¹ · 박종율² · 곽우석^{2,*}

국립수산과학원 수산자원연구센터, ¹경상남도수산자원연구소 민물고기연구센터,
²국립경상대학교 해양생명과학과 해양생물교육연구센터

Estimation of Spawning Season of *Clupea pallasii* in the Jinhae Bay and Coastal Waters of Tongyeong in Gyeongnam Using Scuba Observation by Yong-Deuk Lee, Gang-Min Lee¹, Jong-Yul Park² and Woo-Seok Gwak^{2,*} (Fisheries Resources Research Center, National Institute of Fisheries Science, Tongyeong 56034, Republic of Korea; ¹Gyeongsangnam-do Freshwater Fish Research Center, Miryang 50411, Republic of Korea; ²Marine Bio-Education and Research Center, Gyeongsang National University Tongyeong 53064, Republic of Korea)

ABSTRACT The purpose of this study is to clarify when spawning occurs of *Clupea pallasii* in the coastal waters of Jinhae Bay and Yeongun-ri, Tongyeong, Korea from December to February using SCUBA observation which is known as spawning season. Eighteen surveys of SCUBA diving observations have performed at 3 stations of Jinhae Bay from December 2017 to January 2018 and 24 times of survey at Yeongun-ri, Tongyeong from December 2017 to February 2018. In Jinhae Bay, average 740,274 eggs/m² fertilized eggs were observed in Judo Island and average 671,718 eggs/m² were observed in Gusan-myeon. On December 30, 2017, about 388,444 eggs/m² fertilized eggs were observed in Yeongun-ri, Tongyeong but no eggs were founded in next surveys. The results in this study suggest that spawning season of *C. pallasii* in the coastal waters of Jinhae Bay and Tongyeong begins in late December at average 7.7°C water temperature.

Key words: *Clupea pallasii*, spawning season, spawning characteristics, number of fertilized eggs

서 론

청어(*Clupea pallasii*)는 청어목 청어과에 속하는 냉수성 어종으로 한국과 일본 연안, 베링해, 알래스카 등 북태평양에 주로 서식한다(Kim *et al.*, 2005; NFRDI, 2010). 청어는 세계적으로 중요한 수산자원으로 알려져 있으며 우리나라에서는 최근 10년간(2010~2019) 평균 27,785톤이 어획되고 있으며, 그 중 부산, 울산, 울산을 포함한 경남지역에서는 전체 어획량의 36%인 평균 9,928톤이 어획되고 경북과 강원지역에서는 전체 어획량의 64%인 평균 17,852톤이 어획되고 있다. 반면 서해의 경우 1980년대 이후로는 어획량이 없다(FIPS, 2020). 청

어는 겨울철 산란기가 되면 무리를 지어 연안으로 산란회유하여 수심 15 m 미만의 조간대와 조하대 암초의 해조류에 점착란(adhesive egg)을 부착하고, 그 위에 수컷이 방정하여 수정이 이루어지는 것으로 알려져 있다(Tamura *et al.*, 1954; Hoshikawa *et al.*, 2004; Lee *et al.*, 2017). 또한 청어는 자기가 태어난 산란장으로 회귀하는 어종(Cushing, 2001)으로 산란을 위해 매년 같은 산란장으로 돌아온다(Hoshikawa *et al.*, 2004; Bergström *et al.*, 2007). 이러한 회귀성향이 강한 청어의 과학적이고 효율적인 자원관리 및 보존을 위해 산란장, 산란기 등을 구명하는 것은 매우 중요하다.

우리나라 연안에서 청어의 주 산란기는 3~4월이며(NFRDI, 2004), 동해 연안은 1~2월로 보고되었다(NFRDI, 2013). 그러나 Lee *et al.*(2017)은 통영 연안과 진해만에서 1월 초와 2월 초에 청어 수정란과 산란장을 확인하였고, 3월 이후에는 확

*Corresponding author: Woo-Seok Gwak Tel: 82-55-772-9152,
Fax: 82-55-772-9159, E-mail: wsgwak@gnu.ac.kr

인되지 않은 것에 근거하여 해당 연안에서 청어 산란기는 2월 중순에 종료된다고 보고하여 선행연구와 차이를 나타내고 있다. 또한 산란 시작 시기에 대해서는 추가적인 연구가 필요하다고 제안하였다. 청어 산란장 특성에 관한 국외 연구로는 산란장 선택성 (Hoshikawa *et al.*, 2004), 산란 수심과 부착기질 (Haegele *et al.*, 1981), 산란장의 공간적 다양성 (Hay *et al.*, 2009)에 관한 연구가 있고, 국내 연구는 청어 자어의 형태 발달 (Ji *et al.*, 2015), 진해만 청어 산란장 분포와 특성 (Moon *et al.*, 2019)에 관한 연구가 있다. 이번 연구는 경남 연안에서 잠수조사를 통해 청어 산란 시작 시기를 밝혀서 산란기를 명확히 하는 데 목적이 있다. 또한 진해만과 통영 영운리 연안에서 청어 산란장 면적과 산란량 추정을 통해 자원관리에 필요한 자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

잠수조사는 진해만의 경우, 경상대학교 해양과학대학 실습선 참바다호(36t)를 이용하였고, 2017년 12월부터 다음해 1월까지 3개의 정점(A: 저도 연안, B: 구산면 연안, C: 잠도 연안)에서 각각 6회 총 18회 조사하였다. 경남 통영 영운리 연안에서는 2017년 12월부터 2018년 2월까지 1개의 정점을 6회 조사하여 총 24회 잠수조사를 실시하였다(Fig. 1, Table 1). 잠수조사는 수면에서부터 수심 7m까지 2인 1조로 1회당 약 50분간 청어 산란장을 탐색하였다. 잠수조사를 통한 산란장 면적

추정은 길이를 표시한 다이빙 릴과 핀키 1회당 이동거리(Kick cycle)를 이용한 방법으로 산란장의 연안으로부터 바다쪽으로 수직 분포길이를 수평 분포길이를 측정하여 계산한 평균값을 이용해 산란장 면적을 추정하였다. 수정란은 방형구(30cm×30cm)를 이용하여, 수정란 밀도가 높은 곳과 낮은 곳 각각 3곳의 수정란을 전량 채집하였고, 채집된 샘플은 아이스박스에 보관하여 실험실로 운반하였다. 수정란 수는 중량법(gravimetric method)으로 계수하였고 면적당 평균수정란 밀도를 구해 산란장 면적으로부터 총 산란량을 추정하였다. 또한 청어 산란장 특성을 확인하기 위해 수중사진 및 비디오를 촬영하였다. 수정란 일부는 발달 단계를 확인하기 위해 10% 포르말린 용액에 고정 후 실험실로 운반하여, Kawakami *et al.* (2011)의 난발생 연구결과를 참고하여 발달단계를 추정하였다(Table 2). 수온과 수심 측정은 ZOOP(SUUNTO, Finland), 수중 영상 및 사진촬영은 DSC-RX100(Sony, Japan)을 이용하였다.

결과 및 고찰

조사기간 동안 통영 연안과 진해만 연안의 청어 산란장 수온 범위는 통영 연안 6~8°C, 진해만 연안 7~12°C였다. 수정란이 확인된 시기의 평균수온은 통영 연안 8°C, 진해만 7.3°C이었다(Table 1). 통영 연안과 진해만 연안 모두 수온이 점차 하강하여 8°C에 도달하면서부터 청어 산란장이 관찰되었는데 동일한 조

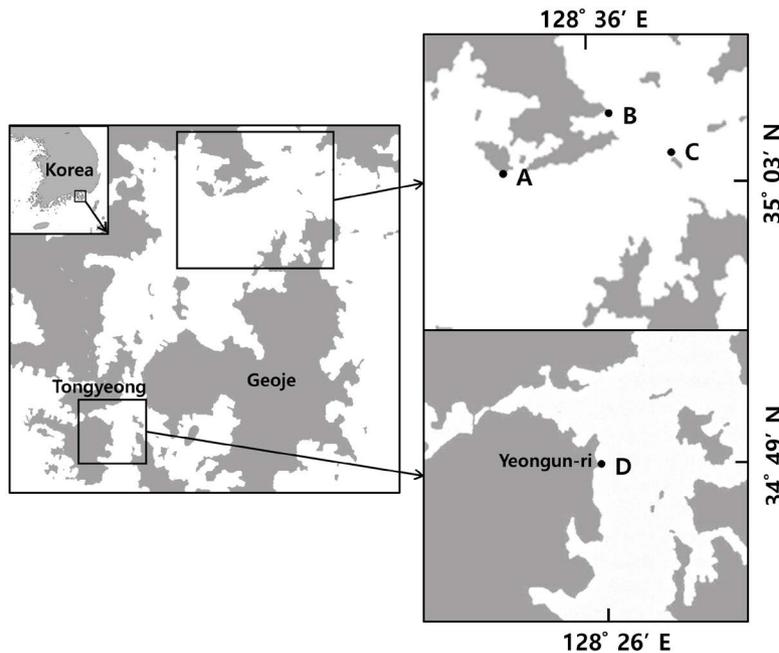


Fig. 1. Map of the study site A, B and C in Jinhae Bay, and site D in Yeongun-ri, Tongyeong, Korea (A: Judo Island, B: Gusan-myeon, C: Jamdo Island, D: Yeongun-ri).

사해역에서 수행된 Lee *et al.* (2017)의 경우, 청어 수정란과 산란장이 확인된 수온은 통영 연안에서 8°C이었지만, 진해만 연안은 이번 연구보다 낮은 수온인 4~6°C에서 산란장이 관찰되었다. 이것은 Lee *et al.* (2017)이 진해만에서 2월부터 조사를 시작해 조사시기에 따른 수온 차이로 생각된다. 또한 Kobayashi (2002)는 우리나라 연안의 청어 산란 수온은 아시아 다른 해역보다 높은 5~8°C 범위라고 하여 이번 조사 해역의 청어 산란장 수온범위와 잘 일치하였다. 한편, 일본 북해도 Atsuta에서 청어 산란이 시작된 시점의 수온이 4.8°C로 이번 연구보다 낮은 것으로 보고되었다(Hoshikawa *et al.*, 2002). Hay (1985)는 연령이 많고 체장이 큰 청어가 먼저 산란하고 체장이 작은 청어가 이후에 산란한다고 보고하여, 해역별 산란이 시작된 시점의 수온차이는 산란 회유한 청어의 체장 차이에 따른 것으로 추정된다.

Griff *et al.* (1998)은 태평양 청어의 수정과 부화에 적합한 염분은 16~24 psu와 8~24 psu이고 Atsuta에서도 유사한 염

분 범위가 관찰되었다. 이와 같은 저염분과 청어 산란과의 관계에 대해 Kääriä (1999)는 염분도의 큰 변화가 수컷의 방정을 유발하여 결과적으로 청어의 집단 산란이 일어나는 것으로 해석했다. Atsuta에서도 청어 산란장이 확인된 인근에서 유입되는 하천에 의해 염분 변화가 일어나므로 청어 산란장과 하천수 유입과의 연관성에 대해서 언급하였다. 그러나 이번 연구 지역인 진해만과 통영 연안의 경우 조사 정점 주변에 하천이 없고 Atsuta에서 청어 산란장이 확인된 수심인 50 cm~2 m보다 깊은 0~6 m에서 산란장이 확인되어 산란장 형성에 있어서 담수가 영향을 주기는 어려울 것으로 생각된다. 오히려 진해만에서 12월 6일과 20일의 14일 동안에 수온이 11~12°C에서 7~8°C로의 급격하게 하강하면서 수온자극에 의해 산란유발이 되었을 가능성이 있을 것으로 생각된다. 청어의 산란 유발과 산란장 형성에 미치는 요인에 대해서는 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

Table 1. Spawning depth and number of eggs of *C. pallasii*

Location	Year	Date	Site	Water temp. (°C)	Eggs	Spawning depth (m)	Area (m ²)	No. of eggs (× 10 ³ /m ²)	Estimated total egg deposition (× 10 ⁵ /m ²)	Developmental stages	
Jinhae	2017	Dec. 6	A	11	None						
			B	12							
			C	12							
	2017	Dec. 13	A	10	None						
			B	11							
			C	9							
	2017	Dec. 20	A	8	None						
			B	8							
			C	7							
	2017	Dec. 27	A	7	Present	0~4.8	3,900	478	1,867	A~E	
			B	8							
			C	7							
	2018	Jan. 3	A	7	Present	0~5	4,500	529	2,383	J	
			B	8							
			C	7							
2018	Jan. 10	A	7	Present	0~5	4,500	1,212	5,456	E, K		
		B	7								
		C	7								
Tongyeong	2017	Dec. 30	D	8	Present	0~3	3,003	388	1,166	K	
	2018	Jan. 6	D	8	None						
			Jan. 14	D							8
			Jan. 20	D							8
			Feb. 3	D							6
	Feb. 10	D	8								

A: Judo Island, B: Gusan-myeon, C: Jamdo Island, D: Yeongun-ri

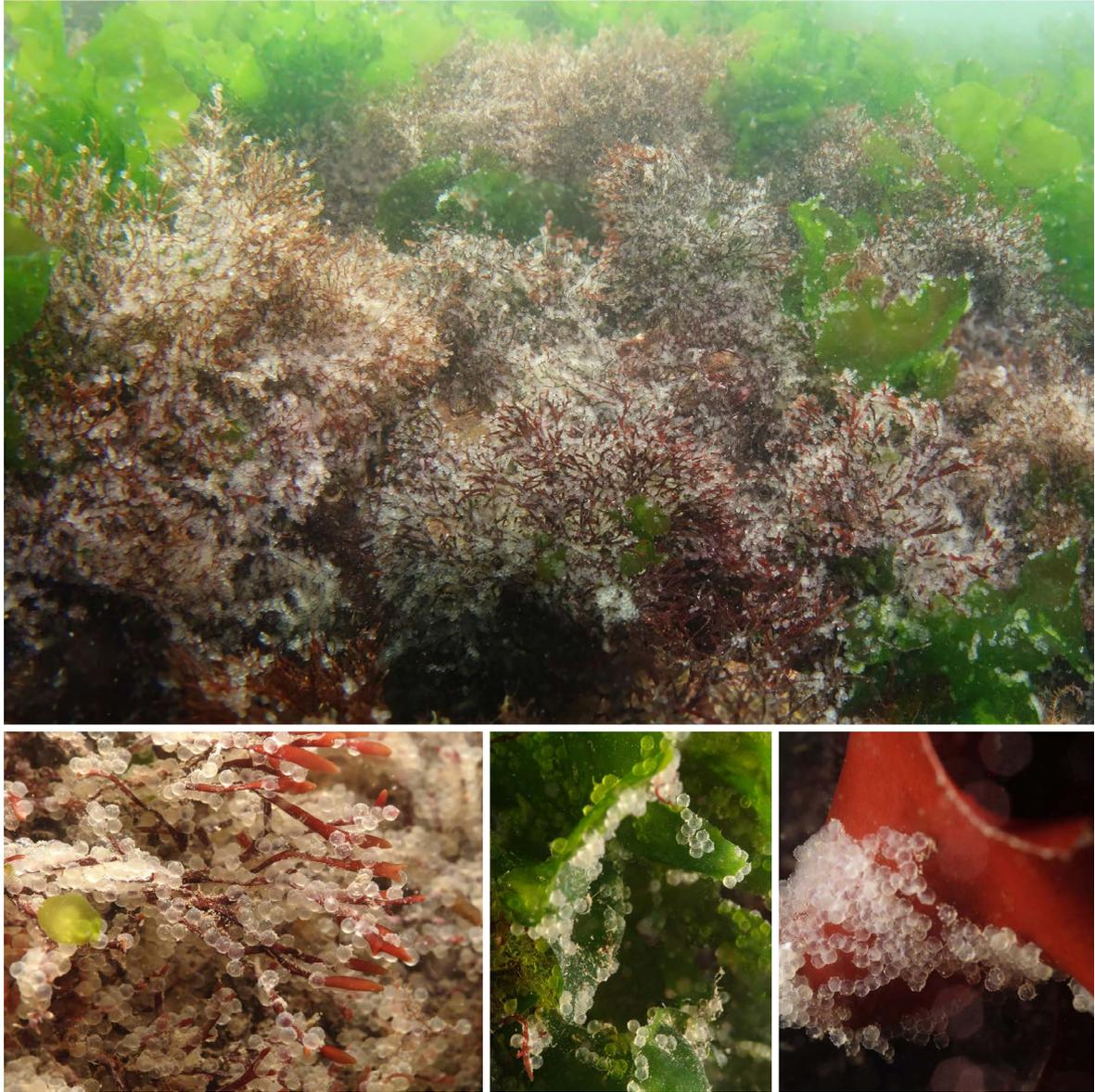


Fig. 2. Underwater photograph of naturally-deposited of *C. Pallasii* eggs attached to various algae.

수중촬영과 사진으로 확인한 결과 청어의 수정란은 광범위하게 뿌러지듯 산란되었고 동일한 시기, 비슷한 수심에 덩어리형태의 난괴를 해조류 뿌리 부분에 부착하여 산란하는 노래미 (*Hexagrammos agrammus*)의 수정란과 명확하게 구별되었다 (Fig. 2). 또한 난경의 크기, 발달단계에 있어서도 흑색소포의 유무, 배체의 길이, 난황의 색깔 등 노래미의 수정란과 차이가 났다 (Fig. 3). 조사기간 동안 진해만에서는 2017년 12월 27일, 2018년 1월 3일과 10일에 저도 연안에 1 m²당 478,722개, 529,656개, 1,212,444개의 수정란이 관찰되었으며, 구산면 연안에서는 853,200개, 556,089개, 605,867개의 수정란이 관찰되었다. 통영 연안 영운리 해안에서는 2017년 12월 30일에 1 m²당 388,444개의 수정란이 1회 관찰되었고 이후 조사에서

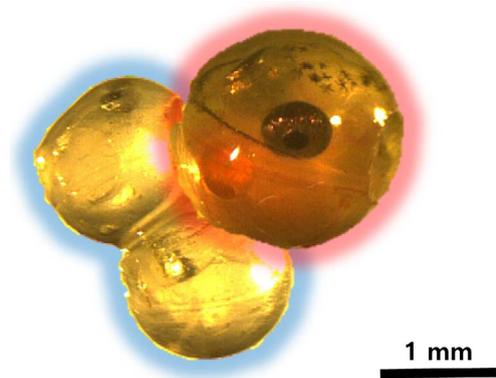


Fig. 3. Comparison picture of *C. pallasii* eggs (blue circle) and *H. agrammus* egg (red circle).

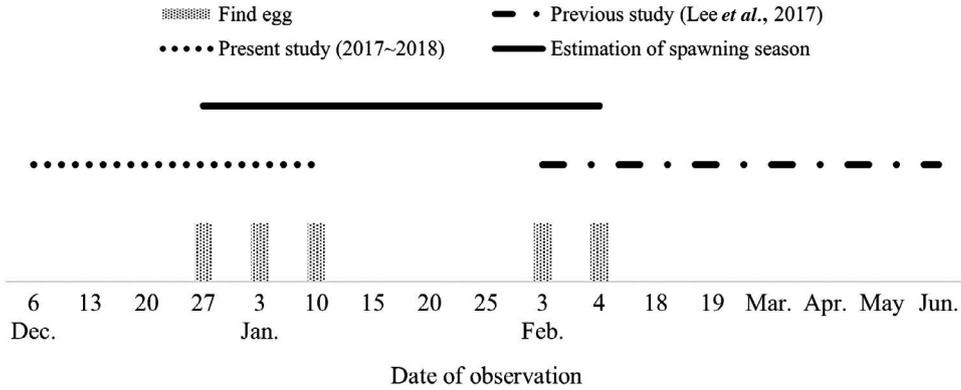


Fig. 4. Estimation of spawning season of *C. pallasii* according to the diving observation of the Lee et al. (2017) and present.

Table 2. Classification of developmental stage and time after fertilization of *C. pallasii* eggs (Kawakami et al., 2011)

Stage	Developmental stage	Time after fertilization
A	4 cells	5 h 15 min
B	Blastula	17 h 55 min
C	50% epiboly	42 h 30 min
D	70% epiboly	48 h 28 min
E	90% epiboly	54 h 20 min
F	Appearance of optic vesicle. 10 myomeres present	66 h 22 min
G	Appearance of lens and optic vesicle. 30 myomeres present	90 h 23 min
H	Embryo wraps almost around the yolk sac and the caudal end of the embryo reaches to the snout. Appearance of olfactory vesicle. Embryo movements and heartbeat begin.	102 h 32 min 4.25 day
I	Melanophores appeared on the eye. Otolith visible. Formation of pectoral fin rudiments. Number of myomeres (43~45 + 10~12) reaches almost same number as in hatched larvae	138 h 28 min 5.75 day
J	Guanophores appeared on the eye. Embryo wraps twice the way around the yolk.	186 h 15 min 7.75 day
K	Two rows of melanophores appeared on the ventral side of the body. Mouth opened	210 h 15 min 8.75 day

는 관찰되지 않았다(Fig. 4, Table 1). Moon et al. (2019)은 진해만에서 잠수관찰을 통해 청어의 수정란이 2017년 2월 저도 연안에 1 m²당 평균 154,000개, 합포마을 연안에 1 m²당 평균 856,000개의 수정란이 확인되었다고 보고하였다. 이번 연구 결과와 비교했을 때 저도 연안은 더 적은 양의 수정란이 확인되었고 합포마을은 이번 연구와 인접한 지역인 구산면 연안의 산란량과 유사하였다. Hay (1985)는 산란기 초기에 산란하는 청어 산란군의 경우 암컷의 크기와 난의 크기가 큰 경향이 있다고 보고하였고, 일반적으로 어류의 포란수는 어체의 크기에 따라 증가하는 경향이 있다. 따라서 저도 연안의 경우 Moon et al. (2019)은 산란기 후기에 해당하는 2017년 2월에 확인한 것이고 이번 연구에서 확인된 저도 연안은 산란기의 전기, 중

기에 해당하는 2017년 12월 27일, 2018년 1월 3일에 확인된 것이기 때문에 저도 연안의 산란량 차이는 산란시기에 따른 것으로 생각된다. 한편 Akaike et al. (2002)은 홋카이도 Rumoi 연안에서 청어의 산란량은 1 m²당 평균 10,834~571,000 개라고 보고하였고, Hoshikawa et al. (2004)은 1 m²당 평균 10,000~242,000개로 보고하였다. 이번 연구에서 청어 산란량은 1 m²당 평균 121,000~853,000개였는데, Hoshikawa et al. (2004)에 따르면 청어의 산란장 선택은 해저 지형, 수심, 유속, 파고, 담수의 유입 등 환경조건에 따라 다르며 담수가 유입되는 산란장의 경우 다른 산란장에 비해 부착된 수정란의 밀도가 높았다고 보고하였다. 따라서 이번 연구와 일본 연안 청어 산란량의 차이는 다양한 환경조건에 따른 차이로 생각된다.

진해만에서 청어 산란장은 2017년 12월 27일에 저도 연안과 구산면 연안에서 확인되었으며, 확인된 수정란의 발달 단계를 Kawakami *et al.* (2011)의 청어 난발생 연구에 근거하여 판단했을 때 피포가 발달되어있는 A~E 단계로 추정되었다(Table 2). 이는 약 2일 전에 수정된 것으로 진해만 연안에서 청어의 최초 산란일은 12월 25일로 추정된다. 또한 2018년 1월 3일에 저도 연안과 구산면 연안에서 확인된 수정란은 안구에 흑색소포가 착색되었고 배체가 난황을 두 번 감고 있는 J 단계로 2017년 12월 27일에 확인된 수정란의 발달이 진행된 것으로 추정된다. 2018년 1월 10일에 확인된 수정란의 경우는 E 단계와 배 쪽에 흑색소포가 형성되고 입이 열려있는 K 단계로 확인되어 청어의 추가 산란이 이루어진 것으로 추정된다(Table 1, Table 2). 통영 연안의 경우, 2017년 12월 30일에 K 단계 수정란이 확인되었고 이후 추가 산란은 관찰되지 않았다(Table 2). Lee *et al.* (2017)은 진해만 연안에서 2016년 2월부터 6월까지 잠수관찰을 통해 청어의 산란장을 확인한 결과, 청어 수정란이 2월 4일 마지막으로 확인되어 2월 중순에 산란이 종료되는 것으로 보고하였다. 따라서 이번 연구결과와 Lee *et al.* (2017)의 결과를 종합하였을 때 진해만에 산란회유하는 청어의 산란기는 12월 말에서 2월 중순으로 생각된다(Fig. 4). 통영 연안의 경우 Lee *et al.* (2017)의 연구에서 2013년 12월 말에 산란되었을 것으로 추정되는 산란장이 처음 확인되었고, 그 이후에는 확인되지 않았다. 이번 연구에서도 2017년 12월 말에 산란장이 확인된 이후 확인되지 않았다. Hoshikawa *et al.* (2004)은 일본 홋카이도 Minedomari 연안에서 5년간 수행한 산란장 조사를 통해 청어는 매년 거의 같은 장소에서 산란한다고 보고하였다. 또한 대서양청어(*C. harengus*)의 경우도 매년 같은 산란장을 이용한다고 알려져 있다(Bergstrom *et al.*, 2007). Lee *et al.* (2017)과 이번 연구의 통영 연안 잠수조사는 2014년과 2017년으로 조사년도는 다르지만, 동일한 정점에서 수행되었다. 그러므로 이번 연구를 통해 통영 영운리 연안은 청어의 산란장으로 재확인되었다. 그러나 진해만에 비해 산란기간이 매우 짧고, 산란량도 적어 비교적 소규모의 청어 집단이 산란장으로 이용하는 것으로 추정된다. Hoshikawa *et al.* (2004)은 일본 홋카이도 Minedomari 연안에서 1 m²당 155,000개의 수정란이 확인된 반면 Atsuta 연안에서는 1 m²당 28,000개의 수정란이 확인되었고, 동일한 연안의 산란장이라도 매년 산란량과 산란장 면적이 달라진다고 하여, 통영 연안과 진해만 연안에서 나타나는 산란 패턴 차이에 대해서는 지속적인 모니터링 연구가 요구된다.

이번 연구에서 이용한 SCUBA 다이빙에 의한 잠수조사는 직접관찰 조사방법으로 기존의 생식소속도지수를 이용한 산란기 추정방법에 비하여 비파괴적인 방법이며 어류의 산란장 특징을 밝히는 데 유용한 방법으로 생각된다.

요 약

이번 연구는 산란기로 알려진 12월부터 2월까지 경남 진해만과 통영 연안에서 잠수조사를 통해 산란회유하는 청어의 산란기를 명확히 밝히는 데 목적이 있다. 경남 진해만에서 2017년 12월부터 2018년 1월까지 3개의 정점에서 총 18회, 통영 영운리 연안에서는 2017년 12월부터 2018년 2월까지 총 24회 잠수조사를 통해 결과를 분석하였다. 조사기간 중 확인된 청어 수정란은 진해만 저도 연안에서 평균 740,274개/m², 진해만 구산면 연안에서는 평균 671,718개/m²였다. 통영 영운리 연안에서는 2017년 12월 30일에 388,444개/m²개의 수정란이 1회 관찰되었고 그 이후 조사에서는 관찰되지 않았다. 이번 연구결과와 경남 진해만과 통영 연안에서 청어 산란은 12월 말에 시작되고 이때의 수온은 평균 7.7°C였다.

사 사

잠수조사에 적극적으로 협조해 주신 경상대학교 해양과학대학 참바다호 직원들께 깊이 감사드립니다.

REFERENCES

- Akaike, S., H. Tada, A. Takiya, Y. Imai, S. Nabata, K. Yoshimura, S. Kiyokawa, K. Mizuno and W. Kawai. 2002. Natural spawning beds of herring in the Rumoi district along the coast of northwestern Hokkaido from 1998 to 2001. *Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.*, 62: 91-103. (in Japanese)
- Bergström, L., S. Korpinen, U. Bergström and Å. Andersson. 2007. Essential fish habitats and fish migration patterns in the northern Baltic Sea. *BALANCE Interim Report*, 29: 1-33.
- Cushing, D.H. 2001. Pelagic Fishes In: Steele, J.H., K.K. Turekian, S.A. Thorpe, editors. *Encyclopaedia of Ocean Sciences Second Edition Elsevier*, pp. 364-369.
- FIPS (Ministry of Oceans and Fisheries). 2020. Information of *Clupea pallasii*. Retrieved for <http://www.fips.go.kr/> on Mar 13, 2020.
- Griffin, F.J., M.C. Pillai, C.A. Vines, J. Kaaria, T. Hibbard-Robbins, R. Yanagimachi and G.N. Cherr. 1998. Effects of salinity on sperm motility, fertilization, and development in the Pacific herring, *Clupea pallasii*. *Biol. Bull.*, 194: 25-35.
- Haegle, C.W., R.D. Humphreys and A.S. Hourston. 1981. Distribution of eggs by depth and vegetation type in Pacific herring (*Clupea harengus pallasii*) spawnings in southern British Columbia. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 38: 381-386.
- Hay, D.E. 1985. Reproductive biology of Pacific herring (*Clupea harengus pallasii*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 42: 111-126.

- Hay, D.E., P.B. McCarter, K.S. Daniel and J.F. Schweigert. 2009. Spatial diversity of Pacific herring (*Clupea pallasii*) spawning areas. ICES J. Mar. Sci., 66: 1662-1666.
- Hoshikawa, H., K. Tajima, T. Kawai, H. Kuwahara and T. Kaneta. 2002. Water temperature and salinity in the spawning bed of herring (*Clupea pallasii*), and estimating of spawning period based on the water temperature. Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn., 62: 113-118.
- Hoshikawa, H., H. Kuwahara, K. Tajima, T. Kawai, T. Kaneta and F. Tsuda. 2004. Characteristics of a Pacific herring *Clupea pallasii* spawning bed off Minedomari, Hokkaido, Japan. Fish. Sci., 70: 772-779.
- Ji, H.S., D.W. Lee, J.H. Choi and K.H. Choi. 2015. Development of naturally-spawned Pacific herring *Clupea pallasii* larvae. Korean J. Fish Aquat. Sci., 48: 362-367. (in Korean)
- Kääriä, J. 1999. Reproduction of the baltic herring (*Clupea harengus membras* L.) : Factors affecting the selection of spawning beds in the archipelago sea, in SW Finland. Ph.D. thesis, Annales Universitatis Turkuensis, Ser. All Tom., 116: 1-88.
- Kanno, Y. 1989. Comparison of age composition, sex ratio and growth rate among populations of herring *Clupea pallasii* in the far eastern waters. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 55: 583-589. (in Japanese)
- Kawakami, T., H. Okouchi, M. Aritaki, J. Aoyama and K. Tsukamoto. 2011. Embryonic development and morphology of eggs and newly hatched larvae of Pacific herring *Clupea pallasii*. Fish. Sci., 77: 183-190.
- Kim, I.S., Y. Choi, C.L. Lee, Y.J. Lee, B.J. Kim and J.H. Lim. 2005. Illustrated book of Korean fish. Kyohak Pub. Seoul, 615pp. (in Korean)
- Kobayashi, T. 2002. History of herring fishery in Hokkaido and the review of population study. Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn., 62: 1-8. (in Japanese)
- Lee, Y.D., J.H. Choi, S.Y. Moon, S.K. Lee and W.S. Gwak. 2017. Spawning characteristics of *Clupea pallasii* in the coastal waters off Gyeongnam, Korea, during spawning season. Ocean Sci. J., 52: 581-586.
- Moon, S.Y., J.H. Choi, H.W. Lee, J.N. Kim, J.S. Heo, W.S. Gwak and Y.D. Lee. 2019. Distribution and characteristics of Pacific herring *Clupea pallasii* spawning beds in Jinhae Bay, Korea. Korean J. Fish. Aquat. Sci., 52: 534-538. (in Korean)
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute). 2004. Commercial fishes of the coastal & offshore waters in Korea. Hangeul Graphics Busan, 333pp. (in Korean)
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute). 2010. Fishes of the Ocean. Hangeul graphics, Busan, 487pp. (in Korean)
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute). 2013. Ecology and fishing ground of major commercial species in the Korean waters. Ye-Moon Pub. co. Ltd., Busan, 401pp. (in Korean)
- Tamura, T., T. Okubo, T. Fujita and T. Hirobe. 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. (in Japanese)