

그물에 부착한 청어 (*Clupea pallasii*) 어란의 자연 부화유도 및 관리방안

지환성 · 이동우 · 최정화 · 최광호^{1*}

국립수산과학원 자원관리과, ¹국립수산과학원 동해수산연구소 독도수산연구센터

Natural hatching-induced and management for Pacific herring *Clupea pallasii* eggs attached to the gill net

Hwan-Sung Ji, Dong Woo LEE, Jung Hwa CHOI, Kwang Ho CHOI^{1*}

Fisheries Resources Management Division, National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-705, Korea
¹Dokdo Fisheries Research Center, East Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and Development Institute, Pohang 790-110, Korea

Pacific herring *Clupea pallasii* eggs were attached to the gill net in Korean coastal waters off Busan. To conservation and management the eggs attached to the gill net, we followed the natural hatching in coastal waters from five days after fertilization to the hatching finished, where the temperature was 9°C. The diameter of fertilized eggs was 1.24-1.55 mm (n= 50), and had a segmented pale yellow yolk, no oil globule. Natural hatching had started by 10 days after fertilization. Mass hatching occurred around 11-12 days after fertilization, most of eggs separated from the gill net. Therefore, when the Pacific herring eggs attached in gill net, should be natural hatching-induced in coastal waters during 12-14 days.

Keywords: Pacific herring, *Clupea pallasii*, Gill net, Eggs, Natural hatching, Busan

서론

청어 (*Clupea pallasii*)는 청어목 (Clupeiformes) 청어과 (Clupeidae)에 속하는 어류로 한국, 일본, 베링해, 알래스카, 북태평양, 서태평양의 연근해에 널리 서식한다 (Kim et al., 2005; Nelson, 2006). 청어의 산란장은 우리나라 동해 영일만, 서해 태안, 일본 북해도, 오히츠크 연안으로 알려져 있으며, 산란기는 동해에서 1-2월, 베링해와 북해도에서는 3-5월로 알려져 있다 (Whitehead, 1985; Kawakami et al., 2011; NFRDI, 2013). 이들은

무리를 지어 산란하며, 성숙한 암컷이 연안의 해조장 등 부착기질에 알을 붙인 후 수컷이 사정하는 산란생태를 가지고 있다 (Whitehead, 1985; Kawakami et al., 2011). 청어는 전 세계적으로 널리 이용되는 주요 어종으로 난발생 및 초기생활사에 대한 다수의 연구가 수행되었다. 국외 연구로는 일본산 청어의 난발생 및 자치어 형태발달 (Kuwatani et al., 1978; Kawakami et al., 2011), 수온 염분 변화에 따른 청어의 난발생 (Alderdice and Velsen, 1971)이 알려져 있으며, 국내 연

*Corresponding author: ch2280@korea.kr, Tel: +82-54-724-1000, Fax +82-54-724-1088

구로는 한국산 청어의 난발생 및 자치어 형태발달 (Han et al., 2011), 자연산란된 청어 자어의 형태발달 (Ji et al., 2015) 등이 있다. 성숙 유도한 청어를 실내에서 수정시켜 인공사육한 연구결과 청어 어란은 수온 9.6°C에서 약 240시간, 13-14°C에서 96시간 이후부터 부화한다고 보고된 바 있다 (Kawakami 2011; Han et al., 2011). 지금까지 보고된 연구에서는 주로 실내 청어 초기생활기 연구가 수행되었으며 자연상태에서 부착기질에 부착한 어란의 난발생 연구는 부족한 실정이다. 청어 어란은 두껍고 옅은 황색의 부착막으로 인해 덩어리를 형성한다 (Whitehead, 1985; Kawakami et al. 2011). 이러한 특징으로 인해 부산, 거제도에서 어업인들이 설치한 그물에 청어 어란이 대량으로 부착하는 사례가 발생하고 있다. 따라서, 청어 어란이 부착한 연안에 설치된 어구는 회수하여 어란을 제거 후 다시 사용하게 되는데, 이러한 청어의 초기 자원 감소를 막기 위해서는 수정 후 어란의 자연제거 여부에 대한 정보가 청어 자원 보호에 많은 영향을 미치게 된다.

본 연구에서는 청어 초기자원을 보호하기 위해 어란이 부착한 그물을 인근 내만으로 옮겨 수정 후 5일차부터 부화 완료까지 자연상태에서 난발생과 부착일수별

어란의 부화정도, 부화한 자어를 관찰하여 청어의 초기 자원 관리를 위한 참고자료가 되도록 하였다.

재료 및 방법

2015년 1월말에서 2월초 부산 목도와 북형제도에서 조업 중이던 어선 11척의 삼중자망에 청어 어란이 부착되었다 (Fig. 1A). 삼중자망에 부착한 청어 어란은 수정 후 5일차부터 인근 내만으로 옮겨 자연상태에서 부화유도를 실시하였다 (Fig. 1B). 수정일은 어업을 위해 삼중자망을 설치 후 몇 시간 뒤 부착한 청어 어란으로 인지 하였으며, 부화장의 수온은 9°C였다. 청어 어란이 부착한 자망에 폭 3 m의 시료 채집구역을 표시하여 관찰하였다. 수정 후 5일차부터 14일차까지 삼중자망에 부착한 청어 어란을 실험실로 옮겨 10% 중성 포르말린에 고정하였다. 부화자어는 10일차 부화직전 어란을 실험실에서 부화시켜 관찰하였다. 난발생 단계는 Kawakami et al. (2011), Okiyama (1988)의 방법을 따라 입체현미경 (Olympus SZX-16, Japan) 아래에서 0.01 mm 단위까지 측정하였으며, 사진촬영 하였다. 표본은 국립수산과학원 난자치어 분석실 (Ichthyoplankton laboratory)에 보관 하였다.

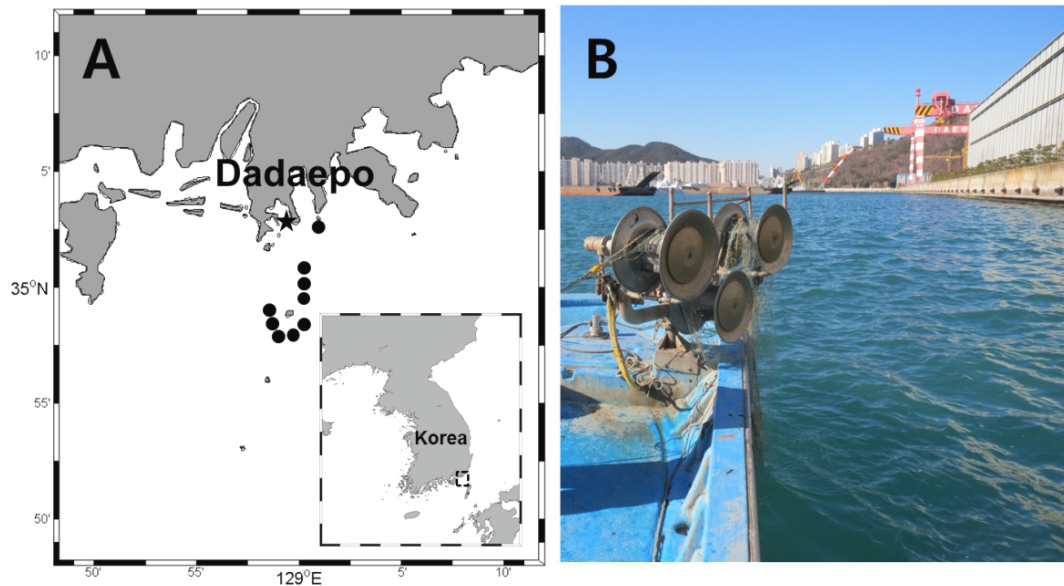


Fig. 1. Map showing the sampling area of *Clupea pallasii* eggs, in the coastal waters of Busan in late January to early February 2015. Location of eggs attached to the gill net (●) (A), natural hatching location (★). Natural hatching-induced location (B).

결 과

난 발생 및 자연부화 유도

청어 어란은 원형의 점착침성란으로 수정란의 난경은 1.24-1.55 mm (평균 1.40±0.07 mm, n= 50), 유구는 없고, 위란강이 넓으며, 난황은 옅은 노란색을 띤다.

삼중자망에 부착된 수정 후 5일차 청어 어란은 옅은 황색을 띠며, 안포는 거의 완성되어, 눈에 렌즈가 형성, 후비공이 관찰, 배체가 난황을 거의 둘러싸며 꼬리가 거의 머리에 달하고 있거나, 배체가 난황을 한바퀴 감고 있었다 (Fig. 2A). 청어 어란은 그물 전체에 덩어리를

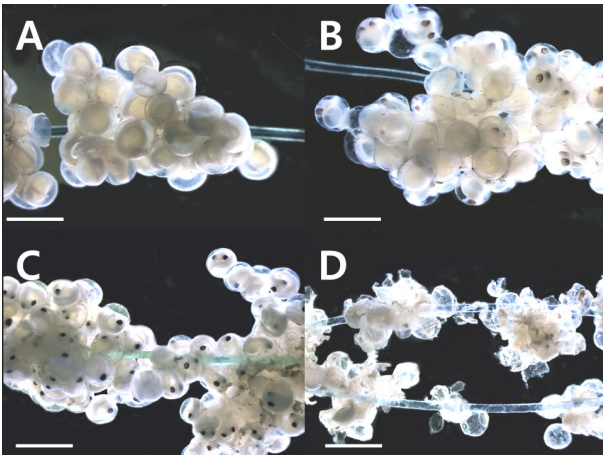


Fig. 2. Eggs development of Pacific herring, *Clupea pallasii*. Appearance of lens and otic vesicle, 5 days after fertilization (A); Appearance of guanophores on the eye, 7 days after fertilization (B); Melanophores appeared on the body, 10 days after fertilization (C); after hatched, 12 days after fertilization (D).

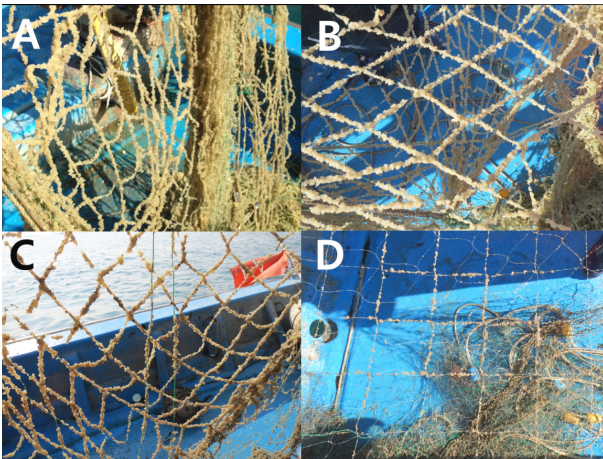


Fig. 3. Pacific herring eggs attached in gill net in the coastal waters of Busan. 5 days after fertilization (A); 7 days after fertilization (B); 10 days after fertilization (C); 12 days after fertilization (D).

형성하여 부착하였으며, 점착력이 강하였다 (Fig. 3A).

수정 후 7일차 부착된 청어 어란은 황색을 띠며, 렌즈에 흑색소포가 착색되기 시작하였다. 이포가 관찰되었으며, 소화관이 발달하고, 가슴지느러미가 분화하였다 (Fig. 2B). 그물에 부착한 청어 어란 중 탈락되거나 부화한 어란은 없었다 (Fig. 3B).

수정 후 10일차 청어 어란은 옅은 녹색을 띠며 렌즈가 완전히 착색되었다. 배체가 난황을 두번 감고 있고, 두부가 막을 뚫고 나와 부화되기 시작하였다. 몸에는 나뭇가지 모양의 흑색소포가 소화관 등쪽을 따라 소화관 중앙까지 1열로 나 있고, 중앙 이후부터는 항문앞까지 소화관 배쪽을 따라 1열로 나 있다 (Fig. 2C). 부착된 청어 어란의 난막이 물렁해지고, 부화를 시작하면서 그물에 부착된 어란들이 줄어들기 시작하였다 (Fig. 3C).

청어 어란 부착 12일차 에서는 발생 중 사망한 어란을 제외하고 대부분 부화 완료하였다 (Fig. 2D). 그물에 부착한 청어 어란은 부화완료 후 소량의 빈 난각만이 관찰되었다 (Fig. 3D).

부화자어의 형태적 특징

부화 직후의 자어는 전장 6.3-7.8 mm (n= 20, 6.93±0.6 mm)로 항문전장은 전장의 80.0-83.3%로 항문이 몸의 후반에 위치하며, 항문과 입은 열리지 않았다 (Fig. 4). 난황은 크며, 이포가 2개 관찰된다. 몸은 가늘고 길게 신장된다. 항문전 근절수는 45개, 전체 근절수는 53-57개 이다. 두장은 전장의 11.5-1.54%, 안경은 두장의 23.9-39.5% 이다. 몸 전체에는 막 지느러미가 관찰되며, 가슴지느러미는 원기가 출현한다. 동공의 렌즈 아래에는 흑색소포가 착색되어 있다. 난황 뒤쪽으로 나뭇가지 모양의 흑색소포가 소화관의 등쪽을 따라 1열로 소화관 중앙까지 나 있고, 소화관 중앙 이후부터는 배쪽에 항문앞까지 1열로 나 있다. 별 모양 또는 나뭇가지 모양의 흑색소포는 척색말단 주변의 등쪽과 배쪽에 분포한다.



Fig. 4. Newly hatched larvae of Pacific herring, *Clupea pallasii*. Scale bar = 1.0 mm.

고 찰

어란 및 부화자어 비교

부산산 청어 어란을 일본산과 남해산 청어 어란과 비교한 결과, 본 연구의 청어 어란 난경은 1.3-1.4 mm로 인공성숙 유도한 남해 및 동해산 청어 어란 (난경 1.3-1.4 mm), 일본산 청어 어란 (난경 1.33-1.46 mm)과 서로 유사하였다 (Uchida et al. 1958; Han et al., 2011; Kawakami et al., 2011). 또한, 청어 계군은 부화자어 크기에서 지역적으로 구분되는 것으로 보고되었다 (Kobayashi, 1993; Beacham et al., 2008; Sugaya et al., 2008). 일본 Miyako 만 계군의 부화자어 전장은 6.5-7.5 mm 이며, 러시아 Korf 만 계군의 경우 전장 8.6-9.3 mm로 더욱 낮은 온도에 서식하는 계군이 더 큰 것으로 나타났다 (Kawakami et al. 2011). 이러한 차이점은 산란장의 성숙 어미 크기와 난경에 기인하는 것으로 알려져 있으며, 본 연구의 부산산 청어 부화자어 전장은 6.3-7.8 mm로 인공성숙 유도로 부화한 일본산 청어 부화자어 (전장 7.1-7.7 mm), 남해 및 동해산 청어 부화자어 (전장 6.8-7.6 mm)와 크기에서는 비슷하였다 (Uchida et al. 1958; Han et al., 2011; Kawakami et al., 2011). 따라서, 한국과 일본에 서식하는 청어 부화자어의 체장조성은 서로 유사한 것으로 판단된다.

청어 어란 부착 저감 방안

1월말에서 2월초 부산 연안에서 조업을 위해 설치한 삼중자망에 청어 어란이 대량으로 부착하였다 (Fig. 3). 본 연구에서는 청어 초기자원을 보호하기 위해 어구를 인근 내만으로 이동하여 자연부화를 실시하였으며, 수정 후 5일차부터 최대 부화완료 할 때까지 관찰하였다. 부산산 청어 어란은 자연상태의 수온 9℃에서 10일차에 부화를 시작하였는데, 인공성숙 유도한 남해산 청어 어란 (수온 13-14℃에서 4일만에 부화시작) (Han et al., 2011)과는 수온에 따라 많은 차이를 나타내었으며, 실내사육한 일본산 청어 어란 (수온 9.6℃에서 10일차에 부화시작, 11일차에 최대부화)과 유사하게 나타났다 (Kawakami et al., 2011). 자연상태에서 자망에 부착된 청어 어란의 부화완료 시기를 관찰한 결과, 수정 후 5일차부터 10일차 까지는 어란의 색은 황색을 띄고 부화되지 않았으며, 10일차부터 부화가 진행됨에 따라 덩어리를 형성하여 부착한 청어 어란들이 줄어들기 시작하

였다 (Fig. 3). 이 시기에 부패가 진행되며 옅은 녹색을 띠었다. 수정 후 12일차에는 부착된 어란들이 대부분 부화 완료하였으며 빈 난각만 관찰되었다 (Fig. 3D). 따라서, 청어 산란기시 어구에 청어 어란이 대량으로 부착할 경우 부착지점을 벗어난 인근 해역에서 약 2주간 자연부화를 유도하는 방법이 청어 초기자원을 보호할 수 있을뿐만 아니라 그물의 재사용도 가능할 것으로 판단된다. 또한, 자연부화 완료 후 그물에 남은 빈 난막은 수류가 빠른 곳에 재설치하거나 도구를 이용하여 정비하는 것이 효과적인 것으로 판단되며, 청어 어란 부착 지역 인근의 조업을 일시적으로 피하는 방법이 합리적인 것으로 사료된다.

결 론

부산 연안에서 조업을 위해 설치한 삼중자망에 청어 어란이 대량으로 부착하였다. 본 연구에서는 청어 어란이 부착한 어구를 인근 내만으로 이동하여 자연부화를 실시하였으며, 수정 후 5일차부터 부화완료까지 관찰하였다. 국내 청어 어란은 자연상태에서 부착기질에 부착 후 약 10일 이후에 부화 시작하는 것으로 확인되었다. 수정 후 12일차에는 덩어리로 부착된 어란들이 대부분 부화 완료하였으며, 빈 난각만 관찰되었다. 따라서, 그물에 청어 어란이 대량으로 부착할 경우 인근 해역에서 약 2주간 자연부화를 유도하는 것이 청어 초기 자원을 보호할 수 있을 것으로 사료된다.

사 사

본 논문은 2015년도 국립수산과학원 수산과학연구소 사업(R2015024)의 지원으로 수행된 연구이며 연구비 지원에 감사드립니다. 조사에 많은 도움을 주신 문지환, 조현우님께 감사드립니다.

References

- Alderdice DF and Velsen FPJ. 1971. Some effects of salinity and temperature on early development of Pacific herring (*Clupea pallasii*). J Fish Res Bord Can 28, 1545-1562. (DOI: 10.1139/f71-234).
- Beacham TD, Schweigert JF, MacConnachie C, Le KD and Flostrand L. 2008. Use of microsatellites to determine population structure and migration of Pacific herring in British Columbia and adjacent regions. Trans Am Fish Sci 137, 1795

- 1811. (DOI: 10.1577/T08-033.1)
- Han KH, Lee SH, Hwang JH, Yeon IH, Kim HJ and Oh SJ. 2011. Early developmental morphology of the Pacific herring, *Clupea pallasii*. Bull Fish Sci Inst Chonnam Nat Univ 19, 17-22.
- 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. (DOI: 10.5657/KFAS.2015.03662)
- 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. (DOI: 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.
- Kobayashi T. 1993. Biochemical analyses of genetic variability and divergence of populations in Pacific herring (in Japanese). Bull Nat Res Inst Far Seas Fish 30, 1-77.
- Kuwatani Y, Shibuya S, Wakui T and Nakanishi T. 1978. Study on the egg development and breeding of the herring juvenile. I. Effect of temperature on the egg development (in Japanese). In: Report on the development of enhancement techniques and market-feasibility research of herring. Sasaoka H, ed. Hokkaido National Fisheries Research Institute and Research Department, Fisheries Agency of Japan, Kushiro, Hokkaido, Japan, 11-29.
- Nelson JS. 2006. Fishes of the World. 4th ed, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, USA, 601.
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute), 2013. Ecology and fishing ground of major commercial species in the Korean waters. National Fisheries Research and Development Institute. Ye-Moon-Publ Co Ltd, 1-401.
- Okiyama M. 1988. Family Clupeidae. In: An Atlas of the early stage fishes in Japan. Okiyama M, ed. Tokai University Press, Tokyo, Japan, 1-9.
- Sugaya T, Sato M, Yokoyama E, Nemoto Y, Fujita T, Okouchi H, Hamasaki K, Kitada S. 2008. Population genetic structure and variability of Pacific herring *Clupea pallasii* in the stocking area along the Pacific coast of northern Japan. Fish Sci 74, 579-588. (DOI: 10.1111/j.1444-2906.2008.01561.x)
- Uchida K, Imai S, Mito S, Fujita S, Ueno M, Shojima Y, Senta T, Tahuku M and Dotu Y. 1958. Studies on the egg, larvae and juvenile of Japanese fishes. Series I (in Japanese). Second Laboratory of Fisheries Biology, Fisheries Department, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka, Japan, 3-7.
- Whitehead PAP. 1985. FAO Species Catalogue. Clupeoid fishes of the world (suborder Clupeoidei). An annotated and illustrated catalogue of the herrings, sardines, pilchards, sprats, shads, anchovies and wolf-herrings. FAO Fish Synop 125, 1-303.
-
2015. 7.23 Received
 2015. 8.21 Revised
 2015. 8.22 Accepted