

보통천에 서식하는 갈문망둑 *Rhinogobius giurinus*의 난발생 및 자치어 형태발달

박재민 · 한경호^{1,*}

경상북도 내수면관상어비즈니스센터, ¹전남대학교 수산과학과

Morphological of Development Eggs, Larvae and Juveniles *Rhinogobius giurinus* in Botongcheon Stream by Jae-Min Park and Kyeong Ho-Han^{1,*} (Gyeongsangbuk-Do Freshwater Aquarium Fishes Business Center, Sangju 37251, Republic of Korea; ¹Fishery Science Chonnam National University, Yeosu 59626, Republic of Korea)

ABSTRACT This study investigated the early life history of *Rhinogobius giurinus* in the Botongcheon stream and compared the differences with related species. The fertilized egg size (long × short) of the 3.46 × 1.17 mm (n=30) on average. The time required for hatching at the water temperature of 22.5 ± 1°C was 213 hours and 30 mins. Immediately after hatching, the egg yolk had an average total length of 2.34 ± 0.05 mm (n=30), and the mouth and anus were not opened, and the number of myotomes was 23~25. 3 days after hatching (DAH), the preflexion larvae had an average total length of 2.70 ± 0.09 mm (n=30), and live food intake began as the mouth and anus were opened. 22 DAH, the flexion larvae had an average total length of 5.26 ± 0.16 mm (n=30), and the tip of the vertebrae began to bend upward. 48 DAH, the postflexion larvae had an average total length of 11.1 ± 0.53 mm (n=30), and the tip of the vertebrae was completely bent 45° upward. 60 DAH the juveniles had an average total length of 14.9 ± 0.69 mm (n=30) was reached to the integer with 6 first dorsal fins, 8~10 second dorsal fins, 9 anal fins, 15 caudal fins, and 5 ventral fins for each fin. As a result of the study, the melanophore differed from other postflexion larvae of the Gobiidae fishes in that it was deposited above the gill lid, on the back and body, and the xanthophore was deposited on the head and body.

Key words: Perciformes, Gobiidae, egg, larvae, juvenile, *Rhinogobius giurinus*

서 론

어류의 초기생활사 연구는 수정란에서 성장하는 기간 동안 겪는 각각의 고유 형질들의 발달과 성장도 등의 다양한 분류, 생태학적 지식을 제공하며 이를 토대로 종의 보존과 보호, 증식뿐만 아니라 다양한 연구에도 기여한다(Song and Choi, 2000). 또한 일부 어종의 경우 형태가 유사한 종 사이에서도 단계별 이행시기에 차이를 보이기도 하며(Kim *et al.*, 2011), 이러한 특징은 형태가 명확하게 확인되는 치어기 이전의 단계에서 종 동정에 유용한 형질이 되기도 한다(Kim *et al.*, 2021). 우리

나라에 분포하는 농어목(Perciformes) 망둑어과(Gobiidae) 어류는 39속 76종으로 알려져 있다(NIBR, 2018). 갈문망둑 *Rhinogobius giurinus*는 우리나라의 제주를 포함한 전역의 여러 하천과 저수지에 분포한다. 국외에는 중국과 일본 및 연해주에도 분포한다(Kim *et al.*, 2005; Chae *et al.*, 2019). 망둑어과 어류의 초기생활사 연구는 날망둑 *Gymnogobius breunigii* (Dotu, 1954), 문질망둑 *Acanthogobius flavimanus* (Dotu and Mito, 1955), 꼬마망둑 *Luciogobius koma* (Shigaki and Dotsu, 1974), 점망둑 *Chasmichthys dolichognathus* (Kim, 1975), 살망둑 *G. heptacanthus* (Dotsu, 1984), 두줄망둑 *Tridentiger trigonocephalus* (Kim and Han, 1990), 모치망둑 *Mugilogobius abei* (Kim and Han, 1991), 미끈망둑 *L. guttatus* (Kim *et al.*, 1992), 날개망둑 *Favonigobius gymnauchen* (Jin *et al.*, 2003), 검

저자 직위: 박재민(연구사), 한경호(교수)

*Corresponding author: Kyeong-Ho Han Tel: 82-61-659-7163,
Fax: 82-61-659-7169, E-mail: aqua05@jnu.ac.kr

정망둑 *T. obscurus* (Hwang *et al.*, 2006), 큰미끈망둑 *L. grandis* (Yun *et al.*, 2008), 밀어 *Rhinogobius brunneus* (Han *et al.*, 1998a; Park and Han, 2023a), 민물검정망둑 *T. brevispinis* (Park and Han, 2023b), 꼭저구 *G. urotaenia* (Park and Han, 2023d), 짱뚱어 *Boleophthalmus pectinirostris* (Park *et al.*, 2024) 등이 연구되었다. Kim *et al.* (1997)의 연구에 따르면 갈문망둑은 지역별로 5개의 타입으로 나누어졌고, 형태적으로는 크게 꼬리지느러미에 가로줄무늬 유무(보통천 개체는 가로줄무늬 있음)에 따라 2개의 타입으로 나누어졌으며, 유전적으로는 5개의 타입 중 3개의 타입은 나머지 2개의 타입과 차이가 나타나 다양한 연구가 추가적으로 필요할 것으로 보인다. 따라서 이 연구에서는 보통천에 서식하는 갈문망둑의 난발생 및 자치어 형태발달을 관찰하여 초기 생활사의 특징을 밝히고자 한다.

재료 및 방법

1. 친어 확보

연구에 사용된 친어는 경기도 시흥시 하중동에 위치한 독립수계 보통천에서 족대(망둑 3×3 mm)를 이용해 포획하였다. 포획한 친어 크기는 수컷 전장 65~70 (평균 68±2.16, n=10) mm, 암컷 전장 50~58 (평균 54±3.36, n=20) mm였다. 연구실로 운반한 친어는 사각 유리수조(60×45×45 cm)에 수용하여 스피너지여과기를 이용해 순환여과식으로 사육하였다. 먹이는 냉동장구벌레(Blood worm, Hikari, China)를 1일 3회 공급하였다. 산란유도를 위해 수조 내부에는 산란상(Spawning nest)을 넣어주었다.

2. 난발생 과정 및 자치어 형태발달

수정란은 산란상에서 무작위로 30개를 채취하여 실체현미경(Nikon SMZ18, Japan)으로 크기를 0.01 mm까지 측정하였다. 난발생 과정 관찰을 위해 실체현미경에 부착된 촬영장치로 사진촬영과 발생단계를 관찰하였다. 수정란 관리는 수생균 발생예방을 위해 포르말린 수용액을 톤당 20 ppm 기준으로 1일 2회 약욕하였고, 산소공급을 위해 에어레이션을 약하게 해주었다. 난발생 과정 동안 수온 범위는 22~23°C(평균 22.5±1°C)였다. 자치어 사육은 난황 흡수 이후부터 담수산 로티퍼를 mL당 5~10개체 정도 공급하였고, 이후 알테미아와 초기 미립자 사료를 순차적으로 공급하였다. 자치어 형태 관찰은 1~5일 간격으로 30개체를 채취하여 마취제(MS-222, Ethyl 3-aminobenzoate methanesulfonate, Sigma Aldrich Co., St. Louis, USA)로 마취 후 실체현미경에서 관찰 및 사진촬영하였다. 자치어 형태발달 기준은 Ji *et al.* (2020)에 따랐다.

결 과

1. 산란행동

갈문망둑 수컷은 산란 전 산란상 주변에 영역을 이루었고, 주변으로 다가오는 다른 개체들을 공격하였다. 수컷은 산란상에서 출입행동을 반복하였고, 산란상 안쪽의 벽면에 붙어서 움직이는 행동을 보였다(Fig. 1A). 수컷은 등지느러미와 뒷지느러미 가장 자리에 노란색의 혼인색을 띠었고, 암컷은 짙은 갈색으로 체색이 변하면서 산란상 주변을 배회하였다(Fig. 1B). 수컷은 산란상 주변에 접근한 암컷에게 다가가 입을 크게 벌리고 등지느러미와 뒷지느러미를 넓게 펴면서 구애행동을 보였다(Fig. 1C). 암컷은 산란상 안으로 들어왔고, 산란상 위쪽 벽면에 산란을 시작하였으며, 뒤이어 수컷이 방정을 하였다(Fig. 1D). 산란을 마친 암컷은 산란상을 떠났고, 수컷은 부화가 완료될 때까지 산란상 주변과 난을 보호하는 행동을 보였다(Fig. 1E). 수컷은 가슴지느러미와 꼬리지느러미를 움직이면서 수정란에 산소공급을 해주었으며, 모든 개체의 부화가 완료되면 산란상을 완전히 이탈하였다(Fig. 1F).

2. 난의 크기 및 특징

갈문망둑의 난 형태는 긴 타원형으로 난의 끝부분에는 부착사가 있었으며, 물에 가라앉는 성질을 가진 침성란이었다. 난황에는 다수의 유구가 있었고, 난의 크기는 장경 3.46±0.25 (Mean±SD, 3.21~4.06) mm (n=30), 단경 1.17±0.07 (1.02~1.29) mm (n=30)였다.

3. 난발생 과정

갈문망둑의 성숙란은 수정 후 물을 흡수하여 커졌고, 이후 동물극에 배반이 형성되었다(Fig. 2A). 수정 30분 후에는 배반에 난황이 일어나면서 2개의 할구가 형성되어 2세포기로 이행하였다(Fig. 2B). 수정 1시간 후에는 2개의 할구가 경합되면서 4세포기로 이행하였다(Fig. 2C). 수정 1시간 30분 후에는 같은 방식으로 8세포기에 달하였고(Fig. 2D), 수정 2시간 후에는 16세포기에 달하였으며(Fig. 2E), 수정 2시간 30분 후에는 32세포기에 달하였다(Fig. 2F). 수정 3시간 30분 후에는 64세포기에 달하였고(Fig. 2G), 수정 4시간 30분 후에는 할구의 크기가 작아지면서 상실기에 달하였다(Fig. 2H). 수정 후 7시간 30분에는 포배기에 달하였고(Fig. 2I), 수정 10시간 30분 후에는 낭배가 형성되어 식물극의 30%를 덮어 내려오면서 초기낭배기에 달하였다(Fig. 2J). 수정 13시간 30분 후에는 식물극의 90%를 덮어 내려오면서 말기낭배기에 달하였다(Fig. 2K). 수정 16시간 30분 후에는 난황 위에 배체가 발달하였고(Fig. 2L), 수정 21시간 30분 후에는 배체의 꼬리가 발달하였으며 머리에는 안포가 형성되었다. 이 시기의 근절 수는 5~8개였다(Fig. 2M). 수정 37시간 30분 후에는

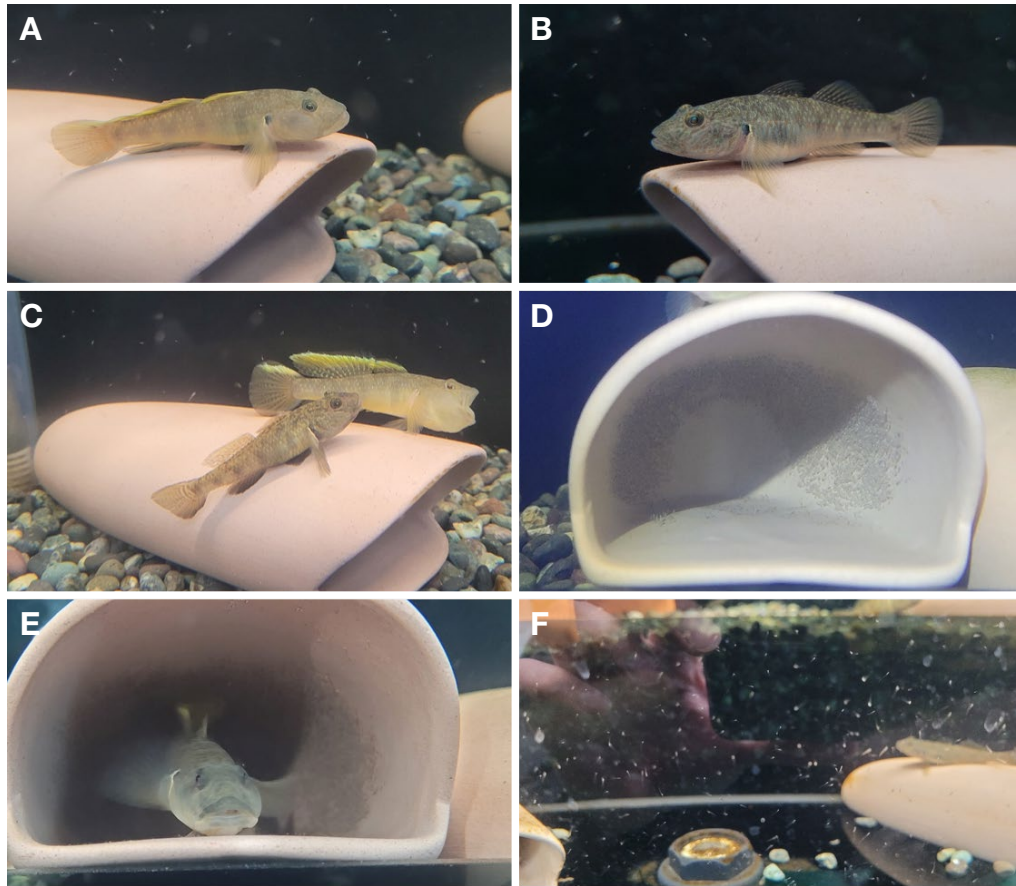


Fig. 1. Spawning behavior stages of *Rhinogobius giurinus*. A: Male; B: Female; C: The male lures the female to the spawning ground; D: Eggs laid at a spawning ground; E: An egg-protecting male; F: Hatched larva.

10~15개의 근절이 발달하였고, 꼬리의 길이는 길어졌으며, 배체의 움직임이 관찰되었다(Fig. 2N). 수정 61시간 30분 후에는 눈에 렌즈가 발달하기 시작하였고, 심장박동이 확인되었다. 꼬리에는 막지느러미가 발달하기 시작하였다(Fig. 2O). 수정 77시간 30분 후에는 눈에 흑색소포가 침착하였고, 꼬리의 길이는 몸의 중반부까지 발달하였다(Fig. 2P). 수정 111시간 30분 후에는 막으로 된 가슴지느러미 한 쌍이 발달하였고, 근절 수는 17~25개로 증가하였다(Fig. 2Q). 수정 207시간 30분 후에는 흑색소포가 미병부와 몸통 중앙 부분에 침착하였고, 꼬리의 길이가 머리까지 발달하면서 부화 직전에 이르렀다(Fig. 2R). 수정 213시간 30분 후에는 머리가 난막을 뚫고 나오면서 부화가 시작되었고(Fig. 2S), 수정 224시간 후에는 전체 수정란의 50% 정도가 부화하였으며, 수정 235시간 후에는 대부분의 수정란이 부화하였다.

4. 자치어 형태발달

1) 난황자어기(Yolk-sac larva)

부화 직후의 난황자어는 전장 2.25~2.41 (평균 2.34±0.05, n=30) mm로 입과 항문이 열리지 않았고 난황을 갖고 있었으

며 난황 위에는 2~3개의 유구가 있었다. 막으로 이루어진 지느러미는 머리 뒤편 등 쪽을 시작으로 꼬리를 지나 복부 아래 난황 끝 지점까지 연결되어 있었다. 머리 옆쪽으로는 막으로 된 1쌍의 가슴지느러미가 있었다. 흑색소포는 난황 아래쪽과 소화관 부근, 미병부 아래쪽에 침착되어 있었다. 이 시기의 근절 수는 23~25개(10+13~15)였다(Fig. 3A).

부화 후 2일째 난황자어는 전장 2.39~2.56 (2.49±0.05, n=30) mm로 입과 항문이 열리기 시작하였고 난황은 완전히 흡수되지 않았으며 먹이 섭취 활동은 관찰되지 않았다. 꼬리지느러미는 원형으로 분화하기 시작하였다. 난황 위쪽에는 1개의 부레가 발달하였고, 유구는 흡수되어 1개가 관찰되었다(Fig. 3B).

2) 전기자어기(Preflexion larva)

부화 후 3일째 전기자어는 전장 2.56~2.86 (2.70±0.09, n=30) mm로 유구와 난황이 완전히 흡수되면서 전기자어기로 이행하였다. 먹이 섭취 활동이 관찰되고, 소화관은 일직선 형태에서 곡선 형태로 변경되었다. 미병부와 소화관 부근에 침착되었던 흑색소포는 나뭇가지 모양으로 발달하였고 소화관 아래쪽 복부에는 새롭게 흑색소포가 침착하였다(Fig. 3C).

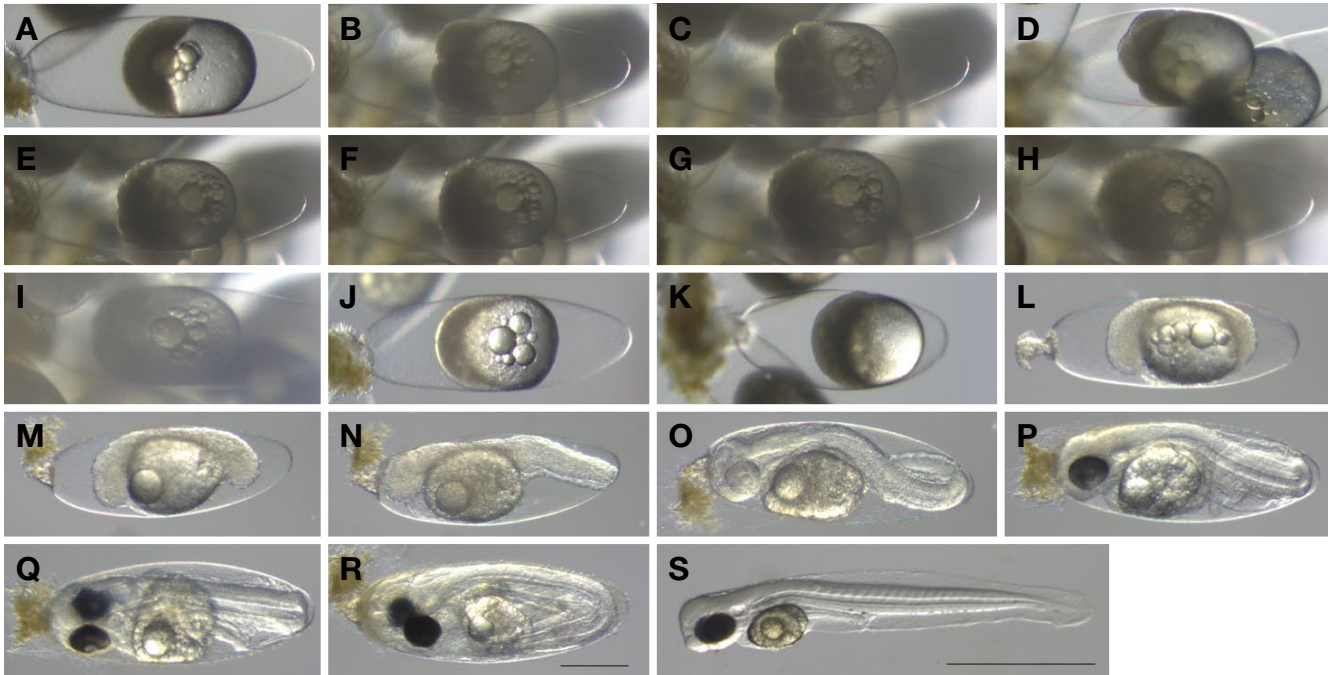


Fig. 2. Egg development stages of *Rhinogobius giurinus*. A: blastodisc; B: 2 cells; C: 4 cells; D: 8 cells; E: 16 cells; F: 32 cells; G: 64 cells; H: morula stage; I: blastula stage; J: early gastrula stage; K: middle gastrula stage; L: formation of embryo; M: development of optic vesicle; N: development of tail and primordial fin; O: move the embryo; P: appearance of melanophore in eyes; Q: development of pectoral fin; R: before of hatching; S: hatching larvae. Scale bars = 1.00 mm.

부화 후 7일째 전기자어는 전장 2.80~3.22 (3.07 ± 0.15 , $n=30$) mm로 머리 부분에는 아래턱과 설궁부가 연결되는 부분이 아래쪽으로 뾰족하게 발달하였고 이 부분에는 흑색소포가 침착하였다. 나뭇가지 모양으로 침착되었던 흑색소포는 소화관 아래쪽에서 복부를 따라 미병부에서 꼬리 끝부분까지 선 모양으로 이어져 발달하였다(Fig. 3D).

부화 후 18일째 전기자어는 전장 4.21~5.02 (4.56 ± 0.28 , $n=30$) mm로 등지느러미와 뒷지느러미가 분화하기 시작하였고, 꼬리지느러미는 부채꼴로 발달하였다. 복부 아래쪽에서 미병부까지 연결되었던 흑색소포는 점선 모양으로 발달하였다(Fig. 3E).

3) 중기자어기(Flexion larva)

부화 후 22일째 중기자어는 전장 4.97~5.47 (5.26 ± 0.16 , $n=30$) mm로 꼬리 끝부분의 미부봉상골은 위쪽으로 휘어지기 시작하면서 중기자어기로 이행하였다. 꼬리지느러미 아래쪽에는 하미축골이 발달하면서 9개의 줄기가 발달하였고 등지느러미에는 4개의 줄기가 발달하였다. 흑색소포는 가슴지느러미 앞쪽에 침착하였고 미병부에 침착되었던 점선 모양의 흑색소포는 다시 서로 연결되었다. 꼬리 부분의 하미축골 아래에도 흑색소포가 침착하였다(Fig. 3F).

부화 후 25일째 중기자어는 전장 5.49~6.07 (5.67 ± 0.20 , $n=30$) mm로 각 부위별 지느러미 줄기 수는 등지느러미 7개, 꼬리지느러미 13개(6+7)로 증가하였고, 뒷지느러미는 7개가 발달

하였다. 흑색소포는 아가미 뚜껑의 아랫부분에 침착하였고, 꼬리 부분의 하미축골에 침착한 흑색소포는 줄기 시작점을 따라 분포 범위가 증가하였다(Fig. 3G).

부화 후 35일째 중기자어는 전장 6.23~7.31 (6.99 ± 0.43 , $n=30$) mm로 각 부위별 지느러미 기초 수는 등지느러미 8개, 뒷지느러미 8개, 꼬리지느러미 15개(8+7)로 증가하였으며, 머리 뒤쪽 몸통 아래에는 배지느러미가 분화하기 시작하였다. 가슴지느러미 앞쪽에 침착되었던 흑색소포는 더욱 증가하였고, 꼬리지느러미 끝부분의 미부봉상골 아래에는 반점 모양의 흑색소포가 침착하였다. 이 시기에는 미병부 등 쪽과 꼬리지느러미 줄기 시작점에 황색소포가 침착하였다(Fig. 3H).

부화 후 39일째 중기자어는 전장 7.87~9.02 (8.52 ± 0.41 , $n=30$) mm로 제1등지느러미가 분화하기 시작하였고, 각 부위별 지느러미 기초 수는 등지느러미 9개, 뒷지느러미 9개로 증가하였다. 눈 위쪽과 머리 뒤쪽, 미병부에는 황색소포가 침착하였다(Fig. 3I).

4) 후기자어기(Postflexion larva)

부화 후 48일째 후기자어는 전장 10.1~11.8 (11.1 ± 0.53 , $n=30$) mm로 꼬리 끝 미부봉상골이 위쪽 45°로 휘어지면서 후기자어기로 이행하였다. 각 부위별 지느러미 기초 수는 제1등지느러미 5개, 제2등지느러미 10개로 증가하였다. 흑색소포는 아가미 뚜껑 위쪽에 추가로 침착하였고, 등 쪽과 몸통에 침착하였

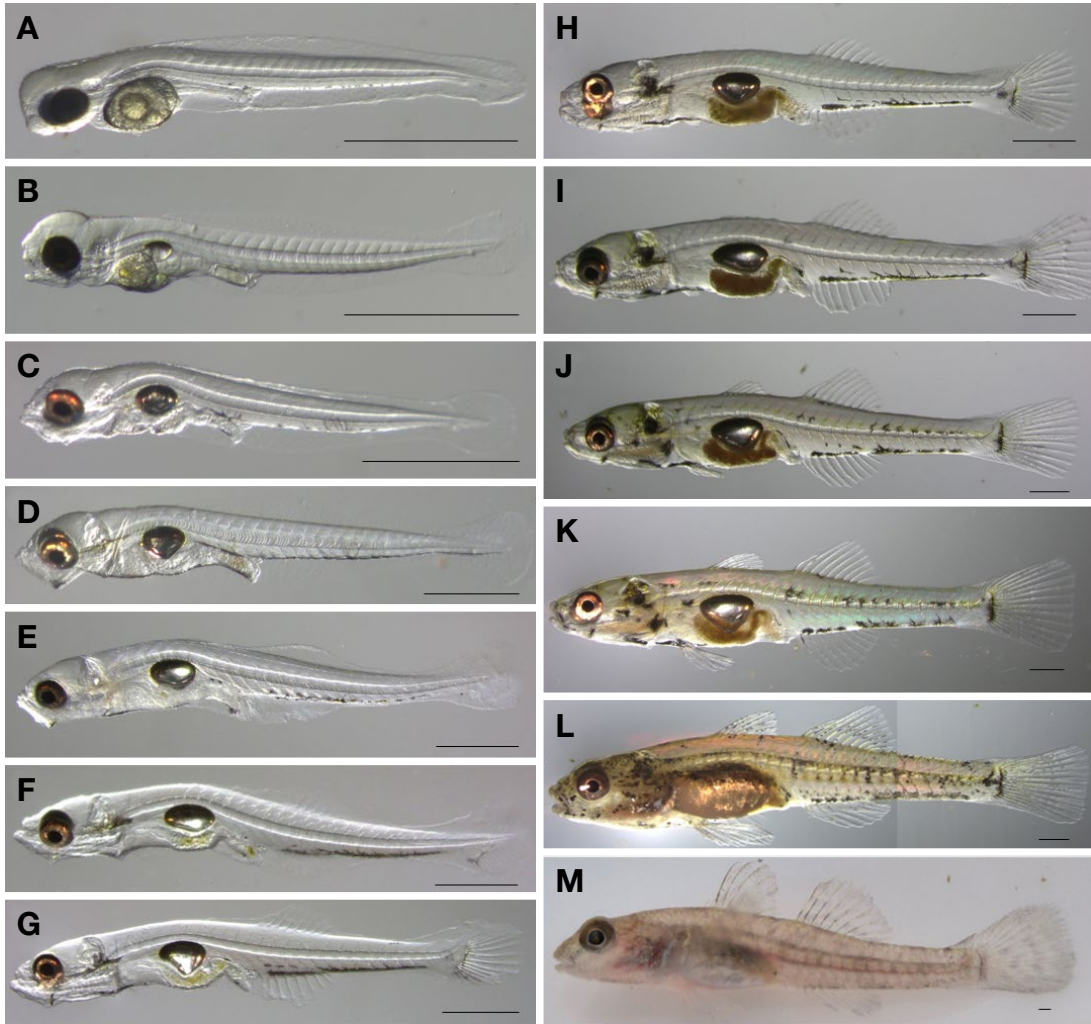


Fig. 3. Morphological development of larvae and juveniles of *Rhinogobius giurinus*. A: newly hatched larvae, mean 2.34 mm in total length (TL); B: 2 days after hatching (dAH), mean 2.49 mm in TL; C: 3 dAH, mean 2.70 mm in TL; D: 7 dAH, mean 3.07 mm in TL; E: 18 dAH, mean 4.56 mm in TL; F: 22 dAH, mean 5.26 mm in TL; G: 25 dAH, mean 5.67 mm in TL; H: 35 dAH, mean 6.99 mm in TL; I: 39 dAH, mean 8.52 mm in TL; J: 48 dAH, mean 11.1 mm in TL; K: 52 dAH, mean 13.0 mm in TL; L: 60 dAH, mean 14.9 mm in TL; M: 133 dAH, mean 36.3 mm in TL. Scale bars = 1.00 mm.

으며, 꼬리 쪽의 하미축골 아래에 침착된 반점 모양의 흑색소포는 소실되었다. 황색소포는 머리와 몸통에 침착하였다(Fig. 3J).

부화 후 52일째 후기자어는 전장 12.0~13.8 (13.0±0.54, n=30) mm로 제1등지느러미의 기조 수는 6개로 증가하였다. 제2등지느러미와 뒷지느러미 기조에는 흑색소포가 침착하였고, 머리 부분에는 주둥이 주변과 전상악골에 침착하였다. 몸에는 전반적으로 황색소포가 침착하였고, 이 시기에는 수중에 유영하던 개체들이 바닥에 가라앉았다 다시 유영하기를 반복하였다(Fig. 3K).

5) 치어기(Juvenile)

부화 후 60일째 치어는 전장 13.9~16.0 (14.9±0.69, n=30) mm로 각 부위별 지느러미 기조 수는 제1등지느러미 6개, 제2등

지느러미 8~10개, 뒷지느러미 9개, 꼬리지느러미 15개, 배지느러미 5개로 정수에 달하면서 치어기로 이행하였다. 흑색소포는 머리와 몸통에 반점 모양으로 흩어져 침착되었고, 몸통과 복부에는 비늘이 점차 발달하기 시작하였다. 제1등지느러미와 제2등지느러미, 꼬리지느러미, 뒷지느러미 줄기에는 흑색소포가 침착하였다. 이 시기에는 완전히 저서생활로 이행하였다(Fig. 3L).

부화 후 133일째 치어는 전장 30.6~41.8 (36.3±4.32, n=30) mm로 제1등지느러미와 제2등지느러미에는 가장자리와 가운데 2줄의 검은색 띠가 있었고, 뒷지느러미와 꼬리지느러미에는 가장자리가 검은색을 나타냈다. 꼬리지느러미는 가운데 2줄의 검은색 띠가 있었다. 몸통 전체에는 얼룩무늬가 관찰되었고 배지느러미는 다른 지느러미와 달리 색이 나타나지 않았다(Fig. 3M).

고 찰

본 연구에서는 갈문망둑의 난발생 및 자치어 형태를 관찰하여 초기생활사 과정에서 나타나는 특징을 근연종과 비교하였다 (Table 1).

갈문망둑의 산란행동은 산란장소에서 암컷과 수컷이 산란과정을 거친 뒤 수컷이 남아 부화하기 전까지 난을 보호하는 부성애를 보였다. 담수어류의 이러한 산란행동은 농어목 꺾지과의 꺾지 (Han *et al.*, 1998b), 꺾저기 (Han *et al.*, 2000), 농어목 망둑어과에 속하는 밀어 (Park and Han, 2023a), 민물검정망둑 (Park and Han, 2023b), 검정망둑 (Hwang *et al.*, 2006), 꼭저구 (Park and Han, 2023d), 동사리과에 속하는 줌구굴치 (Park and Han, 2023c), 동사리 (Lee *et al.*, 2018), 얼룩동사리 (Park *et al.*, 2017) 등에서 보고된 바 있다. 바위나 부착기질에 산란 후 수컷이 알을 돌보는 행동은 산란 후 수정란에 원활한 산소공급과 부화하기까지 생존율을 높이기 위한 이들의 생태적 특징으로 보인다.

갈문망둑의 난 크기 (장경 기준)는 3.46 mm로 같은 망둑어과 어류인 날망둑은 4.10 mm (Dotu, 1954), 문절망둑 5.00~5.80 mm (Dotu and Mito, 1955)로 갈문망둑보다 장경의 크기가 컸고, 꼭저구 3.21 mm (Park and Han, 2023d)와 유사하였으며, 밀어 2.20 mm (Park and Han, 2023a), 민물검정망둑 1.30 mm (Park and Han, 2023b), 검정망둑 0.97 mm (Hwang *et al.*, 2006), 두줄망둑 1.46 mm (Kim and Han, 1990), 날개망둑 1.50 mm (Jin *et al.*, 2003), 모치망둑 0.94 mm (Kim and Han, 1991), 큰미끈망둑 2.06 mm (Yun *et al.*, 2008), 미끈망둑 2.75 mm (Kim *et al.*, 1992), 꼬마망둑 2.71~2.89 mm (Shigaki and Dotsu, 1974)보다 갈문망둑의 난 크기가 컸다.

난발생 과정 중 흑색소포 출현시기는 배체형성기 이후인 수정 후 77시간 30분에 눈에 흑색소포가 침착하였고, 수정 후 207시간 30분에는 몸통 중앙과 미병부에 침착하였다. 꼭저구 (Park and Han, 2023d)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 중기 낭배기 이후 47시간 30분 머리 부분에 황색소포와 난황 윗부분에 흑색소포가 침착하였다. 갈문망둑은 비교한 망둑어과 어류와 달리 흑색소포 분포 범위 형태가 부위별로 다르게 나타나 차이를 보였다.

부화 소요시간을 비교한 결과 갈문망둑은 수온 22.5°C에서 213시간 30분이 소요되었고, 밀어는 수온 17°C에서 146시간 30분, 검정망둑 수온 21.2°C에서 154시간 40분, 두줄망둑 수온 20.5°C에서 158시간, 모치망둑 수온 24.5~25.5°C에서 103시간으로 비교한 종 가운데 갈문망둑의 부화시간이 가장 많이 소요되었다.

부화자어 크기는 갈문망둑 평균 전장 2.34 mm로 같은 망둑어과 어류인 모치망둑 2.04~2.10 mm (Kim and Han, 1991)보다 크기가 컸고, 민물검정망둑 2.51 mm (Park and Han, 2023b), 검정망둑 2.83 mm (Hwang *et al.*, 2006), 두줄망둑 2.96 mm (Kim and Han, 1990), 날개망둑 2.37 mm (Jin *et al.*, 2003)와 유사하였으며, 밀어 3.71 mm (Park and Han, 2023a), 꼭저구 4.10 mm (Park and Han, 2023d), 날망둑 7.8 mm (Dotu, 1954), 문절망둑 4.6~5.0 mm (Dotu and Mito, 1955), 큰미끈망둑 3.30 mm (Yun *et al.*, 2008), 미끈망둑 3.90 mm (Kim *et al.*, 1992), 꼬마망둑 3.55~3.90 mm (Shigaki and Dotsu, 1974)보다 크기가 작았다.

부화자어 크기가 유사한 망둑어과 어류의 형태적 특징을 비교한 결과 갈문망둑은 미병부와 몸통 중앙에 소량의 흑색소포가 있었고, 막지느러미는 머리 중반부에서부터 난황 앞쪽까지 이어져 있었다. 민물검정망둑 (Park and Han, 2023b)의 부화 직후 자어는 소화관 끝부분과 미병부 아래쪽에 나뭇가지 모양으로 침착하였고, 두줄망둑 (Kim and Han, 1990)은 이포 아래쪽과 뒤쪽, 부레 위쪽 및 직장 위쪽에 분포하였으며, 꼬리 부분의 중앙 가장 자리에 나뭇가지 모양으로 밀집되어 있었다. 검정망둑 (Hwang *et al.*, 2006)은 난황 표면, 몸통과 꼬리 부분에 나뭇가지 모양으로 침착하였다. 날개망둑 (Jin *et al.*, 2003)은 소화관 위쪽과 미병부에 흑색소포가 침착하였고, 막지느러미는 머리 뒤쪽 가슴지느러미 정중앙 윗부분에서 시작하여 난황 앞쪽까지 이어져 있었다. 갈문망둑은 비교한 망둑어과 어류들과 달리 반점 모양의 흑색소포가 소량 침착되어 있어 흑색소포의 형태와 침착된 범위에서 차이를 나타냈다.

중기자어 이행시기 및 크기 비교는 선행연구에서 이행시기를 제시한 종을 대상으로 비교하였다. 갈문망둑은 수온 22.5°C 부화 후 22일째 전장 5.26 mm, 밀어는 수온 18.9°C 부화 후 12일째 전장 6.50 mm (Park and Han, 2023a), 꼭저구 수온 19.0°C 부화 후 13일째 전장 6.77 mm (Park and Han, 2023c)로 갈문망둑은 밀어, 꼭저구보다 이행시기가 늦었고, 전장 크기는 가장 작았다. 수온에 따른 중기자어 이행시기는 갈문망둑이 가장 높은 수온에서 이행시기가 가장 늦었으며, 밀어와 꼭저구는 갈문망둑보다 낮은 수온에서 빠른 이행시기를 보였다.

후기자어 이행시기 및 크기를 비교한 결과 갈문망둑은 수온 22.5°C 부화 후 48일째 전장 11.1 mm였고, 밀어 수온 18.9°C 부화 후 27일째 전장 11.8 mm (Park and Han, 2023a), 검정망둑 수온 21.2°C 부화 후 38일째 전장 9.10 mm (Hwang *et al.*, 2006), 민물검정망둑 수온 24.0°C 부화 후 35일째 전장 6.04 mm (Park and Han, 2023b), 두줄망둑 수온 22.5°C 부화 후 20일째 전장 7.47 mm (Kim and Han, 1990), 미끈망둑 수온 22.7°C 부화 후 18일째 전장 6.60 mm (Kim *et al.*, 1992), 큰미끈망둑 수온 19.4°C 부화 후 25일째 전장 9.52 mm (Yun *et al.*, 2008), 모치망둑 수온 24.5~25.5°C 부화 후 25일째 전장 7.00 mm (Kim and Han, 1991), 날개망둑 수온 24.7°C 부화 후 14일째 전장 6.21

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

Species	Water temperature (°C)	Fertilized egg diameter (mm)	Newly hatched larva mean±SD (mm)	Preflexion larvae days/mm	Flexion larvae days/mm	Postflexion larvae days/mm	Juvenile stage days/mm	Reference
<i>Rhinogobius giurinus</i>	22.5	3.46×1.17	2.34±0.05	3 2.70±0.09	22 5.26±0.16	48 11.1±0.53	60 14.9±0.69	Present study
<i>R. brunneus</i>	18.9	2.20×0.68	3.71±0.06	3 4.37±0.16	12 6.50±0.22	27 11.8±0.63	40 18.5±0.93	Park and Han, 2023a
<i>Gynnogobius breunigii</i>	10~15	4.10×1.30	7.8	7.5	9.7	15.2	18.3	Dotu, 1954
<i>G. urotaenia</i>	19.0	3.21×1.07	4.10±0.17	6 5.67±0.25	13 6.77±0.23	15 7.81±0.46	30 18.4±0.93	Park and Han, 2023c
<i>Acanthogobius flavimanus</i>	13	5.00~5.80×0.96	4.6~5.0	4.9~12.0	8.9	16.1	18.1	Dotu and Mito, 1955
<i>Tridentiger obsurus</i>	21.2	0.97×0.66	2.83	1 3.18	21 6.02	38 9.10	45 13.4	Hwang <i>et al.</i> , 2006
<i>T. trigonocephalus</i>	22.5	1.46×0.61	2.96	3 3.50	10 5.20	20 7.47	45~50 16.3	Kim and Han, 1990
<i>T. brevispinis</i>	24.0	1.30×0.20	2.51±0.18	3 2.98±0.10	20 4.36±0.19	35 6.04±0.46	50 8.48±0.90	Park and Han, 2023b
<i>Favonigobius gymnauchen</i>	24.7	1.50×0.57	2.37	2 3.34	10 5.15	14 6.21	24 8.87	Jin <i>et al.</i> , 2003
<i>Boleophthalmus pectinirostris</i>	26.0	1.40×0.72	3.17±0.08	4 3.43±0.07	9 3.62±0.06	14 5.16±0.16	41 15.4±0.85	Park <i>et al.</i> , 2024
<i>Mugilogobius abei</i>	24.5~25.5	0.94×0.44	2.04~2.10	4 2.20~2.35	12 3.20	25 7.00	33~35 10.3	Kim and Han, 1991
<i>Luciogobius grandis</i>	19.4	2.06×0.74	3.30±0.07	5 4.12±0.08	17 5.73±0.07	25 9.52±0.13	36 12.2±0.75	Yun <i>et al.</i> , 2008
<i>L. guttatus</i>	22.7	2.75×0.71	3.90	3 4.95	7 5.14	18 6.60	38 10.0	Kim <i>et al.</i> , 1992
<i>Inu koma</i>	18.5~20.5	2.71~2.89×0.65~0.74	3.55~3.90	4 4.02~4.55	17 6.45	-	14~26 8.1~14.7	Shigaki and Dotsu, 1974

mm (Jin *et al.*, 2003), 날망둑 수온 10~15°C 전장 9.7 mm (Dotu, 1954), 문절망둑 수온 13°C 전장 16.1 mm (Dotu and Mito, 1955), 꼭저구 수온 19°C 부화 후 15일째 전장 7.81 mm (Park and Han, 2023c)였다. 크기는 문절망둑보다 작았고, 밀어와 유사하였으며, 나머지 비교한 망둑어과 어류들보다 갈문망둑이 후기 자어 이행 시 평균 크기가 가장 컸다. 수온에 따른 후기자어 이행 시기는 수온 16~20°C 범위에서는 밀어 27일, 꼭저구 15일, 큰미끈망둑 25일이 소요되었고, 수온 21~25°C 범위에서는 날개망둑 14일, 미끈망둑 18일, 두줄망둑 20일, 모치망둑 25일, 민물검정망둑 35일, 검정망둑 38일, 갈문망둑 48일이 소요되었다.

후기자어의 형태적 특징은 갈문망둑의 경우 흑색소포가 아가미 뚜껍 위쪽, 등 쪽과 몸통에 침착하였고, 황색소포가 머리와 몸통에 침착하였다. 막으로 연결되어 있던 지느러미는 모두 분리되어 있었고, 등지느러미는 2개로 구분되어 발달하였으며, 배지느러미도 발달하였다.

밀어 (Park and Han, 2023a)는 입 부분의 윗턱의 상악과 아래턱 하악, 눈의 아래쪽, 두부 상단 부분, 아가미 뚜껍 윗부분에 부분적으로 흑색소포가 침착하였고, 척추골을 따라 꼬리지느러미 기조 시작 지점까지, 제2등지느러미의 기조 윗부분, 꼬리지느러미의 기조 윗부분에 침착하였으며, 몸 전체에는 황색소포가 부분적으로 침착하였다. 날망둑 (Dotu, 1954)은 몸통의 등 쪽에 4개, 배 쪽과 미병부 아래에 4개의 반점 모양 흑색소포가 있었으며, 머리에는 윗턱의 주둥이 끝부분과 아래턱 하악, 새조골에서 관찰되었다. 검정망둑 (Hwang *et al.*, 2006)은 배지느러미 시작 지점, 미병부와 꼬리지느러미의 기조 시작 지점에서 흑색소포가 관찰되었다. 꼭저구 (Park and Han, 2023d)는 미병부 정중앙의 기조 시작 지점에 흑색소포가 발달하였고, 꼬리 끝부분인 미병부 쪽 일부를 제외하고 등지느러미 시작점까지 후반부의 몸 전체에 침착하였으며, 주둥이 끝부분에서 시작하여 척추골을 따라 침착한 흑색소포는 척추골을 기준으로 아래쪽에 전반적으로 침착되었다. 모치망둑 (Kim and Han, 1991)은 체측 중앙부에 형성되었고, 미병부 중앙 부분과 복부 아래쪽에도 관찰되었다. 문절망둑 (Dotu and Mito, 1955)은 머리 부분과 몸통의 등 쪽, 배 쪽, 몸의 옆부분인 체측 중앙에서 흑색소포가 관찰되었고, 큰미끈망둑 (Yun *et al.*, 2008)은 눈의 앞부분과 부레의 앞쪽까지 나뭇가지 모양의 흑색소포가 관찰되었다. 두줄망둑 (Kim and Han, 1990)은 복부 아래쪽과 미병부 쪽에 나뭇가지 모양의 흑색소포가 관찰되었고, 날개망둑 (Jin *et al.*, 2003)은 아래턱 하악 부분, 몸통의 복부 아래쪽, 미병부 및 꼬리 부분의 등 쪽에 나뭇가지 모양의 흑색소포가 관찰되었다. 갈문망둑은 비교한 망둑어과 어류들과 흑색소포 분포 위치에서 차이를 보였고, 특히 후기자어 시기의 밀어와 형태적으로 유사하며, 갈문망둑은 몸통 중앙 부분과 제2등지느러미 기조에 흑색소포가 발달하지 않은 점에서 밀어의 후기자어와 차이를 보였다. 갈문망둑의 경우 하천과 저수지 등 분포 지역이 다양하고 특히 같은 속 어류인 밀어와 같은 곳에 서식하

는 경우도 있어 이들의 후기자어기 형태적 차이점은 자치어 시기 종 동정을 위한 기초자료가 될 것으로 생각된다.

치어 이행시기와 크기를 비교한 결과 갈문망둑은 부화 후 60일째 평균 전장 14.9 mm로 밀어 부화 후 40일째 전장 18.5 mm (Park and Han, 2023a), 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), 민물검정망둑 부화 후 50일째 전장 8.48 mm (Park and Han, 2023b), 꼭저구 부화 후 30일째 전장 18.4 mm (Park and Han, 2023d), 미끈망둑 부화 후 38일째 전장 10.0 mm (Kim *et al.*, 1992), 큰미끈망둑 부화 후 36일째 전장 12.2 mm (Yun *et al.*, 2008), 모치망둑 부화 후 33~35일째 전장 10.3 mm (Kim and Han, 1991), 날개망둑 부화 후 24일째 전장 8.87 mm (Jin *et al.*, 2003), 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 크기는 밀어, 두줄망둑, 날망둑, 문절망둑보다 갈문망둑이 작았고, 민물검정망둑, 검정망둑, 큰미끈망둑, 미끈망둑, 날개망둑, 모치망둑, 꼬마망둑보다 갈문망둑이 컸다.

수온에 따른 치어기 이행시기는 수온 10~15°C 범위에서는 밀어 40일, 꼭저구 30일, 큰미끈망둑 36일, 수온 16~20°C 범위에서는 갈문망둑 60일, 검정망둑 45일, 민물검정망둑 50일, 두줄망둑 45~50일, 모치망둑 33~35일, 미끈망둑 38일로 날개망둑 24일을 제외한 30일 이후에 치어기로 이행하였다. 비교한 망둑어과 어류는 어종에 따라 차이가 있었지만 수온이 높은 범위에 있을수록 후기자어 이행시기는 20일 이상, 치어기는 30일 이상이 소요되는 것으로 나타났으며, 정확한 비교 연구를 위해서는 어종별로 동일한 환경조건을 조성해주는 것이 적합하나 어종마다 서식환경에 차이가 있어 다소 어려움이 있을 것으로 판단되며, 이러한 이행시기의 차이는 어종마다 나타나는 먹이, 사육밀도 등 다양한 환경적 영향일 것으로 생각된다.

본 연구를 종합한 결과 갈문망둑의 난은 긴 타원형으로 장경의 크기는 꼭저구와 유사하였고, 같은 속 어류인 밀어와는 차이를 보였다. 난발생 과정 중에는 같은 속 어류인 밀어와 흑색소포 분포 위치 및 황색소포 발달 유무에서 차이를 보였다. 부화자어의 형태는 미병부와 몸통 중앙에 소량의 흑색소포가 분포하는 점에서 다른 망둑어과 어류들과 형태적 차이를 보였다. 후기자어는 흑색소포가 아가미 뚜껍 위쪽, 등 쪽과 몸통에 침착한 점에서 근연종과 차이를 보였고, 황색소포가 머리와 몸통에 침착한 점에서 다른 망둑어과 어류의 후기자어와 차이를 보였다.

요 약

본 연구는 보통천에 서식하는 갈문망둑의 초기생활사를 규명하고 근연종과 차이점을 비교하였다. 난의 크기(장경×단경)는

평균 3.46×1.17 mm ($n=30$)였다. 수온 $22.5 \pm 1^\circ\text{C}$ 에서 부화에 소요되는 시간은 213시간 30분이었다. 부화 직후 난황자어는 전장 2.34 ± 0.05 mm ($n=30$)로 입과 항문이 열리지 않았고 근절수는 23~25개였다. 부화 후 3일째 전기자어는 2.70 ± 0.09 mm ($n=30$)로 입과 항문이 열리면서 먹이 섭취가 시작되었다. 부화 후 22일째 중기자어는 5.26 ± 0.16 mm ($n=30$)로 척추 말단 끝부분이 위쪽으로 휘어져 중기자어로 이행하였다. 부화 후 48일째 후기자어는 11.1 ± 0.53 mm ($n=30$)로 척추 말단 끝부분이 위쪽 45° 로 완전히 휘어져 후기자어로 이행하였다. 부화 후 60일째 치어는 14.9 ± 0.69 mm ($n=30$)로 각 지느러미별 기초 수는 제1등지느러미 6개, 제2등지느러미 8~10개, 뒷지느러미 9개, 꼬리지느러미 15개, 배지느러미 5개로 모든 지느러미가 정수가 되어서 치어기로 이행하였다. 연구 결과 후기자어 시기에 흑색소포는 아가미 뚜껑 위쪽, 등 쪽과 몸통에 침착한 점, 황색소포는 머리와 몸통에 침착한 점에서 다른 망둑어과 어류의 후기자어들과 차이를 보였다.

REFERENCES

- Chae, B.S., H.S. Song and J.Y. Park. 2019. A field guide to the freshwater fishes of Korea. LG Evergreen Foundation, Korea, pp. 226-266.
- Dotsu, Y. 1984. The biology and induced spawning of the gobiid fish, *Chaenogobius heptacanthus*. Bull. Fish. Inst. Nagasaki Univ., 55: 9-18.
- Dotu, Y. 1954. On the life history of a goby, *Chaenogobius castanea*. Jpn. J. Ichthyol., 3: 133-138.
- Dotu, Y. and S. Mito. 1955. On the breeding habits, larvae and young of a goby, *Acanthogobius flavimanus* (Temminck et Schlegel). Jpn. Ichthyol., 4: 153-161.
- Han, K.H., Y.U. Kim and K.J. Choe. 1998a. 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.
- Han, K.H., J.T. Park, G.H. Jung, W.K. Lee, J.Y. Lee and I.C. Bang. 1998b. Spawning behavior and early life history of Korean aucha perch, *Coreoperca herzi* Herzenstein. J. Aquacult., 11: 49-58.
- Han, K.H., J.T. Park, B.M. Kim, S.H. Oh, S.H. Lee and D.S. Jin. 2000. Spawning behavior and early life history of aucha perch *Coreoperca kawamebari* from Korea. Korean. J. Ichthyol., 12: 129-136.
- 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.
- 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, B.J., J.H. Kim and S.Y. Yang. 1997. Systematic studies on the freshwater goby, *Rhinogobius* species (Perciformes, Gobiidae) III. Geographic variation and subspecific differentiation in *Rhinogobius giurinus*, with a comment on genetic relationships among four species of the genus *Rhinogobius* in Korea. Korean J. Biol. Sci., 1: 529-534.
- 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., J.H. Ryu, S. Kim, D.W. Lee, K.H. Choi, T.Y. Oh, K.S. Hwang, J.N. Kim, H.J. Kwun, H.S. Ji and J.N. Oh. 2011. An identification guide for fish eggs, larvae and juveniles of Korea. Hangeul graphics, Busan, Korea, pp. 6-19.
- Kim, K.M., Y.H. Kawk, S.Y. Kim and H.Y. Song. 2021. Morphological development of egg and larvae of *Squalidus japonicus coreanus*. Korean J. Ichthyol., 33: 252-261.
- 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.
- Lee, S.H., T.S. Lee, J. Lee, D.S. Hwang and K.H. Han. 2018. Egg development and morphology of larvae and juvenile of *Odontobutis platycephala* from Korea. Bull. Fish. Sci. Inst. Chonnam Nat'l Univ., 26: 43-48.
- NIBR. 2018. National Institute of Biological Resources, online at <http://kbr.go.kr> (accessed on 22 August).
- Park, C.K., S.Y. Hwang, D.H. Kim, S.J. Heo and J.M. Park. 2024. Development of eggs larvae and juveniles of the *Boleophthalmus pectinirostris* from Southern coastal Yeolja-man. Korean. J. Ichthyol., 36: 1-19.
- 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 of development eggs larvae and juveniles *Micropercops swinhonis* in Botongcheon stream Hangang River. Korean J. Ichthyol., 35: 151-159.

- Park, J.M. and K.H. Han. 2023d. Morphological of development eggs, larvae and juveniles *Gymnogobius urotaenia* in Hwangbocheon, Korea. Korean J. Ichthyol., 35: 253-262.
- Park, J.M., J.H. Han, S.M. Yun and K.H. Han. 2017. Early osteological development of larvae and juveniles in the Korean spotted sleeper *Odontobutis interrupta* from Korea. Korean J. Fish. Aquat. Sci., 50: 396-405.
- Shigaki, M. and Y. Dotsu. 1974. The life history of the gobiid fish, *Inu koma*. Bull. Fish. Inst. Nagasaki Univ., 38: 65-70.
- Song, H.B. and S.S. Choi. 2000. Reproductive ecology and early life history of paradise fish, *Macropodus chinensis* (Pisces; Belontiidae) in Aquarium. Korean J. Limnol., 33: 282-294.
- 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.