

전어(*Konosirus punctatus*) 자치어의 체형변화 및 비늘형성Morphological Changes and Scale Formation in Juvenile *Konosirus punctatus*김관석¹, 성하영¹, 차상훈¹, 이성훈², 한경호^{1,*}Kwan-Seok Kim¹, Hayoung Seong¹, Sang-Hun Cha¹, Sung-Hoon Lee², Kyeong-Ho Han^{1,*}¹전남대학교 수산과학과,²전남대학교 수산해양산업관제저용융합학과¹Department of Fisheries and Sciences,
Chonnam National University, Yeosu 59626,
Republic of Korea²Department of Fishery, Marine, Industry,
Tourism, and Leisure, Chonnam National
University, Yeosu 59626, Republic of Korea*Correspondence to Kyeong-Ho Han
E-mail: aqua05@jnu.ac.kr

Received June 29, 2023

Revised July 26, 2023

Accepted August 7, 2023

Abstract : In the study, we observed the morphological changes and scale formation of *Konosirus punctatus* juvenile, which are collected from the estuary of the Mankyong River and fertilized using artificial insemination. The hatched juveniles were sorted 15 per day, and the relative growth was assessed through measurements of total length, standard length, anus length, and body height. The process of scale formation was also observed in the hatched juveniles. Regarding morphological changes, body length showed consistent relative growth from immediately after hatching to the juvenile stage. Body height exhibited higher relative growth values than the overall length starting from the post-larval stage. The head length showed consistent relative growth until the post-larval stage and then decreased. The anus length showed low relative growth until the post-larval stage but increased steadily from the juvenile stage onwards. Scales first appeared in the post-larval stage and completed scale formation throughout the body just before transitioning to the juvenile stage, starting from the posterior part of the operculum, above the pectoral fin, at the anterior part of the anal fin, and the posterior part of the anal fin. These research results can be used for management and protection of fish species as resources of biological characteristics.

Keywords : *Konosirus punctatus*, Morphological change, Scale formation, Juvenile, Larvae

서론

전어(*Konosirus punctatus*)는 청어목(Clupeiformes) 청어과(Clupeidae)에 속하는 어류로 우리나라 전 연안, 일본 중부이남, 남중국해에 분포하는 연근해성 어류이다(NFRDI, 2004). 또한, 봄이 되면 하구 근처에서 산란하며, 많이 소비되는 종이므로 수산자원학적 및 상업적으로 중요한 어종이다(Kim and Lee, 1984; Choi *et al.*, 2015).

상업성 어류는 연구 결과의 높은 이용 가치와 관심으로 집중한 연구가 수행되었으며, 동일한 종에서도 다른 연구자, 시기, 지역에 따라 유사한 연구가 반복적으로 이루어지고 있다(Kim, 2016). 전어에 관한 연구도 연령조성과 번식기(Lee, 1983), 생식 생물학(Kim and Lee, 1984), 먹이원(Park *et al.*, 1996; Choi *et al.*, 2015), 번식생태(Ko, 2006), 염분 변화에 대한 스트레스 반응(Kim, 2006), 지리적 변이와 DNA 다형성(Park *et al.*, 2006), 초기생활사(Kim *et al.*, 2007) 등 다양한 연

구가 수행되었다.

어류의 초기생활사에 관한 연구는 종을 구분하거나 종의 특성을 밝히고 유연관계를 연구하는 데 매우 중요하다(Lee *et al.*, 2013; Yun *et al.*, 2022). 최근 국내에서는 전어 소비량이 증가하고 있으나, 환경오염과 남획에 의해 어획량은 급격히 감소하고 있어 전어 양식에 대한 관심도가 증가하고 있다(Lee *et al.*, 2012). 뿐만 아니라 청어과 어류는 자치어 시기에 있어 항문의 위치 등이 어린 시기의 분류 형질로 특히 중요하고, 정확한 동정을 위해서는 사육에 의거하여 정확한 형태 관찰이 필요하다(Okiyama, 1988). 또한 어류의 발달과 체형변화는 자치어 시기에 가장 활발하게 일어나며, 난기와 자치어기를 거쳐 가임이 이루어지므로 초기생활사 연구는 필수적이다(Kim *et al.*, 2007; Choi *et al.*, 2015).

따라서 이 연구는 전어의 자치어기 체형변화를 관찰하여 그 특징을 명확하게 밝히고, 비늘의 형성 시기를 관찰하여 전어의 자원생물학적 기초 자료로 제공하고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험에 확보 및 인공 수정

실험에 사용된 전어 성어는 2014년 6월에 전북에 위치한 만경강 하구(Fig. 1)에서 자망을 이용하여 채집하였고 성숙한 개체를 선별하여 암컷 20개체, 수컷 10개체를 산소 포장하여 실험실로 운반하였다. 실험실에서는 암컷의 복부를 압박하여 채란하였고, 채란된 난에 수컷의 복부를 압박하여 얻은 정액을 섞고 링거액을 가하여 진식법으로 인공수정하였다. 수정된 난은 투명유리수조에 수용하였고, 수온은 평균 20.0°C, 염분은 평균 31.3 psu로 유지하여 사육하였다. 사육수는 매일 2회 1/2씩 환수하였다.

2. 자치어 체형변화

부화자어는 성장 단계에 따라 *Rotifer* sp., *Artemia* sp., 배합사료 (Love larva, Japan)를 순차적으로 공급하여 사육하였다. 체형변화는 부화자어기부터 치어기까지 관찰하였다. 관찰 시 매일 15개체를 잡아내어 MS-222 (Sindell, Canada)로 마취시켜 입체해부현미경 (SMZ800, Nikon, Japan)으로 관찰하였고, 만능투영기 (V-12BS, Nikon, Japan)를 이용하여 전장 (Total length, TL)에 대한 표준체장 (Standard length, SL), 체고 (Body height, BH), 두장 (Head length, HL), 항문장 (Anus length, AL)을 측정하여 비교하였다.

3. 자치어 비늘형성

비늘이 형성되는 시기를 알아보기 위하여 부화자어기부터 치어기까지 매일 15개체씩 잡아내어 관찰하였다. 관찰 시 MS-222로 마취시켰고, 입체해부현미경으로 관찰하였다.

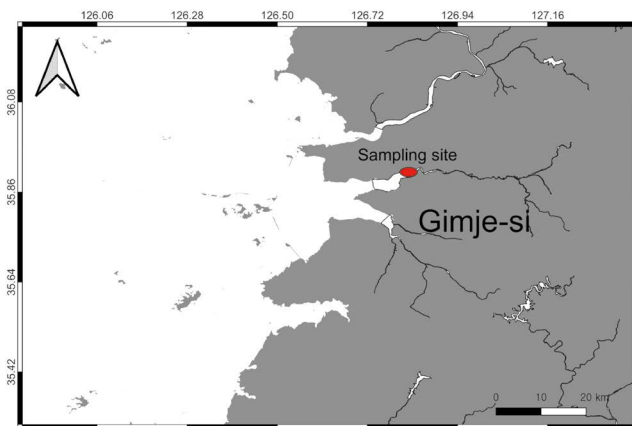


Fig. 1. The sampling area of the *Konosirus punctatus* at the Mankyung in Gimje, Jeollabuk-do.

결 과

1. 자치어의 체형변화

전어 자치어의 전장 범위는 4.74~40.00 mm였고, 전장에 대한 체장은 $3.93 \sim 37.77$ mm ($n=15$)였다 (Fig. 2A). 전장에 대한 체장의 관계식은 $SL=0.9208TL-0.2979$ 였으며, 전장 대비 체장의 길이는 치어까지 성장함에 따라 일정한 값을 보였다 ($r^2=0.995$).

전어 자치어의 체고는 0.29~8.99 mm ($n=15$)였고, 전장에 대한 체고의 관계식은 $BH=0.3107TL-2.6018$ 이었다 (Fig. 2B). 후기자어기부터는 전장 11.05~12.26 mm (평균 11.66 ± 0.60 mm)로 체고의 성장 속도가 빨라졌고, 치어기인 전장 30.16~30.75 mm (평균 30.46 ± 0.29 mm)부터는 성장 속도가 느려지면서 일정한 변화 값을 보였다 ($r^2=0.948$). 전어가 성장함에 따라 체고가 높아지면서 전장 37.82~39.75 mm (평균 38.79 ± 0.96 mm)에는 체고가 8.59~8.94 mm (평균 8.77 ± 0.17 mm)로 현저하게 높아졌다.

전어 자치어의 두장은 0.48~8.65 mm ($n=15$)였고, 전장에 대한 두장의 관계식은 $HL=0.2263TL-0.3757$ 이었다 (Fig. 2C). 부화 직후에는 전장 4.74~4.96 mm (평균 4.85 ± 0.11 mm)로 성장 속도가 빨라졌고, 후기 자어기부터는 전장 20.87~21.11 mm (평균 20.99 ± 0.12 mm)로 성장 속도가 느려지면서 치어기까지 일정한 변화 값을 보였다 ($r^2=0.945$).

전어 자치어의 항문장은 3.97~24.89 mm ($n=15$)였고 (Fig. 2D), 전장에 대한 항문장의 관계식은 $AL=0.5377TL+2.7266$ 이었다. 항문은 전장 4.94~5.37 mm (평균 5.15 ± 0.22 mm)인 전기자어기에 열렸다. 항문이 열린 이후 전장 대비 항문장의 길이는 점차 줄어들었다. 후기자어기는 전장 24.30~25.43 mm (평균 24.87 ± 0.56 mm)부터 치어기까지 성장함에 따라 일정한 값을 보였다.

2. 자치어의 비늘형성

부화 후 40일째에는 전장이 17.32~18.93 mm (평균 17.96 mm)로 몸 중앙 부위를 따라서 최초로 형성되는데, 그 위치는 앞쪽은 아가미뚜껑 뒷부분에서 후방에 불연속적으로 형성되었고, 가슴지느러미 위쪽에 1~2열로 비늘이 형성되었으며, 배지느러미 앞쪽으로 9개, 뒤쪽으로 8개의 모비늘이 형성되었다 (Fig. 3A).

부화 후 42일째에는 전장이 17.84~19.04 mm (평균 18.65 mm)로 아가미뚜껑 부분에 불연속적으로 형성된 비늘이 서로 연속되어 나타났고, 가슴지느러미 위쪽에서부터 꼬리자루로 향하면서 배지느러미까지 증가하였다 (Fig. 3B).

부화 후 44일째에는 전장이 18.43~20.11 mm (평균 19.26

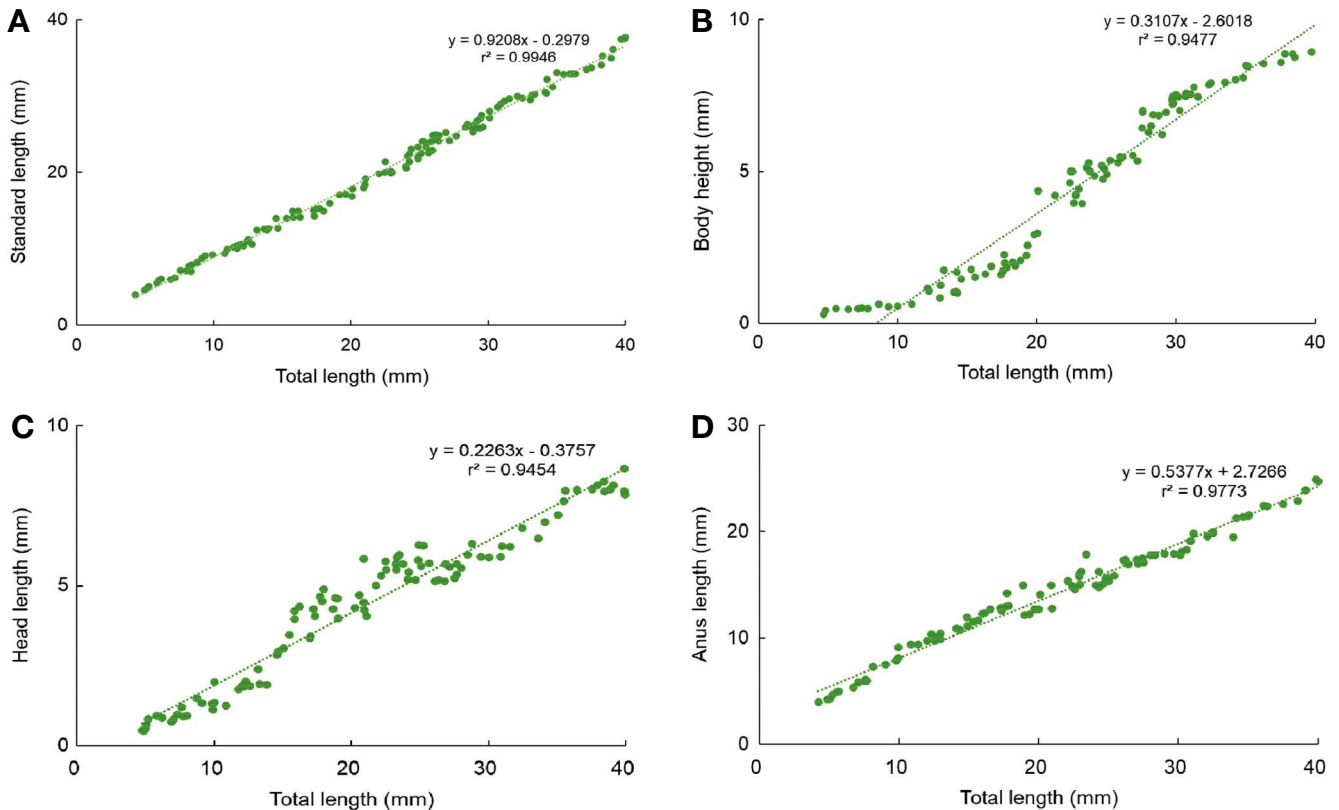


Fig. 2. Relationship between total length and other morphometric characteristics of *Konosirus punctatus*. A: standard length (SL); B: body height (BH); C: head length (HL); D: anus length (AL).

mm)로 비늘이 점점 증가하여 옆줄 쪽으로까지 확대되었고, 모 비늘은 배지느러미 앞쪽으로 10개, 뒤쪽으로 9개로 증가하였다 (Fig. 3C).

부화 후 46일째에는 전장이 20.74~22.06 mm (평균 21.59 mm)로 아가미뚜껑 부분을 따라 형성된 비늘이 몸통에 형성된 비늘열과 연결되었고, 몸통 부분의 비늘은 뒷지느러미까지 증가하였다 (Fig. 3D).

부화 후 48일째에는 전장이 22.46~24.03 mm (평균 23.20 mm)로 머리 부분까지 확대되어 형성되었고, 가슴지느러미를 따라 복부 쪽으로 형성되었던 비늘은 위로 증가하지 않고 옆줄 경계선에서 다시 복부 쪽을 향해 증가하였으며, 등지느러미 아래쪽으로 얇은 청색 빛의 새로운 비늘이 형성되었다 (Fig. 4A). 모비늘은 배지느러미 앞쪽으로 11개, 뒤쪽으로 10개로 증가하였다.

부화 후 50일째에는 전장이 23.21~24.87 mm (평균 24.03 mm)로 머리 부분의 비늘과 몸통 부분 쪽의 비늘열이 연결되었고, 옆줄 경계선에서 복부 쪽을 향해 더욱 확대되었다 (Fig. 4B).

부화 후 51일째에는 전장 24.56~30.23 mm (평균 28.34 mm)로 몸통 부분의 비늘은 꼬리지느러미 기저까지 확대되었으며

(Fig. 4C), 부화 53일째 배지느러미 앞쪽으로 13개, 뒤쪽으로 12개의 모비늘이 모두 완성되었고, 몸통의 모든 부위에 비늘이 형성되어 비늘형성이 완료되었다 (Fig. 4D).

고 찰

정골어류는 초기생활사에 가장 빠른 성장을 보이고, 특히 후기자어기에 급격한 변화가 나타난다 (Kim *et al.*, 2007). 이 연구에서는 전어가 6.46 mm에 후기자어기로 이행되는 것을 확인하였다. 전어가 속한 청어목 어류의 선행 연구 결과에 따르면 Han *et al.* (2000)의 연구에서 준치 (*Ilisha elongata*)는 5.02 mm였고, Okiyama (1988)의 연구에서 밴댕이 (*Sardinella zunasi*)는 4.4 mm, 멸치 (*Engraulis japonicus*)는 3.7 mm, 눈통멸 (*Etrumeus sadina*)는 5.0~6.0 mm였다. 후기자어기로 이행하는 전어의 전장은 눈통멸과 비교적 유사하게 나타났으며, 준치, 밴댕이, 멸치와는 차이를 보였다. 같은 청어목에서도 어종마다 후기자어로 이행되는 시점이 다르게 나타나기 때문에 구체적인 연구가 필요하다.

Okiyama (2014)에서는 척색말단이 굴곡이 완료된 후 각 지

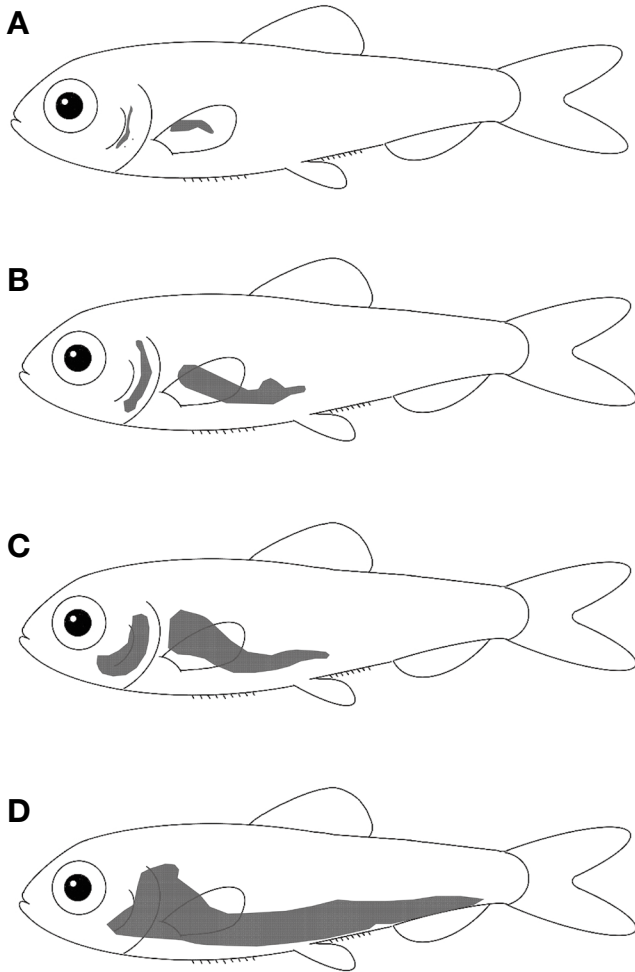


Fig. 3. Diagrammatic drawing of squamation in the larvae of *Konosirus punctatus* (mean total length 17.96~21.59 mm). A: mean 17.96 mm in total length (TL); B: mean 18.65 mm in TL; C: mean 19.26 mm in TL; D: mean 21.59 mm in TL. Scales, darkened.

느리미가 정수에 도달하기 전까지를 후기자어기로 구분하였는데, 이 연구에서는 후기자어기인 11.23 mm에 척색말단 굴곡이 완료되었다. 청어목 어류인 정어리(*Sardinops sagax*)는 전장 14.3 mm, 셋줄멸(*Spratelloides gracilis*)은 전장 12.8 mm였고, 눈통멸은 전장 9.9 mm, 밴댕이는 전장 11.6 mm였다(Uchida *et al.*, 1958). 척색말단 굴곡 시점은 밴댕이와 비교적 유사하게 나타났다으며, 정어리, 셋줄멸, 눈통멸과는 차이를 보였다. 같은 청어목임에도 불구하고 각각 다른 결과 값을 보이므로 추후에 같은 과 혹은 같은 속 별 연구의 필요성이 요구된다.

이 연구에서 전어의 체장은 전기자어기부터 치어기까지 일정한 속도로 성장하는 결과를 보였고, 체고는 후기자어기부터 높아지기 시작하여 체형은 측편형을 갖추기 시작하였다. 두장은 부화 직후부터 성장이 빨랐고, 후기자어기가 끝날 무렵부터 치어기까지 성장 속도가 느려졌다. 항문장은 부화 직후부터 후기 자어기까지 성장이 지속적으로 느려지는 결과를 보였고, 치

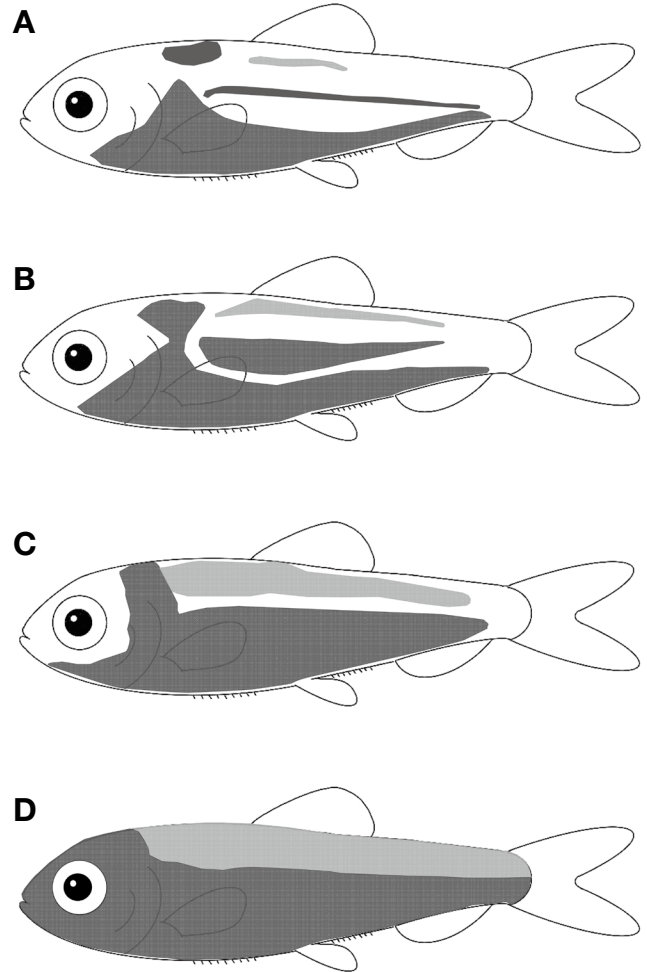


Fig. 4. Diagrammatic drawing of squamation in the larvae and juveniles of *Konosirus punctatus* (mean total length 23.20~30.11 mm). A: mean 23.20 mm in total length (TL); B: mean 24.03 mm in TL; C: mean 28.34 mm in TL; D: mean 30.11 mm in TL. Scales, darkened.

어기부터는 일정한 속도로 성장하였다. 전어는 초기생활사에서 빠른 성장을 보였지만, 계측 형질에 따라 차이를 나타냈다.

비늘형성은 자연상태에서 서식처의 변화에 대한 반응과 더불어 방어기작과 밀접한 관계가 있으므로 매우 중요하다(Fukuhara, 1992). 초기 비늘형성에 있어 다른 청어목 어류들을 살펴보면 *Brevoortia patronus* (Chapoton, 1967)는 배지느리미와 가슴지느리미 사이의 복부에서, *Clupea harengus* (Huntsman, 1918)는 꼬리자루 중간, 측선 앞쪽 부분, 배지느리미와 가슴지느리미 사이의 복부에서 출현하였다. *Pomolobus pseudoharengus* (Huntsman, 1918)는 꼬리자루 중간 부분, 배지느리미와 가슴지느리미 사이의 복부, 가슴지느리미 기부에서 출현하였고, 정어리(Kubo *et al.*, 1949)와 *Engraulis mordax* (Miller, 1955)는 꼬리자루 중간 부분에서 처음으로 출현하여 종마다 매우 다양한 양상을 보였다. 이 연구에서 전어의 비늘형성은 아가미뚜껑 뒷부분의 후방과 가슴지느리미 위쪽에서 발

달했다. 비늘형성은 종별로 다양한 차이를 나타내는 결과를 보이고 있으며, 다른 환경에 서식하고 있는 여러 종들에 대해서도 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

전어는 초기 발육 단계에 체형의 변화가 빠르게 이루어졌다. 어류는 후기자치어기에 급격한 변화를 보이지만(Kim *et al.*, 2007), 계측형질에 따라 차이가 나타나고 이러한 결과는 어종별 외부 형태적 특징의 차이에 의한 것으로 생각된다. 비늘형성은 같은 청어목에서도 어종별로 매우 다양한 결과 값을 보였다. 이는 각 어종의 특성과 살아가는 환경의 차이에 의해 나타난 결과로 생각된다.

요 약

전어 자치어기의 체형변화와 비늘형성을 관찰하기 위하여 만경강 하구에서 어미를 채집하여 인공수정으로 부화된 자어를 치어기까지 사육하였다. 자치어는 매일 15개체씩 체장, 체고, 두장, 항문장을 측정하여 전장에 대한 상대성장을 측정하였고, 비늘형성 과정을 관찰하였다. 체형변화에서 체장은 부화 직후부터 치어기에 도달할 때까지 일정한 상대 성장을 보였으며, 체고는 후기자치어기부터 전장 대비 높은 상대 성장 값을 보였고, 두장은 후기자치어기까지 일정한 상대 성장을 보이다 치어기에 도달할 때 낮아졌다. 또한, 항문장은 후기 자어기까지 상대 성장이 낮았으나 치어기부터는 일정한 속도로 성장하였으며, 비늘은 후기자치어기에 처음 출현하였는데, 아가미뚜껑 뒷부분 후방, 가슴지느러미 위쪽, 배지느러미 앞쪽, 배지느러미 뒤쪽을 시작으로 치어기로 이행되기 직전에 몸통의 모든 부위에 비늘이 형성되어 비늘형성이 완료되었다. 이러한 연구 결과는 전어의 자원 생물학적 특징 자료로 어종 관리 및 보호에 활용될 수 있을 것이다.

참고 문헌

- Chapoton, R.B., 1967. Scale development in the Gulf menhaden, *Brevoortia patronus*. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 96(1), 60-62.
- Choi, H.C., I.S. Han, Y.S. Suh and S.H. Huh, 2015. Feeding habits of larval *Konosirus punctatus* from the Nakdong River estuary, Korea. *Korean J. Fish. Aquat. Sci.*, 48(5), 752-759.
- Fukuhara, O., 1992. Study on the development of functional morphology and behavior of the larvae of eight commercially valuable teleost fishes. *Contr. Fish Res. Jpn. Sea Block*, 25, 1-122.
- Han, K.H., D.Y. Kim, B.Y. Noh, S.H. Oh, Y.M. Kim, D.S. Jin and Y.U. Kim, 2000. Morphological and skeletal development of the larvae and juveniles of the slender, *Ilisha elongata* (Bennett) (Teleostei: Clupeidae). *Korean J. Ichthyol.*, 12(4), 230-235.
- Huntsman, A.G., 1918. The growth of the scales in fishes. *Trans. Roy. Can. Inst.*, 12, 61-101.
- Kim, B.G., 2016. Morphological variation and ecology of tidepool population of *Luciogobius guttatus* (Pisces: Gobiidae), from Korea. Ph.D. Thesis, Inha University, 243pp.
- Kim, H.B. and T.Y. Lee, 1984. Reproductive biology of a shad, *Konosirus punctatus*. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 17, 206-218.
- Kim, H.B., 2006. Stress responses of gizzard shad (*Konosirus punctatus*) in salinity changes of rearing water. Master Thesis, Chonnam National University, 51pp.
- Kim, K.S., K.H. Han, J.H. Lee, S.H. Lee, C.C. Kim, H.J. Ko and K.S. Jeong, 2007. Egg development and morphology of larva and juvenile of the Konosiro gizzard shad, *Konosirus punctatus*. *Dev. Reprod.*, 11(2), 127-135.
- Ko, H.J., 2006. Reproductive ecology and seed production of gizzard shad, *Konosirus punctatus*. Ph.D. Thesis, Chonnam National University, 136pp.
- Kubo, I., J. Hattori and H. Kawasaki, 1949. Studies on the sardines of the Tokyo Bay and its adjacent waters, with special reference to their propagation. II. Fishery biological characters. Pref. Comm. Counterpl. Promot. Fisher Yokohama, 30pp.
- Lee, S.W., J.H. Yang and K.S. Jeong, 2012. Optimal condition (Water Temperature and Fish Density) for transportation of Gizzard Shad (*Konosirus punctatus*) Juvenile. *SFO*, 20(1), 65-73.
- Lee, T.W., 1983. Age composition and reproductive period of the shad, *Konosirus punctatus*, in Cheonsu bay. *J. Korean Soc. Oceanogr.*, 18(2), 161-168.
- Lee, W.O., K.H. Kim, J.M. Back and M.Y. Song, 2013. Egg development and early life history of *Zacco koreanus* (Pisces: Cyprinidae). *Korean J. Ichthyol.*, 25(4), 200-207.
- Miller, D.J., 1955. Studies relating to the validity of the scale method for age determination of the northern anchovy (*Engraulis mordax*). *Fish Bull. Mar. Fish Branch*, 101, 7-14.
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute), 2004. Commercial fishes of the coastal & offshore waters in Korea. Hangul Graphics Busan, Korea, 333pp.
- Okiyama, M., 1988. An atlas of the early stage fishes in Japan. Taitai Univ. Press, 1154pp.
- Okiyama, M., 2014. An atlas of the early stage fishes in Japan. Tokai Univ. Press, Kanagawa, Japan, 25-43.
- Park, K.J., S.S. Cha and S.H. Huh, 1996. Food organisms of the postlarval shad (*Konosirus punctatus*) in Kwangyang bay. *J. Korean Fish. Soc.*, 29(4), 450-455.
- Park, S.Y., J.Y. Kim and J.M. Yoon, 2006. Geographic variations and DNA polymorphisms in Gizzard-shad (*Konosirus punctatus*). *Korean J. Ichthyol.*, 18(4), 300-310.
- Uchida, K., S. Imai, S. Mito, S. Fujita, M. Ueno, Y. Shojima, T. Senta, M. Tahuku and Y. Dotu, 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.
- Yun, J.W., K.H. Han, T.S. Yu, J. Lee, S.H. Lee, J.M. Park and J.H. Seo, 2022. Morphological development of eggs, larvae and juveniles of *Platycephalus indicus* caught from Yeosu. *Korean J. Ichthyol.*, 34(2), 96-101.