

남해안 여자만에 서식하는 짱뚱어 *Boleophthalmus pectinirostris*의 난발생 및 자치어 형태발달

박충국 · 황선영¹ · 김대홍 · 허승준 · 박재민^{2,*}

전라남도 해양수산과학원, ¹전라남도청 섬해양정책과, ²경상북도 토속어류산업화센터

Development of Eggs, Larvae and Juveniles of the *Boleophthalmus pectinirostris* from Southern Coastal, Yeoja-man by Chung-Kug Park, Seon-Yeong Hwang¹, Dae-Hong Kim, Seung-Jun Heo and Jae-Min Park^{2,*} (Jeollanam-do Institute of Ocean & Fisheries Science, Wando 59116, Republic of Korea; ¹Jeollanam-do Islands and Ocean Policy Division, Muan 58564, Republic of Korea; ²Gyeongsangbuk-Do Native Fish Business Center, Uiseong 37366, Republic of Korea)

ABSTRACT This study investigated the early life history of the *Boleophthalmus pectinirostris* living in the southern coastal Yeoja-man and compared the results with the same Gobiidae fishes. The brood stork used in the study were captured with bare hands in the tidal flats of Beolgyo-eup, Jeollanam-do, in June 2015. The amount of spawning was 411~11,688, and the eggs were short oval and the size was 1.40×0.72 mm. The time of hatched took 91 hours and 35 minutes at a water temperature of 25~27°C. Newly hatching larvae, the yolk sac had a total length of 3.02~3.31 (average 3.17±0.08, n=30) mm and did not eat rotifer. 4 days after hatching, the total length was 3.31~3.52 (3.43±0.07, n=30) mm, and as the mouth and anus opened, the fish transitioned to the preflexion larvae and fed. 14 days after hatching, the total length was 5.06~5.25 (5.16±0.06, n=30) mm, and the distal end of the vertebra was completely bent at 45° and the transitioned to the postflexion larvae. 41 days after hatching, the total length was 14.3~16.8 (15.4±0.85 mm, n=30), and the number of fins reached an integer of 5 first dorsal fins, 26~27 second dorsal fins, 24~27 anal fins, and 6 ventral fins, and the transitioned to the juveniles. As a result of the study, star-shaped melanophore were deposited from the front of the pectoral fin to the base of the caudal fin, which distinguished them in form from other postflexion larvae of Gobiidae fishes.

Key words: Gobiiformes, Gobiidae, *Boleophthalmus pectinirostris*, egg, larvae, juvenile

서 론

망둑어목(Gobiiformes) 망둑어과(Gobiidae) 어류는 전 세계에 약 189속 1,359종이 알려져 있으며(Nelson *et al.*, 2016), 우리나라 담수 및 기수역에는 19속 39종이 분포하고 있다(Chae *et al.*, 2019). 짱뚱어(*Boleophthalmus pectinirostris*)는 정착성 어류로 우리나라를 비롯한 오스트레일리아, 필리핀, 대만, 미얀

마, 중국, 일본 등에 분포하는 것으로 알려져 있으며(Kim *et al.*, 2005; Chae *et al.*, 2019; Froese and Pauly, 2023), 우리나라에 서는 서해 남부와 남해안의 충남 보령, 전북 군산, 전남 별교, 신안, 무안, 강진, 장흥 등에 서식하고 있다(Chae *et al.*, 2019). 짱뚱어는 연안 갯벌 간석지에 서식하면서 물속에서는 아가미 호흡, 물 밖에서는 피부로 호흡하며, 바닥에 Y자 형태의 서식공을 만들어 살아가는 어류이다(Chae *et al.*, 2019). 짱뚱어는 마리당 1,500~3,000원으로 어업인들에게 중요한 소득원이 되고 있으며, 주로 요리 식재료, 기호식품 등으로 각광받고 있어 수요량이 증가하고 있는 실정이지만 최근 연안 매립 및 간척사업으로 인한 서식지 파괴로 자원량이 점차 감소하고 있다. 또한 자연에

저자 직위: 박충국 (연구사), 황선영 (주무관), 김대홍 (주무관), 허승준 (연구사), 박재민 (연구사)

*Corresponding author: Jae-Min Park Tel: 82-54-830-8800, Fax: 82-54-830-8809, E-mail: jm1090@korea.kr

서 포획되는 생산량에만 의존하고 있어 양식 연구를 통한 대량 생산이 필요한 실정이다. 망둑어과 어류에 대한 초기생활사 연구로는 날망둑 *Gymnogobius breunigii* (Dotu, 1954), 살망둑 *G. heptacanthus* (Dotsu, 1984), 미끈망둑 *Luciogobius guttatus* (Kim *et al.*, 1992), 꼬마망둑 *L. koma* (Shigaki and Dotsu, 1974), 큰미끈망둑 *L. grandis* (Yun *et al.*, 2008), 문절망둑 *Acanthogobius flavimanus* (Dotu and Mito, 1955), 모치망둑 *Mugilogobius abei* (Kim and Han, 1991), 점망둑 *Chasmichthys dolichognathus* (Kim, 1975), 두줄망둑 *Tridentiger trignocephalus* (Kim and Han, 1990), 날개망둑 *Favonigobius gymnauchen* (Jin *et al.*, 2003), 검정망둑 *T. obscurus* (Hwang *et al.*, 2006), 밀어 *Rhinogobius brunneus* (Han *et al.*, 1998; Park and Han, 2023a), 민물검정망둑 *T. brevispinis* (Park and Han, 2023b), 꼭저구 *G. urotaenia* (Park and Han, 2023c) 등이 연구되었다. 쟁둥어의 경우 Ryu *et al.* (1995)이 자연에서 채집한 난을 대상으로 배발생 및 자치어 형태 일부가 보고되었으나 난발생 전 과정과 성어의 특징이 극대화되는 치어기까지 형태적 특징에 대한 추가적인 연구가 필요하였다. 따라서 이 연구에서는 남해안 여자만에 서식하는 쟁둥어의 난발생과 자치어 형태발달을 관찰하여 초기생활사를 규명하고 새로운 양식대상종 개발을 위한 종자생산 연구 기초자료를 확보하고자 한다.

재료 및 방법

1. 친어확보

연구에 사용된 친어는 2015년 6월 전남 보성군 벌교읍에 위치한 연안에서 간조 시 갯벌 위에 나와 있는 개체를 맨손으로 채집하였다. 채집한 친어는 연구실로 운반하여 성숙한 암·수 개체를 선별하였고, 친어의 크기는 암컷 전장 12.7~15.7 cm (평균 14.2±1.5 cm, n=10), 수컷 전장 13.3~17.0 cm (평균 15.1±1.85 cm, n=10)였다.

2. 산란유도

친어는 콘크리트 사각수조 (8 m×8 m×1.5 m) 2개를 이용해 유수식으로 사육하였고, 수온은 20~22°C (평균 21±1°C), 염분농도 20~25 psu (평균 22.5±2.5 psu)를 유지해주었다. 산란유도를 위해 암컷은 MS-222 (Ethyl 3-aminobenzoate methane-sulfonate, Sigma Aldrich Co., St. Louis, USA) 마취제로 마취 후 성성숙 유도 호르몬, HCG (human chorionic gonadotropin)를 생리식염수 (NaCl, 0.9%)에 용해한 후 어체중 10 g당 100 IU를 가슴지느러미 아래 기저부에 주사하였다. 성숙한 암컷은 호르몬 주사 24시간 후부터 복부를 압박하여 채란하였고, 수컷의 정액은 복부를 절개하여 등 쪽에 붙어 있는 정소를 분리하여 여과 해수

가 담긴 용기에서 가위로 절단 후 상등액을 이용하여 수정시켰으며, 난은 PVC 재질로 된 파이프 또는 직접 제작한 파관에 부착시켰다.

3. 난발생 및 자치어 형태발달

난발생 과정 동안 수온은 25~27°C (평균 26±1°C)였고, 염분농도는 친어 사육환경 (평균 22.5±2.5 psu)과 동일하였으며, 산소공급을 위해 에어레이션을 약하게 해주었다. 난 크기는 만능투영기 (JP V-12BM, Nikon, Tokyo, Japan)로 0.01 mm까지 측정하였고, 발생과정은 실체현미경 (JP SMZ800, Nikon, Tokyo, Japan)으로 관찰 후 스케치하였다. 자치어 사육은 난황 흡수 후부터 부화 후 50일까지 기수산 로티퍼 (*Brachionus rotundiformis*)를 mL당 8~12개체 정도가 되도록 매일 공급하였고, 부화 후 30일부터는 알테미아 (*Artemia* sp. nauplius) 부화 유생을 혼합 공급하였으며, 부화 후 50일부터는 배합사료 (Lovelarva, Japan)를 공급하였다. 자치어 형태발달 관찰은 30개체를 선택하여 마취제로 마취 후 만능투영기로 0.01 mm까지 측정하였고, 실체현미경으로 관찰 후 외부형태를 스케치하였다. 자치어 발달단계는 Ji *et al.* (2020)에 따랐다.

결 과

1. 난의 특징 및 산란량

쟁둥어의 난 형태는 타원형으로 표면의 색깔은 투명하였고, 난 아래쪽에는 부착사를 가지고 있어 점착성질을 가진 침성란이었다. 난의 크기는 장경 1.3~1.5 mm (평균 1.4±0.1 mm, n=30), 단경 0.70~0.75 mm (평균 0.72±0.02 mm, n=30)였다. 암컷 6마리에서 얻어낸 산란량은 414~11,688개 (평균 6,051±5,637개)였다.

2. 난발생 과정

쟁둥어의 난은 수정 직후부터 물을 흡수하기 시작하였고 (Fig. 1A), 수정 후 35분에는 배반이 형성되었다 (Fig. 1B). 수정 후 1시간에는 난황이 진행되었고 배반이 같은 크기로 나누어지면서 2세포기에 달하였으며 (Fig. 1C), 수정 후 1시간 35분에는 같은 방식으로 진행되어 4세포기에 달하였다 (Fig. 1D). 수정 후 2시간에는 8세포기에 달하였고 (Fig. 1E), 수정 후 2시간 35분에는 16세포기에 달하였으며 (Fig. 1F), 수정 후 3시간에는 32세포기에 달하였다 (Fig. 1G). 세포의 수가 증가하면서 수정 후 3시간 35분에는 64세포기에 달하였다 (Fig. 1H). 수정 후 4시간 10분에는 상실기에 달하였고 (Fig. 1I), 수정 후 6시간 40분에는 포배기에 달하였으며 (Fig. 1J), 수정 후 9시간 15분에는 배반이 난황을 덮어 내려와 낭배기에 달하였다 (Fig. 1K). 난황의 한쪽 끝에는 조

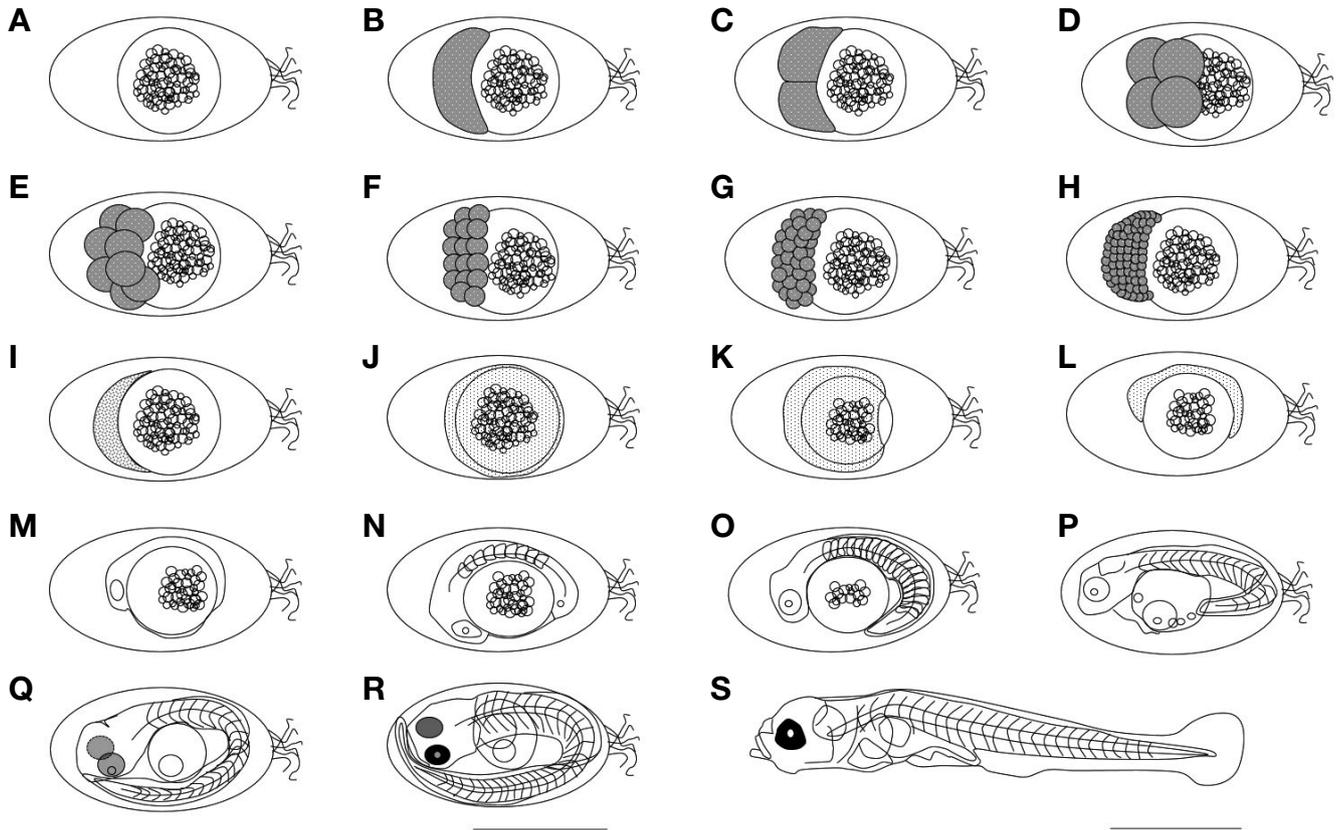


Fig. 1. Egg development of *Boleophthalmus pectinirostris*. A: Fertilized egg; B: Blastodisc; C: 2 cells; D: 4 cells; E: 8 cells; F: 16 cells; G: 32 cells; H: 64 cells; I: Morula stage; J: Blastula stage; K: Gastrula stage; L: Embryonic stage; M: Development of optic vesicle; N: Myotome 6~9 and Kupffer's vesicle appearance; O: Myotomes 15~16; P: Heart beating of start; Q: Development of long tail; R: Melanophore in eyes; S: Newly hatched larva. Scale bar = 1.00 mm.

금씩 함몰되어 배순이 자라 올라왔고, 수정 후 12시간 10분에는 난황 표면에 배체가 형성되기 시작하였다(Fig. 1L). 수정 후 14시간 40분에는 배체에 안포가 형성되었고(Fig. 1M), 수정 후 15시간 10분 후에는 6개의 근절과 Kupffer's vesicle이 형성되었다(Fig. 1N). 수정 후 21시간 40분에는 근절이 15~16개로 증가하였고, 안포에는 렌즈와 이포, 머리에는 뇌가 분화하였으며, 꼬리는 난황에서 분리되기 시작하면서 막지느러미가 발달하였다. 이 시기에는 Kupffer's vesicle이 소실되었다(Fig. 1O). 수정 후 23시간 50분에는 근절이 23개로 증가하였고, 심장이 분화되었으며, 꼬리가 난황으로부터 완전히 분리되었다. 이 시기에는 심장 박동이 시작되면서 배체의 간헐적인 움직임이 관찰되었고, 혈액이 척색의 아래쪽으로 흐르는 것이 관찰되었으며, 꼬리 부분이 현저하게 발달하였다(Fig. 1P). 수정 후 59시간 25분에는 배체가 난황을 한 바퀴 감쌌고 근절은 27~29개였으며, 소화관이 발달하였다. 눈에는 흑색소포가 착색되었고, 막으로 된 가슴지느러미가 발달하였다(Fig. 1Q). 수정 후 78시간 10분에는 배체의 측면에 연한 황색소포가 산재하였고, 눈에는 흑색소포가 더욱 짙게 착색되었으며, 미병부에도 침착하였다(Fig. 1R). 수정 후 91시간 35

분에는 머리가 난막을 뚫고 나오면서 부화하기 시작하였다(Fig. 1S).

3. 자치어 형태발달

1) 난황자어기(Yolk-sac larva)

부화 직후의 난황자어는 전장 3.02~3.31 mm (평균 3.17 ± 0.08 mm, n = 30)로 두장이 전장의 약 20%를 차지하였고, 입과 항문은 열려 있었으나, 난황을 달고 있었다. 난황의 앞쪽에는 유구가 남아 있었고, 항문장은 전장의 43.6%로 항문은 몸의 중앙보다 앞쪽에 위치하였으며, 소화관 위쪽에 부레가 발달해 있었다. 눈에는 흑색소포가 착색되어 있었고, 모든 지느러미는 막으로 되어 있었다. 흑색소포는 두부 아래에서 꼬리지느러미 기저 아래까지 한 줄로 침착되어 있었고, 주로 수면을 유영하였으며, 근절 수는 27~29개(10 + 17~19)였다(Fig. 2A).

2) 전기자어기(Preflexion larva)

부화 후 4일째 전기자어는 전장 3.31~3.52 mm (평균 3.43 ± 0.07 mm, n = 30)로 난황과 유구가 완전히 흡수되었고, 입과 항

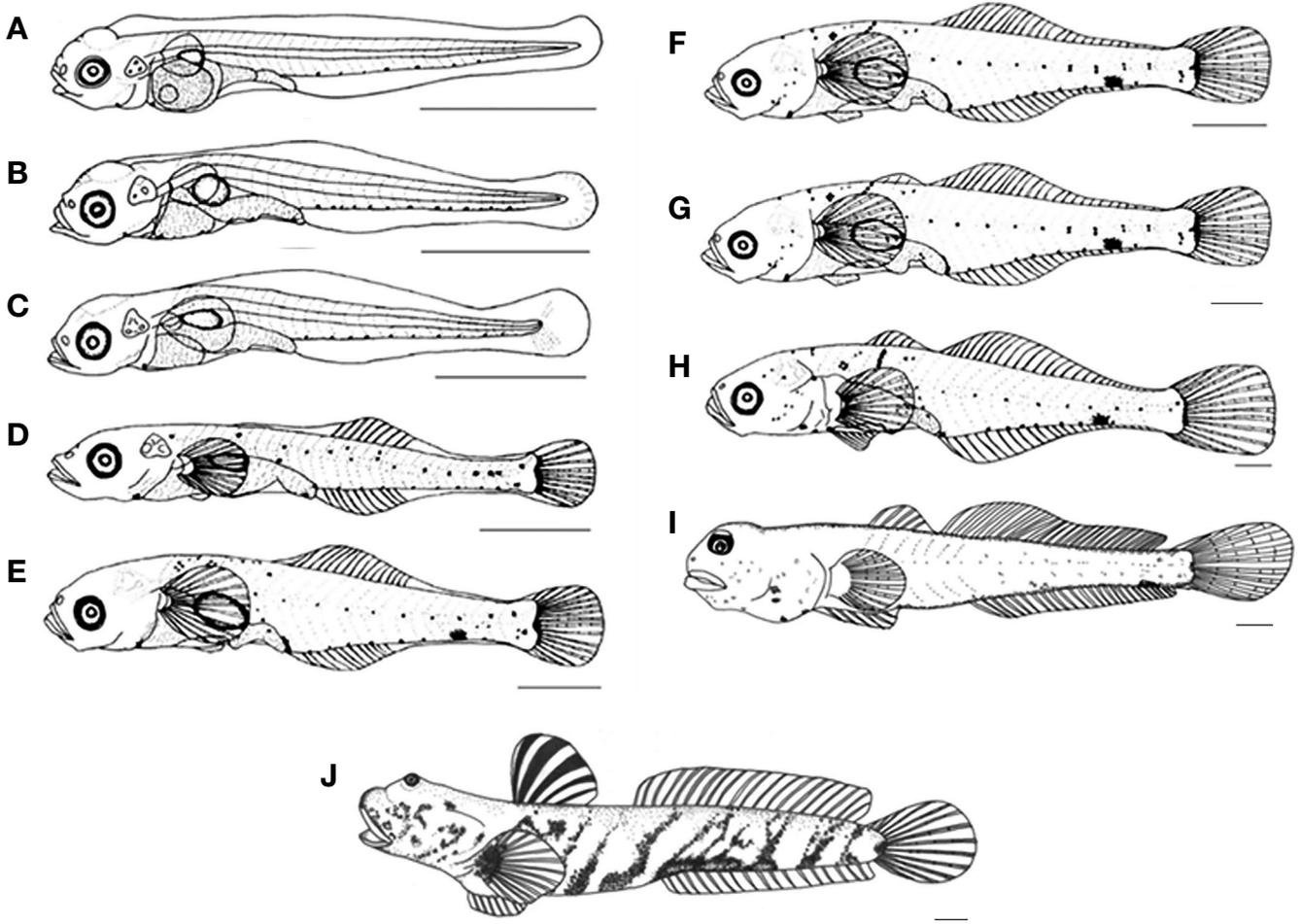


Fig. 2. Larvae and juveniles development of *Boleophthalmus pectinirostris*. A: Newly hatched larvae, mean 3.16 mm, TL (total length); B: 4 days after hatching (dAH), mean 3.41 mm, TL; C: 9 dAH, mean 3.65 mm, TL; D: 14 dAH, mean 5.20 mm, TL; E: 22 dAH, mean 6.92 mm, TL; F: 25 dAH, mean 7.63 mm, TL; G: 36 dAH, mean 14.6 mm, TL; H: 45 dAH, mean 16.5 mm, TL; I: 41 dAH, mean 15.4 mm, TL; J: 45 dAH, mean 17.9 mm, TL. Scale bars = 1.00 mm.

문이 열리면서 전기자어기로 이행하였다. 로티퍼를 섭취하기 시작하였고, 소화관은 발달하여 간헐적인 장의 연동운동이 관찰되었다(Fig. 2B).

3) 중기자어기(Flexion larva)

부화 후 9일째 중기자어는 전장 3.54~3.71 mm (평균 3.62 ± 0.06 mm, n=30)로 꼬리 끝 척색말단이 상단 부분으로 휘어지기 시작하면서 중기자어기로 이행하였다. 머리 상단 위쪽을 시작으로 발달한 막지느러미는 머리 뒤쪽에 시작점이 위치하였고, 꼬리지느러미에는 8개(2+6)의 기조가 발달하였다(Fig. 2C).

4) 후기자어기(Postflexion larva)

부화 후 14일째 후기자어는 전장 5.06~5.25 mm (평균 5.16 ± 0.06 mm, n=30)로 꼬리 끝 척추말단이 45°로 완전히 휘어지면서 후기자어기로 이행하였다. 각 부위별 지느러미 기조 수는 등지느러미 9개, 뒷지느러미 10개, 가슴지느러미 12개로 발달하였

고, 꼬리지느러미에는 10개(3+7)로 증가하였다. 가슴지느러미 아래쪽에는 막으로 된 배지느러미가 분화하기 시작하였다. 별 모양의 흑색소포는 몸의 가운데 위쪽으로 가슴지느러미 앞쪽부터 꼬리지느러미 기저까지 침착하였으며, 꼬리자루 부분에도 나타나기 시작하였다(Fig. 2D).

부화 후 22일째 후기자어는 전장 6.56~7.23 mm (평균 6.95 ± 0.26 mm, n=30)로 각 부위별 지느러미 기조 수는 등지느러미 15개, 뒷지느러미 12개, 가슴지느러미 13개, 꼬리지느러미 16개(8+8)로 증가하였으며, 배지느러미에는 4~5개의 기조가 발달하였다. 흑색소포는 가슴지느러미 위쪽 부분, 꼬리지느러미 기조 시작점에 침착하였고, 미병부에 1개의 반점 모양으로 침착하였으며, 뒷지느러미 끝부분에는 황색소포가 발달하였다(Fig. 2E).

부화 후 25일째 후기자어는 전장 7.12~7.71 mm (평균 7.35 ± 0.20 mm, n=30)로 각 부위별 지느러미 기조 수는 등지느러미 26개, 뒷지느러미 24개, 배지느러미 6개로 증가하였다. 흑색소포는 아가미 뚜껑 부분에 반점 모양으로 침착하였다(Fig. 2F).

부화 후 30일째 후기자어는 전장 8.16~9.46 mm (평균 8.64 ± 0.44 mm, n=30)로 제1등지느러미가 분화하면서, 3개의 기초가 발달하기 시작하였다. 소화관 위쪽에 침착되었던 흑색소포는 점차 소실되었고, 머리 부분의 아래턱에 나뭇가지 모양으로 침착하기 시작하였다(Fig. 2G).

부화 후 36일째 후기자어는 전장 10.8~12.3 mm (평균 11.4 ± 0.55 mm, n=30)로 제1등지느러미에는 5개의 기초가 증가하였고, 아래턱에 침착되었던 나뭇가지 모양의 흑색소포는 3개로 증가하였다. 이 시기에는 부유생활에서 저서생활로 이행하였다(Fig. 2H).

5) 치어기(Juvenile)

부화 후 41일째 치어는 전장 14.3~16.8 mm (평균 15.4 ± 0.85 mm, n=30)로 각 부위별 지느러미 기초 수는 제1등지느러미 5개, 제2등지느러미 26~27개, 뒷지느러미 24~27개, 배지느러미 6개로 정수에 달하면서 치어기로 이행하였다. 등지느러미와 뒷지느러미의 길이는 후기자어 시기보다 신장하였고, 물이 없는 곳에서 배지느러미를 이용해 이동하였다가 물속으로 들어가기를 반복하였다. 이 시기에는 눈의 위치가 머리 정중앙에서 앞쪽으로 위치하면서 형태적인 변화를 보였으며, 흑색소포는 몸 정중앙과 등 쪽, 미병부에 전체적으로 침착하였다(Fig. 2I).

부화 후 45일째 치어는 전장 16.4~19.9 mm (평균 17.9 ± 1.09 mm, n=30)로 몸 전체에는 연한 갈색 색소포가 침착되어 체색이 연갈색을 띠기 시작하였고, 머리부터 꼬리까지 흑색반점이 10~12줄의 가로띠를 이루고 있었으며, 꼬리지느러미에는 흑색소포 및 황색소포가 산재하여 체측의 반문이 성어와 유사한 형태로 나타났다(Fig. 2J).

고 찰

어류의 생산기술을 확립하고 자연 상태에서의 자원을 파악하기 위해서는 대상 종들의 초기 발육과정을 우선적으로 알아야 한다. 특히, 자연에서 채집한 난과 자치어에 대해서는 종을 동정하는 데 어려움이 많기 때문에, 실내에서 인공수정에 의한 난과 자치어의 발육 단계로 형태적인 특징을 관찰하고, 다른 종과 비교하는 것이 무엇보다 중요하다(Byun *et al.*, 2009). 본 연구는 남해안 여자만에 서식하는 쟁뚱어의 난발생 및 자치어 형태발달을 관찰하였으며, 이전에 연구된 근연종들과 초기생활사 결과를 비교하였다.

쟁뚱어의 수정란 형태는 짧은 타원형으로 끝부분에 부착사를 가졌으며, 물에 가라앉는 성질을 가진 부착침성란이었다. 난의 형태는 쟁뚱어를 비롯해 근연종인 말뚝망둥어, 두줄망둑, 모치망둑, 검정망둑, 민물검정망둑, 남방쟁뚱어 *Scartelaos gigas* (Kim *et al.*, 2011)은 짧은 타원형이었고, 미끈망둑, 날개망둑, 밀어, 꼭

저구는 긴타원형으로 난 형태에서 차이를 보였다.

난의 크기(장경×단경)는 쟁뚱어 1.40×0.72 mm로 근연종인 말뚝망둥어 0.94×0.64 mm (Kobayashi *et al.*, 1972), 남방쟁뚱어 1.37×0.69 mm (Kim *et al.*, 2011), 민물검정망둑 1.30×0.20 mm (Park and Han, 2023b), 검정망둑 0.97×0.66 mm (Hwang *et al.*, 2006), 두줄망둑 1.46×0.61 mm (Kim and Han, 1990), 밀어 2.20×0.68 mm (Park and Han, 2023a), 큰미끈망둑 2.06×0.74 mm (Yun *et al.*, 2008), 미끈망둑 2.75×0.71 mm (Kim *et al.*, 1992), 날개망둑 1.50×0.57 mm (Jin *et al.*, 2003), 모치망둑 0.94×0.44 mm (Kim and Han, 1991), 꼬마망둑 2.80×0.70 mm (Shigaki and Dotsu, 1974), 날망둑 4.10×1.30 mm (Dotu, 1954), 문절망둑 5.40×0.96 mm (Dotu and Mito, 1955), 꼭저구 3.21×1.07 mm (Park and Han, 2023c)로 쟁뚱어의 난 크기(장경)는 밀어, 큰미끈망둑, 미끈망둑, 꼬마망둑, 날망둑, 문절망둑, 꼭저구보다 작았고, 민물검정망둑, 두줄망둑, 날개망둑, 남방쟁뚱어와 유사하였으며, 말뚝망둥어, 검정망둑, 모치망둑보다 컸다.

어류의 종자생산 과정에 있어 수온과 염분은 난발생 진행 속도, 부화율 및 자어의 생존율에 큰 영향을 미치며(Yasunaga, 1975; Jeon *et al.*, 2002), 특히, 수온은 어중에 따라 생활사와 생태적 특성에 따른 적정 수온범위를 가지고 초기발생에 있어서도 난발생과 자치어의 성장 및 생존에 영향을 미치기 때문에 안정적인 종자생산을 위해서는 중요한 여건이 아닐 수 없다(Yoon *et al.*, 2007; Cho *et al.*, 2015).

쟁뚱어의 부화 소요시간은 수온 25~27°C에서 91시간 35분이 소요되었고, 근연종인 말뚝망둥어(Kobayashi *et al.*, 1972)는 수온 19~20°C에서 170~175시간이 소요되었다. 쟁뚱어는 말뚝망둥어보다 난발생 과정 동안 수온이 높았고 부화시간이 적게 소요되었다. 수온별 부화 소요시간을 비교한 결과 수온 20°C 264시간, 수온 24°C 240시간이 소요되어 수온이 높을수록 부화 소요시간은 짧아지는 것으로 보였다.

난발생 과정 중 흑색소포 출현시기는 수정 후 59시간 25분에 눈에 침착하기 시작하였고, 수정 후 78시간 10분에는 미병부에 작은 반점 모양으로 침착하기 시작하였다. 말뚝망둥어(Kobayashi *et al.*, 1972)는 수정 후 99시간 눈에 흑색소포가 침착하기 시작하였고, 미병부에는 나뭇가지 모양의 흑색소포가 침착하기 시작하였다. 꼭저구(Park and Han, 2023c)는 16세포기 이후 59시간 30분 배체의 중반부에 흑색소포가 침착하기 시작하였고, 민물검정망둑(Park and Han, 2023b)은 64세포기 이후 61시간 30분 안구에 침착하기 시작하였으며, 검정망둑(Hwang *et al.*, 2006)은 수정 후 57시간 50분 꼬리 부분에 침착하였다. 밀어(Park and Han, 2023a)는 중기낭배기 이후 47시간 30분 머리 부분에 황색소포와 난황 윗부분에 흑색소포가 침착하였다. 쟁뚱어는 근연종인 말뚝망둥어와 흑색소포의 부위 등 발달양상이 가장 유사하였으나 흑색소포 모양에서 차이를 보여 두 종을 구분할 수 있었다. 수정란의 크기는 부화자어의 크기와 직접적으로 비

레하기 때문에 수정란이 작은 종은 부화자어의 크기도 작다(Lee *et al.*, 2013). 부화자어 크기를 비교한 결과 쟁뚱어의 평균 전장은 3.17 mm로 말뚝망둥어 2.84 mm (Kobayashi *et al.*, 1972), 남방쟁뚱어 3.03 mm (Kim *et al.*, 2011), 문절망둑 4.6~5.0 mm (Dotu and Mito, 1955), 날망둑 7.8 mm (Dotu, 1954), 꼬마망둑 3.55~3.90 mm (Shigaki and Dotsu, 1974), 모치망둑 2.04~2.10 mm (Kim and Han, 1991), 날개망둑 2.37 mm (Jin *et al.*, 2003), 큰미끈망둑 3.30 mm (Yun *et al.*, 2008), 미끈망둑 3.90 mm (Kim *et al.*, 1992), 밀어 3.71 mm (Park and Han, 2023a), 두줄망둑 2.96 mm (Kim and Han, 1990), 검정망둑 2.83 mm (Hwang *et al.*, 2006), 민물검정망둑 2.51 mm (Park and Han, 2023b), 꼭저구 4.10 mm (Park and Han, 2023c)였다(Table 1). 쟁뚱어는 말뚝망둥어, 모치망둑, 날개망둑, 두줄망둑, 검정망둑, 민물검정망둑보다 크기가 컸고, 꼬마망둑, 큰미끈망둑, 미끈망둑, 밀어, 남방쟁뚱어와는 유사하였으며, 문절망둑, 날망둑, 꼭저구보다는 부화자어 크기가 작아 차이를 보였다. 쟁뚱어와 같은 망둑어과 어류의 수정란 크기 및 자어 크기는 전자에서 언급한 바와 같이 상대적으로 비례하는 것으로 사료된다. 부화자어의 크기가 유사한 근연종의 형태적 특징을 비교한 결과 쟁뚱어는 머리 뒷부분에서 복부의 난황까지 막지느러미로 연결되어 있었고, 두부 아래에서 미병부까지 이어지면서 반점 모양의 흑색소포가 침착되어 있었으며, 말뚝망둥어(Kobayashi *et al.*, 1972)는 미병부에 나뭇가지 모양으로 침착되어 있었다. 남방쟁뚱어(Kim *et al.*, 2011)는 몸통 중앙부분 척추 아래쪽과 미병부에 침착되어 있었다. 근연종인 남방쟁뚱어와 말뚝망둥어는 미병부에 흑색소포 분포위치가 동일하였으나 남방쟁뚱어는 반점 모양, 말뚝망둥어는 나뭇가지 모양으로 형태적 차이가 뚜렷하게 나타났고, 쟁뚱어는 비교한 두 종과 다르게 복부에서 미병부까지 연결돼 있어 형태적 차이가 구분되었다. 꼬마망둑(Shigaki and Dotsu, 1974)은 머리 부분, 등 쪽, 배 쪽, 난황 부분 복부에 침착하였고, 큰미끈망둑(Yun *et al.*, 2008)은 머리 부분, 척추의 부레 부근, 척추 등 쪽, 배 쪽에 나뭇가지 모양으로 침착되어 있었으며, 밀어(Park and Han, 2023a)는 몸통 기저 부분과 미병부에 침착되어 있었다. 쟁뚱어는 비교한 근연종들과 달리 두부 아래에서 미병부까지 흑색소포가 관찰된 점에서 차이를 나타냈다.

후기자어 이행시기와 크기는 쟁뚱어 부화 후 14일째 평균 전장 5.16 mm로 근연종인 말뚝망둥어 부화 후 20일째 전장 6.2 mm (Kobayashi *et al.*, 1972), 민물검정망둑 부화 후 35일째 전장 6.04 mm (Park and Han, 2023b), 검정망둑 부화 후 38일째 전장 9.10 mm (Hwang *et al.*, 2006), 두줄망둑 부화 후 20일째 전장 7.47 mm (Kim and Han, 1990), 밀어 부화 후 27일째 전장 11.8 mm (Park and Han, 2023a), 큰미끈망둑 부화 후 25일째 전장 9.52 mm (Yun *et al.*, 2008), 미끈망둑 부화 후 18일째 전장 6.60 mm (Kim *et al.*, 1992), 날개망둑 부화 후 14일째 전장 6.21 mm (Jin *et al.*, 2003), 모치망둑 부화 후 25일째 전장 7.00 mm

(Kim and Han, 1991), 날망둑 전장 9.7 mm (Dotu, 1954), 문절망둑 전장 16.1 mm (Dotu and Mito, 1955), 꼭저구 부화 후 15일째 전장 7.81 mm (Park and Han, 2023c)였다. 이행시기는 날개망둑, 꼭저구와 유사하였고, 그 외 비교한 종 가운데 쟁뚱어가 가장 빨랐다. 크기는 비교한 종 가운데 쟁뚱어가 가장 작았다.

후기자어 시기 형태적 특징을 비교한 결과 쟁뚱어는 별 모양의 흑색소포가 몸의 가운데 위쪽으로 가슴지느러미 앞쪽부터 꼬리지느러미 기저까지 침착하였으며, 꼬리자루 부분에도 나타났다. 말뚝망둥어(Kobayashi *et al.*, 1972)는 아래턱, 등 쪽, 가슴지느러미 아래쪽, 미병부에 흑색소포가 침착하였고, 날망둑(Dotu, 1954)은 등 쪽에 4개, 배 쪽과 미병부에 4개의 반점 모양 흑색소포가 있었으며, 머리에는 주둥이 끝부분과 아래턱, 새조골 쪽에서 관찰되었다. 검정망둑(Hwang *et al.*, 2006)은 배지느러미 시작점, 미병부와 꼬리지느러미 기저 시작점에서 흑색소포가 관찰되었다. 꼭저구(Park and Han, 2023c)는 꼬리 정중앙 기저 시작점에 흑색소포가 발달하였고, 꼬리 끝 미병부 일부를 제외하고 등지느러미 시작점까지 후반부 몸 전체에 침착하였으며, 주둥이 끝부분을 따라 척추 아래쪽 절반은 흑색소포가 전반부 몸 전체에서 관찰되었다. 모치망둑(Kim and Han, 1991)은 척추 중앙부에 형성되어 있었고, 미부 중앙과 복부에도 관찰되었다. 문절망둑(Dotu and Mito, 1955)은 머리와 등 쪽, 배 쪽, 척추 중앙에서 흑색소포가 관찰되었고, 큰미끈망둑(Yun *et al.*, 2008)은 눈의 앞쪽과 부레의 앞까지 나뭇가지 모양의 흑색소포가 관찰되었다. 두줄망둑(Kim and Han, 1990)은 복부와 미병부에 나뭇가지 모양의 흑색소포가 관찰되었고, 날개망둑(Jin *et al.*, 2003)은 아래턱, 복부, 미병부, 꼬리 등 쪽에 나뭇가지 모양의 흑색소포가 관찰되었다. 쟁뚱어는 비교한 종들과 달리 흑색소포의 분포 범위가 비교적 적고, 나뭇가지 모양이 아닌 별 모양의 흑색소포가 가슴지느러미 앞쪽부터 꼬리지느러미 기저까지 침착되어 있어 형태적인 차이를 구분할 수 있었다(Table 2). 말뚝망둥어, 꼭저구, 문절망둑, 검정망둑, 날개망둑, 모치망둑, 미끈망둑, 꼬마망둑은 쟁뚱어와 같은 남해안 기수역에 분포하는 종으로 이들의 후기자어 시기 형태적 차이점은 자치어 시기 중 동정을 위한 기초자료가 될 것으로 생각된다.

치어 이행시기와 크기는 쟁뚱어 부화 후 41일째 평균 전장 15.4 mm로 말뚝망둥어 부화 후 45일 전장 14.0 mm (Kobayashi *et al.*, 1972), 밀어 부화 후 40일째 전장 18.5 mm (Park and Han, 2023a), 민물검정망둑 부화 후 50일째 전장 8.48 mm (Park and Han, 2023b), 꼭저구 부화 후 30일째 전장 18.4 mm (Park and Han, 2023c), 검정망둑 부화 후 45일째 전장 13.4 mm (Hwang *et al.*, 2006), 두줄망둑 부화 후 45~50일째 전장 16.3 mm (Kim and Han, 1990), 큰미끈망둑 부화 후 36일째 전장 12.2 mm (Yun *et al.*, 2008), 미끈망둑 부화 후 38일째 전장 10.0 mm (Kim *et al.*, 1992), 날개망둑 부화 후 24일째 전장 8.87 mm (Jin *et al.*, 2003), 모치망둑 부화 후 33~35일째 전장 10.3 mm (Kim and

Table 1. Comparison of egg, larvae and juvenile characters in Gobiidae fishes

Species	Fertilized egg diameter (mm)	Newly hatched larva mean \pm SD (mm)	Preflexion larvae days/mm	Flexion larvae days/mm	Postflexion larvae days/mm	Juvenile stage days/mm	References
<i>Boleophthalmus pectinirostris</i>	1.40 \times 0.72	3.17 \pm 0.08	4 3.43 \pm 0.07	9 3.62 \pm 0.06	14 5.16 \pm 0.16	41 15.4 \pm 0.85	Present study
<i>Periophthalmus modestus</i>	0.94 \times 0.64	2.84	4 3.2	12 4.0	20 6.2	45 14.0	Kobayashi <i>et al.</i> , 1972
<i>Scartelaos gigas</i>	1.37 \times 0.69	3.03	3.18	—	—	—	Kim <i>et al.</i> , 2011
<i>Gymnogobius breunigii</i>	4.10 \times 1.30	7.8	7.5	9.7	15.2	18.3	Dotu, 1954
<i>G. urotaenia</i>	3.21 \times 1.07	4.10 \pm 0.17	6 5.67 \pm 0.25	13 6.77 \pm 0.23	15 7.81 \pm 0.46	30 18.4 \pm 0.93	Park and Han, 2023c
<i>Acanthogobius flavimanus</i>	5.00 \sim 5.80 \times 0.96	4.6 \sim 5.0	4.9 \sim 12.0	8.9	16.1	18.1	Dotu and Mito, 1955
<i>Rhinogobius brunneus</i>	2.20 \times 0.68	3.71 \pm 0.06	3 4.37 \pm 0.16	12 6.50 \pm 0.22	27 11.8 \pm 0.63	40 18.5 \pm 0.93	Park and Han, 2023a
<i>Tridentiger obsurus</i>	0.97 \times 0.66	2.83	1 3.18	21 6.02	38 9.10	45 13.4	Hwang <i>et al.</i> , 2006
<i>T. trigonocephalus</i>	1.46 \times 0.61	2.96	3 3.50	10 5.20	20 7.47	45 \sim 50 16.3	Kim and Han, 1990
<i>T. brevispinis</i>	1.30 \times 0.20	2.51 \pm 0.18	3 2.98 \pm 0.10	20 4.36 \pm 0.19	35 6.04 \pm 0.46	50 8.48 \pm 0.90	Park and Han, 2023b
<i>Favonigobius gymnauchen</i>	1.50 \times 0.57	2.37	2 3.34	10 5.15	14 6.21	24 8.87	Jin <i>et al.</i> , 2003
<i>Mugilogobius abei</i>	0.94 \times 0.44	2.04 \sim 2.10	4 2.20 \sim 2.35	12 3.20	25 7.00	33 \sim 35 10.3	Kim and Han, 1991
<i>Luciogobius grandis</i>	2.06 \times 0.74	3.30 \pm 0.07	5 4.12 \pm 0.08	17 5.73 \pm 0.07	25 9.52 \pm 0.13	36 12.2 \pm 0.75	Yun <i>et al.</i> , 2008
<i>L. guttatus</i>	2.75 \times 0.71	3.90	3 4.95	7 5.14	18 6.60	38 10.0	Kim <i>et al.</i> , 1992
<i>L. koma</i>	2.71 \sim 2.89 \times 0.65 \sim 0.74	3.55 \sim 3.90	4 4.02 \sim 4.55	17 6.45	—	14 \sim 26 8.1 \sim 14.7	Shigaki and Dotsu, 1974

Table 2. Comparison of postflexion larvae melanophore distribution in Gobiidae fishes

Species	Melanophore distribution											References	
	Total length (mm)	Upper jaw	Lower jaw	Suborbital	Cranium	Opercular	Vertebrae	Dorsal fin	Caudal fin	Ventral	Dorsalis		Caudal part
<i>Boleophthalmus pectinirostris</i>	5.16	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	Present study
<i>Periophthalmus modestus</i>	6.2	-	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+	Kobayashi <i>et al.</i> , 1972
<i>Gymnogobius breunigii</i>	15.2	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	Dotu, 1954
<i>G. urotaenia</i>	7.81	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	Park and Han, 2023c
<i>Acanthogobius flavimanus</i>	16.1	+	+	-	+	+	+	+	-	+	+	+	Dotu and Mito, 1955
<i>Rhinogobius brunneus</i>	11.8	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Park and Han, 2023a
<i>Tridentiger trignocephalus</i>	7.47	-	+	-	+	-	-	-	+	+	-	+	Kim and Han, 1990
<i>T. brevispinis</i>	6.04	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	+	Park and Han, 2023b
<i>T. obsurus</i>	9.10	-	-	-	+	-	-	+	+	+	-	+	Hwang <i>et al.</i> , 2006
<i>Favonigobius gymnauchen</i>	6.21	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-	+	Jin <i>et al.</i> , 2003
<i>Mugilogobius abei</i>	7.00	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	Kim and Han, 1991
<i>Luciogobius grandis</i>	9.52	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	Yun <i>et al.</i> , 2008
<i>L. guttatus</i>	6.60	-	-	-	+	-	-	+	+	+	-	+	Kim <i>et al.</i> , 1992

Present: +; absent: -

Han, 1991), 꼬마망둑 부화 후 14~26일째 전장 8.1~14.7 mm (Shigaki and Dotsu, 1974), 날망둑 전장 18.3 mm (Dotu, 1954), 문절망둑 전장 18.1 mm (Dotu and Mito, 1955)로 이행시키는 꼭저구, 큰미끈망둑, 미끈망둑, 날개망둑, 모치망둑, 꼬마망둑보다 짱뚱어가 빨랐고, 말뚝망둥어, 밀어, 검정망둑, 두줄망둑과 유사하였으며, 민물검정망둑보다 느렸다. 크기는 말뚝망둥어, 민물검정망둑, 검정망둑, 큰미끈망둑, 미끈망둑, 날개망둑, 모치망둑, 꼬마망둑보다 짱뚱어가 컸고, 밀어, 꼭저구, 두줄망둑, 날망둑, 문절망둑보다 작았다.

본 연구를 종합한 결과 짱뚱어의 난 형태는 짧은 타원형으로 같은 연안에 서식하는 근연종인 남방짱뚱어와 난 크기가 유사하였고, 말뚝망둥어보다는 컸으며, 난발생 과정 중에는 말뚝망둥어와 흑색소포 모양에서 차이를 보여 구분이 가능하였다. 부화 직후 자어의 형태는 두부 아래에서 미병부까지 흑색소포가 관찰되는 점에서 비교한 근연종들과 형태적 차이를 보였다. 후기자어는 흑색소포의 분포 범위가 적고, 별 모양의 흑색소포가 가슴지느러미 앞쪽부터 꼬리지느러미 기저까지 침착되어 있어 다른 망둑어과 어류 후기자어들과 형태적인 차이가 구분되는 특징을 나타냈다. 우리나라 연안에는 상업적으로 이용되는 망둑어류가 많이 서식하고 있으며, 특히 형태가 유사한 남방짱뚱어, 큰뺨말뚝망둥어에 대한 초기생활사가 규명되지 않아 이들에 대한 지속적인 연구가 필요하다.

요 약

이 연구는 남해안 여자만에 서식하는 짱뚱어의 초기생활사를 규명하고 그 결과를 같은 망둑어과 어류들과 차이점을 비교하였다. 연구에 사용된 어미는 2015년 6월 전남 벌교읍 갯벌에서 맨손으로 포획하였다. 산란량은 411~11,688개였고, 난은 짧은 타원형으로 크기는 1.40×0.72 mm였다. 수온 25~27°C에서 부화 시간은 91시간 35분이 소요되었다. 부화 직후 난황자어는 전장 3.02~3.31 (평균 3.17±0.08, n=30) mm로 난황을 갖고 있었고, 먹이 섭취는 하지 않았다. 부화 후 4일째에는 전장 3.31~3.52 (평균 3.43±0.07, n=30) mm로 입과 항문이 열리면서 전기자어기로 이행하였고, 먹이를 섭취하였다. 부화 후 14일째 전장 5.06~5.25 (평균 5.16±0.06, n=30) mm로 척추 말단 끝부분이 45°로 완전히 휘어지면서 후기자어기로 이행하였다. 부화 후 41일째 전장 14.3~16.8 (평균 15.4±0.85 mm, n=30)로 각 지느러미 기조수는 제1등지느러미 5개, 제2등지느러미 26~27개, 뒷지느러미 24~27개, 배지느러미 6개로 정수에 달하면서 치어기로 이행하였다. 연구 결과 후기자어는 별 모양의 흑색소포가 가슴지느러미 앞쪽부터 꼬리지느러미 기저까지 침착되어 있어 다른 망둑어과 어류 후기자어들과 형태적인 차이가 구분되었다.

REFERENCES

- Byun, S.G., S.H. Lee, J.H. Hwang, K.H. Han, K.W. Kang, J.D. Kim, Y.C. Kim and B.I. Lee. 2009. Embryonic and larva development of slime flounder, *Microstomus achne*. Dev. Reprod., 13: 281-289.
- Chae, B.S., H.B. Song and J.Y. Park. 2019. A field guide to the fresh-water fishes of Korea. LG Evergreen Foundation, Seoul, Korea, pp. 226-266.
- Cho, J.K., C.G. Hong, J.Y. Park, M.H. Son, C.K. Park and J.M. Park. 2015. Effects of water temperature and salinity on the egg development and larvae of sevenband grouper, *Epinephelus septemfasciatus*. Korean J. Ichthyol., 27: 21-25.
- Dotu, Y. 1954. On the life history of a goby, *Chaenogobius castanea*. Jap. J. Ichthyol., 3: 133-138.
- Dotsu, Y. 1984. The biology and induced spawning of the gobiid fish, *Chaenogobius heptacanthus*. Bull. Fish. Inst. Nagasaki Univ., 55: 9-18.
- Dotu, Y. and S. Mito. 1955. On the breeding habits, larvae and young of a goby, *Acanthogobius flavimanus* (Temminck et Schlegel). Jap. Ichthyol., 4: 153-161.
- Froese, R. and D. Pauly. 2023. World wide web electronic publication. Retrieved from <http://www.fishbase.org>. version (2 January 2024).
- Han, K.H., Y.U. Kim and K.J. Choe. 1998. Spawning behavior and development of eggs and larvae of the Korea fresh water Gobiidae, *Rhinogobius brunneus* (Gobiidae: Perciformes). Bull. Kor. Fish. Soc., 31: 114-120.
- Hwang, S.Y., K.H. Han, W.K. Lee, S.M. Lee, C.C. Kim, S.H. Lee, W.I. Seo and S.S. Roh. 2006. Early life history of the *Tridentiger obscurus* (Pisces, Gobiidae). Dev. Reprod., 10: 47-54.
- Jeon, J.C., C.H. Hong, U.Y. Jeong, C.H. Lee and B.G. Kim. 2002. Influence of water temperature and salinity on early development of the stone flounder, *Kareius bicoloratus* from west sea of Korea. J. Ichthyol., 14: 190-197.
- Ji, H.S., H.J. Yoo, J.K. Kim, D.N. Kim, S.T. Kim, J.N. Kim, H.J. Kim, S.Y. Moon, D.H. Shin, T.Y. Oh, J.T. Yoo, E.A. Yoon, S.K. Lee, H.W. Lee, H.B. Lee, Y.J. Im, J.M. Jeong, J.H. Choi and K.S. Hwang. 2020. Fish eggs, larvae and juveniles of Korea. Hangeul Graphics, Busan, Korea, 442pp.
- Jin, D.S., K.H. Han and J.W. Park. 2003. Spawning behavior and morphological development of larvae and juvenile of the naked-headed goby, *Favonigobius gymnauchen* (Bleeker). J. Kor. Fish. Soc., 36: 136-143.
- Kim, I.S., Y. Choi, C.L. Lee, Y.J. Lee, B.J. Kim and J.H. Kim. 2005. Illustrated book of Korean fishes. Kyo Hak Publishing, Seoul, Korea, pp. 420-443.
- Kim, J.K., H.J. Beak, J.W. Kim, D.S. Jang and J.I. Kim. 2011. Sexual maturity and early life history of the mudskipper *Scartelaos gigas* (Pisces, Gobiidae): Implications for conservation. Fish. Aquat. Sci., 14: 403-410.
- Kim, Y.U. 1975. On the morphology of larval and young stages *Chasmichthys dolichognathus*. Bull. Kor. Fish. Soc., 8: 225-233.
- Kim, Y.U. and K.H. Han. 1990. Early life history and spawning behavior of the gobiid fish, *Tridentiger trigonocephalus* (Gill) reared in the laboratory. Korean J. Ichthyol., 3: 1-10.
- Kim, Y.U. and K.H. Han. 1991. Early life history and spawning behavior of the gobiid fish, *Mugilogobius abei* (Jordan et Snyder) reared in the laboratory. Korean J. Ichthyol., 2: 53-62.
- Kim, Y.U., K.H. Han, C.B. Kang and J.W. Ryu. 1992. Early life history and spawning behavior of the gobiid fish, *Luciogobius guttatus* Gill. Korean J. Ichthyol., 4: 1-13.
- Kobayashi, T., Y. Dotsu and N. Miura. 1972. Egg development and rearing experiments of the larvae of the mud skipper, *Periophthalmus cantonensis*. Bull. Fish. Inst. Nagasaki Univ., 33: 49-62.
- Lee, W.O., K.H. Kim, J.M. Back and M.Y. Song. 2013. Egg development and early life history of *Zacco koreanus*. Korean J. Ichthyol., 25: 200-207.
- Nelson, J.S., T.C. Grande and M.V.H. Wilson. 2016. Fishes of the world (Fifth edition). John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, U.S.A., pp. 331-333.
- Park, J.M. and K.H. Han. 2023a. Early life cycle of *Rhinogobius brunneus* from Wicheon Korea. Korean J. Fish. Aquat. Sci., 56: 44-53.
- Park, J.M. and K.H. Han. 2023b. Morphological development of eggs, larvae and juveniles of trident goby, *Tridentiger brevispinis* (Pisces: Gobiidae). Korean J. Ichthyol., 35: 10-19.
- Park, J.M. and K.H. Han. 2023c. Morphological development of eggs, larvae and juveniles *Gymnogobius urotaenia* in Hwangbocheon, Korea. Korean J. Ichthyol., 35: 253-262.
- Ryu, B.S., I.S. Kim and Y. Choi. 1995. Ecology and life history of *Boleophthalmus pectinirostris* in Korea. J. Korean Fish. Soc., 28: 316-324.
- Shigaki, M. and Y. Dotsu. 1974. The life history of the gobiid fish, *Inu koma*. Bull. Fish. Inst. Nagasaki Univ., 38: 65-70.
- Yasunaga, Y. 1975. Effects of water temperature and salinity of the embryonic development of egg and the survival of *Paralichthys olivaceus*. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., No. 81, Mar. 151-169.
- Yoon, S.J., D.H. Kim, H.G. Hwang, G.C. Song and Y.C. Kim. 2007. Effects of water temperature, stocking density and feeding frequency on survival and growth in the oblong rockfish *Sebastes oblongus* larvae. Korean J. Ichthyol., 19: 1-7.
- Yun, S.M., K.H. Han, S.H. Lee, H.S. Yim, J.H. Hwang, I.H. Yeon and Y.C. Kim. 2008. Embryonic and larva development of naked-headed goby, *Luciogobius grandis*. Dev. Reprod., 12: 133-139.