

황보천에 서식하는 꼭저구 *Gymnogobius urotaenia*의 난발생 및 자치어 형태발달

박재민 · 한경호^{1,*}

경상북도 토속어류산업화센터, ¹전남대학교 수산과학과

Morphological of Development Eggs, Larvae and Juveniles *Gymnogobius urotaenia* in Hwangbocheon, Korea by Jae-Min Park and Kyeong-Ho Han^{1,*} (Gyeongsangbuk-Do Native Fish Business Center, Uiseong 37366, Republic of Korea; ¹Fishery Science Chonnam National University, Yeosu 59626, Republic of Korea)

ABSTRACT This study compared the results of observing the early life history of *Gymnogobius urotaenia*, which lives in Hwangbocheon Stream, an inflow stream on the east coast, with the differences between fish of the same Gobiidae fishes. In May 2022 and 2023, fertilized eggs and brood stork scattered under rocks were captured twice in Hwangbocheon Stream. The spawning amount was 827~1,540 and the orchid was an elliptical in shape with a size of 3.21 × 1.07 mm. The stage of ovulation observed in the laboratory was 16 cells, and hatching began after 193 hours. The breeding water temperature range was 18.8~19.3°C. Newly after hatching larvae, the yolk sac with a total length of 3.84~4.33 (average 4.10 ± 0.17, n = 30) mm, and the anus was not open. 6 days after hatching of incubation, the total length was 5.32~6.11 (average 5.67 ± 0.25, n = 30) mm, absorbing all egg yolk and transitioning to the preflexion larvae, ingesting food, and developing a keynote on the tail fin. 15 days after hatching, the end of the urostyle end was completely bent at 45° with a total length of 7.33~8.52 (average 7.81 ± 0.46, n = 30) mm and transitioned to postflexion larvae, and melanophore developed throughout the body. 38 days after hatching, the total length is 22.1~26.1 (23.8 ± 1.36, n = 30) mm and the number of fins (6 first dorsal fins, 11 second dorsal fins, and 11 anal fins, 12 ventral fins) is all the number of fin base became integer and transferred to the juvenile. As a result of the study, it was possible to distinguish the melanophore of postflexion larvae of *G. urotaenia* from other postflexion larvae Gobiidae fish in that they were distributed throughout the body of half the body and tail.

Key words: Gobiidae, *Gymnogobius urotaenia*, egg, larvae, juvenile

서 론

어류의 난발생과 자치어 발달에 대한 연구는 기초 생물학적 연구로서 알에서 부화하여 성어의 특징을 가지는 치어기 전까지 각 단계별로 종의 고유적인 형질이 발현된다(Fujimura and Okada, 2007; Kim *et al.*, 2023). 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).

망둑어목(Gobiiformes) 망둑어과(Gobiidae) 어류는 전 세계 189속 1,359종이 알려져 있으며(Nelson *et al.*, 2016), 우리나라 담수 및 기수역에는 19속 39종이 분포하는 것으로 알려져 있다(Chae *et al.*, 2019). 꼭저구속 어류는 날망둑 *Gymnogobius breunigii*, 동해날망둑 *G. taranetzi*, 검정꼭저구 *G. petschiliensis*, 무늬꼭저구 *G. opperiens*, 왜꼭저구 *G. macrognathos*, 꼭저구 *G. urotaenia*가 알려져 있으며, 이 중 꼭저구는 우리나라 제주도를 포함한 전 연안에 분포하며 내륙지역에도 서식한다(Kim *et al.*, 2005; Chae *et al.*, 2019).

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

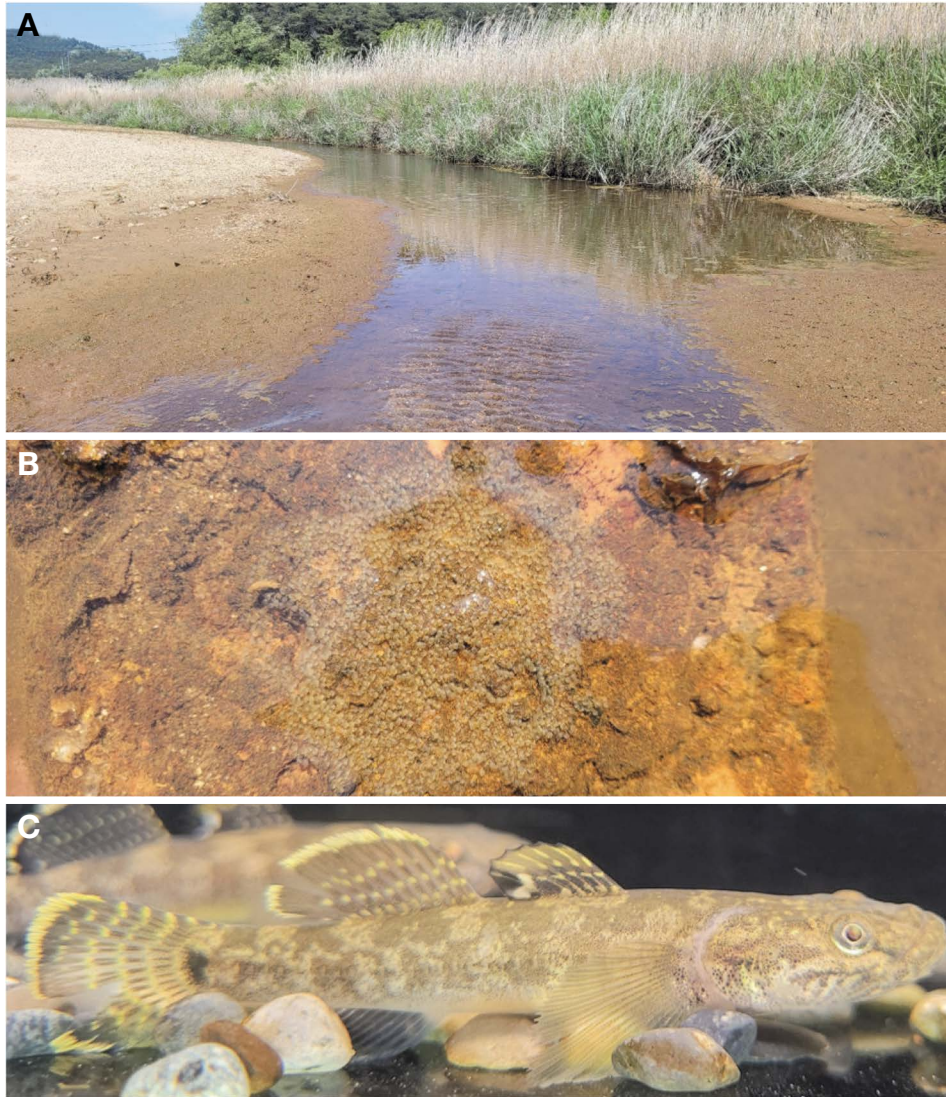


Fig. 1. A collected *Gymnogobius urotaenia* collected in Hwangbocheon in Uljin-gun, Gyeongsangbuk-do, Korea (A: habitat, B: spawning ground, C: adult fish).

망둑어과 어류에 대한 초기생활사 연구는 날망둑 (Dotu, 1954), 살망둑 *G. heptacanthus* (Dotsu, 1984), 미끈망둑 *Luciogobius guttatus* (Kim *et al.*, 1992), 꼬마망둑 *L. koma* (Shiogaki 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 trigonocephalus* (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) 등이 연구되었다. 지금까지 꼭저구의 초기생활사는 연구되지 않았으며, 꼭저구는 검정꼭저구, 무늬꼭저구, 왜꼭저구 등과 같은

서식지에 분포하기도 하여 (Chae *et al.*, 2019), 초기생활사 연구는 이들의 생태학적, 분류학적 기초자료 확보를 위한 중요한 연구이다. 따라서 이 연구에서는 동해안 유입 하천인 황보천에 서식하는 꼭저구의 초기생활사를 규명하고 근연종들과 특징을 비교 논의하고자 한다.

재료 및 방법

1. 시료확보 및 종 동정

본 연구에 사용된 시료는 2022년 5월 6일과 2023년 5월 2일 2회에 걸쳐 경북 울진군 기성면에 위치한 황보천에서 산란장 2 곳을 대상으로 가로 20 cm, 세로 15 cm 크기의 바위 2개 아래에

부착된 수정란과 친어 2마리(전장 8~10 cm)를 채집하였다(Fig. 1A). 채집 장소는 수심 30~60 cm 정도의 물살이 비교적 약하게 흐르는 곳에서 발견하였고(Fig. 1B), 연구실로 운반 후 친어의 종 동정을 위해 크기 측정 및 각 부위별 지느러미 기조 수 등 형태적 특징을 관찰하였다.

2. 난발생 및 자치어 형태발달

채집된 수정란은 수생균 예방을 위해 포르말린(Formaldehyde 20%) 수용액을 20 ppm/톤당 농도로 2회/1일 약욕하였으며, 수온은 18.8~19.3°C (평균 19.0±0.35°C)에서 관리하였다. 난발생 관찰은 바위에 산란한 수정란을 분리 후 실체현미경(Nikon SMZ18, Japan)에 부착된 영상촬영 장치로 단계별 사진 촬영 및 크기 측정을 하였다. 자치어 관리는 부화 후 난황 흡수 이후부터 담수산 로티퍼(*Brachionus calyciflorus*)를 4~5개체/mL당 1일 2회 공급하였고, 이후 성장함에 따라 알테미아(*Artemia* sp. nauplius) 부화 유생을 4~5개체/mL당 1일 2회 공급하였으며, 치어기 이행 후에는 냉동장구벌레(Blood worm, Hikari, China)를 공급하였다. 자치어 형태 관찰은 1~5일 간격으로 30마리씩 마취제 MS-222 (Ethyl 3-aminobenzoate methanesulfonate, Sigma Aldrich Co., St. Louis, USA)로 마취 후 실체현미경으로 0.01 mm까지 크기 측정 및 형태적 특징을 관찰하였으며, 자치어 형태 구분은 Ji *et al.* (2020)에 따랐다.

결 과

1. 분류

본 종을 동정하기 위하여 바위 아래에서 함께 채집한 어미의 체형과 계수형질 등을 관찰하였다. 형태는 머리가 위아래로 납작하고 체측 또한 옆으로 납작한 형태였으며, 눈이 크며 간격이 넓게 떨어져 있었다. 몸 전체는 황갈색을 띠었고 제1등지느러미가 장자리에 흰무늬와 검은 반점이 있는 점, 꼬리지느러미 기저에 직사각형의 검은 반점이 있는 특징을 보였다. 지느러미 기조 수는 등지느러미 VII, I 12개, 뒷지느러미 I 11개로 분류형질 기재 논문(Nakabo, 2002; Lee, 2010)과 어류도감(Kim *et al.*, 2005; Chae *et al.*, 2019)을 검토하여 본 연구에서 채집한 친어는 꼭저구로 동정하였다(Fig. 1C).

2. 난의 크기 및 특징

채집된 바위 아래에 부착된 꼭저구 암컷의 산란량은 827~1,540개(n=2, 평균 1,183±504개)였다. 수정란의 형태는 긴 지구형으로 난의 끝부분에 부착사가 있어 바위 아래 표면에 부착되어 있는 침성점착란이었으며, 난황에 32~40개의 유구가 있었다. 수정란(n=30)의 크기는 장경 2.44~3.64 (3.21±0.35)

mm, 단경 0.97~1.27 (1.07±0.09) mm였고, 유구의 크기는 0.12~0.28 (0.17±0.06) mm였다.

3. 난발생 과정

채집 후 연구실에서 관찰된 난발생 단계는 16세포기(Fig. 2A)로 1시간 후에는 32세포기에 달하였고(Fig. 2B), 2시간 후에는 64세포기(Fig. 2C), 3시간 후에는 128세포기에 달하였다. 4시간 후에는 상실기(256세포기)에 달하였고(Fig. 2D), 7시간 후에는 포배기에 달하였으며(Fig. 2E), 10시간 후에는 낭배기(난황 크기 대비 30.4%)에 달하였다(Fig. 2F). 15시간 30분 후에는 중기낭배기(52.1%)에 달하였고(Fig. 2G), 17시간 후에는 말기낭배기(90%)에 달하였다(Fig. 2H). 18시간 후에는 원구가 폐쇄되었고, 20시간 후에는 배체가 형성되었다. 이 시기에는 5~6개의 근절이 발달하였다(Fig. 2I). 25시간 30분 후에는 머리가 발달하였고, 안포가 형성되었으며(Fig. 2J), 33시간 후에는 Kuffer's vesicle이 형성되었다. 이 시기의 근절 수는 11~13개로 증가하였다(Fig. 2K). 41시간 30분 후에는 Kuffer's vesicle이 소실되었고, 꼬리가 난황과 분리되기 시작하였다. 이 시기의 근절 수는 16~18개로 증가하였다(Fig. 2L). 44시간 후에는 배체의 움직임이 활발해졌고, 눈에는 렌즈가 분화하기 시작하였다. 이 시기의 근절 수는 23~25개로 증가하였다(Fig. 2M). 59시간 30분 후에는 배체의 중반부에 흑색소포가 침착하였고, 머리에는 뇌가 발달하였다(Fig. 2N). 70시간 30분 후에는 눈에 흑색소포가 침착하였고, 배체의 대부분에 흑색소포가 침착하였다(Fig. 2O). 88시간 30분 후에는 눈에 흑색소포가 짙게 침착하였고, 배체의 등 쪽과 아래 쪽에 황색소포가 침착하였으며, 향문이 발달하였다(Fig. 2P). 98시간 30분 후에는 막으로 된 한 쌍의 가슴지느러미가 발달하였고, 난황에서 관찰되었던 다수의 유구는 1개로 감소하였다(Fig. 2Q). 116시간 30분 후에는 반점 모양으로 침착되었던 흑색소포가 나뭇가지 모양으로 발달하였고, 복부에는 1개의 부레가 발달하였으며, 머리부분에는 입이 발달하였다(Fig. 2R). 190시간 후에는 몸 전체에 흑색소포가 침착하였고, 아래턱과 아가미 윗부분, 난황 위에도 침착하였다(Fig. 2S). 193시간 후에는 부화가 시작되었고(Fig. 2T), 195시간에는 50% 이상 부화가 완료되었으며, 198시간에는 모든 개체의 부화가 완료되었다.

4. 자치어 형태발달

1) 난황자치어(Yolk sac larvae)

부화 직후 자어는 전장 3.84~4.33 (평균 4.10±0.17, n=30) mm로 복부에는 난황을 갖고 있었고, 입과 향문이 발달하였으나 향문은 완전히 열리지 않았다. 막으로 이루어진 지느러미는 등 쪽에서부터 난황 아랫부분까지 발달하였다. 흑색소포는 나뭇가지 모양을 나타냈고, 머리 윗부분, 난황 위에 일부 침착되어 있었으며, 아가미 윗부분에서 몸통과 꼬리 쪽 기저부분을 따라 이어

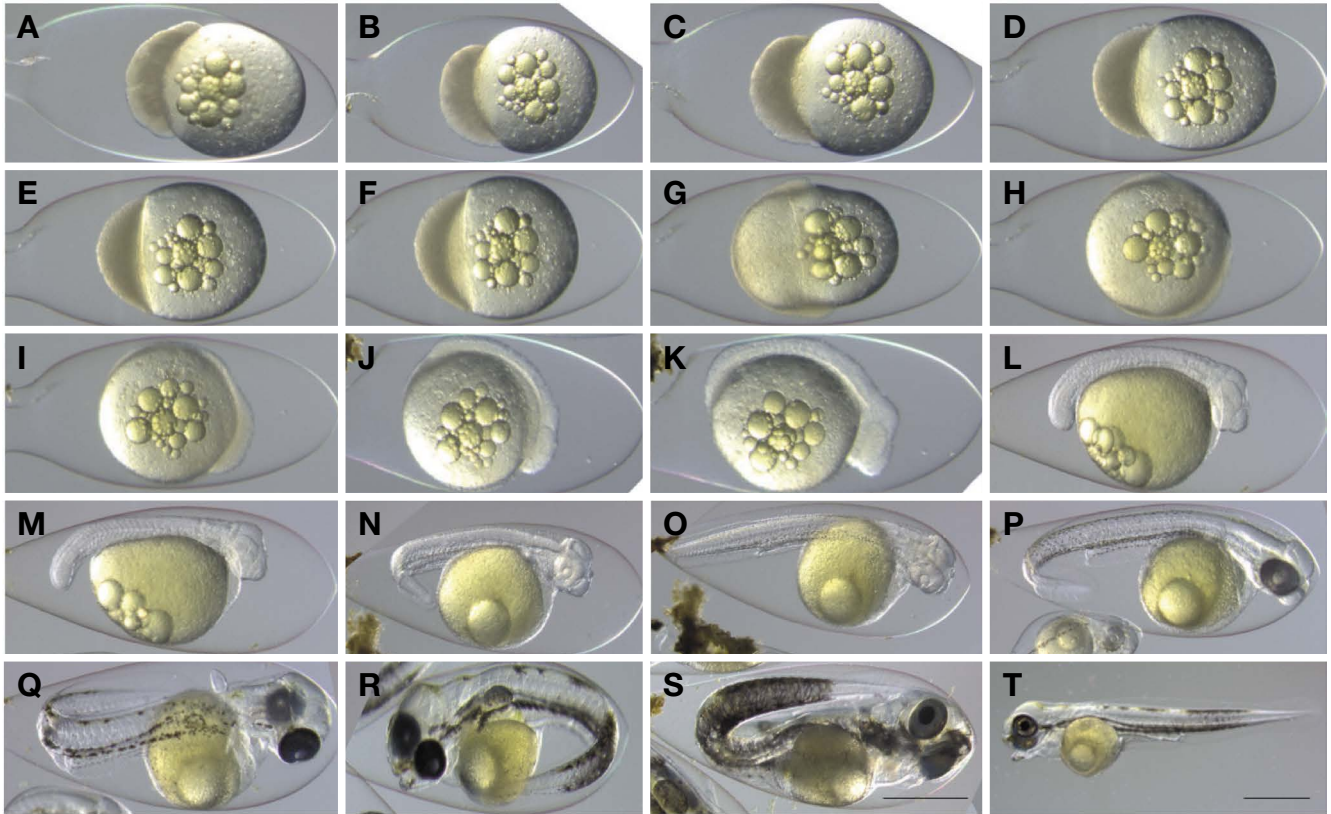


Fig. 2. Egg development stages of *Gymnogobius urotaenia*. A: 16 cells; B: 32 cells, 1 hrs; C: 64 cells, 2 hrs; D: Morula stage (256 cells), 4 hrs; E: Blastula stage, 7 hrs; F: Early gastrula stage (30.4%), 10 hrs 30 mins; G: Middle gastrula stage (52.1%), 15 hrs; H: Late gastrula stage (90%), 17 hrs; I: Embryo formation, 20 hrs; J: Development of optic vesicle, 25 hrs 30 mins; K: Appearance of Kuffer's vesicle, 33 hrs; L: Disappear Kuffer's vesicle, 41 hrs 30 mins; M: Formation of eye lens, 44 hrs; N: Middle trunk in melanophore, 59 hrs 30 mins; O: Black pigmentation in eyes, 70 hrs 30 mins; P: Appearance of xanthophore, 88 hrs 30 mins; Q: Development of pectoral fin, 98 hrs 30 mins; R: Development of mouth and air bladder, 116 hrs 30 mins; S: Melanophore in cover whole body, 190 hrs; T: Hatching start, 193 hrs. Scale bars = 1.00 mm.

져 있었다. 꼬리 쪽 정중앙에는 나뭇가지 모양의 흑색소포 4개가 있었고, 등 쪽에는 4개의 흑색소포가 발달하였다(Fig. 3A).

부화 후 1일째 난황자어는 전장 3.97~4.59 (4.31 ± 0.18, n = 30) mm로 난황은 완전히 흡수되지 않았고, 항문은 열렸으나 먹이활동은 하지 않았다. 흑색소포는 머리 정중앙 윗부분, 꼬리 기저부분 끝에 새롭게 침착하였고, 나뭇가지 모양으로 침착되었던 흑색소포의 분포 범위는 더욱 넓어졌다. 황색소포는 흑색소포 주변으로 등 쪽과 몸통, 아래쪽에 침착하였다(Fig. 3B).

부화 후 3일째 난황자어는 전장 4.43~5.28 (4.81 ± 0.26, n = 30) mm로 아래턱은 위턱보다 길이가 길어졌고, 주상악골과 치골 부위에는 흑색소포가 발달하였다. 난황은 소량 남아 있었고, 먹이 섭취 활동은 관찰되지 않았다. 침착되었던 황색소포는 분포 범위가 넓어져 몸통의 전반적으로 관찰되었다. 꼬리는 부채꼴 모양으로 분화하기 시작하였다(Fig. 3C).

2) 전기자어기(Preflexion larva)

부화 후 6일째 전기자어는 전장 5.32~6.11 (5.67 ± 0.25,

n = 30) mm로 난황이 모두 흡수되면서 전기자어기로 이행하였고, 먹이 섭취 활동이 확인되었다. 먹이생물 섭취는 몸통과 꼬리를 S자 형태로 구부린 뒤 퍼면서 섭취하였다. 황색소포는 머리 부분에도 침착하였고, 입 주변과 아래턱에도 발달하였다. 꼬리 기저부분에서 등 쪽으로 침착되었던 흑색소포는 이어지면서 발달하였다. 꼬리지느러미에는 기초가 발달하기 시작하였다(Fig. 3D).

3) 중기자어기(Flexion larva)

부화 후 13일째 중기자어는 전장 6.38~7.19 (6.77 ± 0.23, n = 30) mm로 이 시기에는 꼬리 끝부분이 위쪽으로 휘어지기 시작하면서 중기자어기로 이행하였다. 꼬리 아래쪽에는 6개의 기초가 발달하였고, 등지느러미와 뒷지느러미가 분화하기 시작하였다. 꼬리 기저부분과 등 쪽에 이어졌던 흑색소포는 다시 분리되어 나뭇가지 모양으로 발달하였고, 꼬리 쪽 중앙부분에는 6개의 흑색소포와 등 쪽에 침착되었던 흑색소포는 6개로 증가하였다(Fig. 3E).

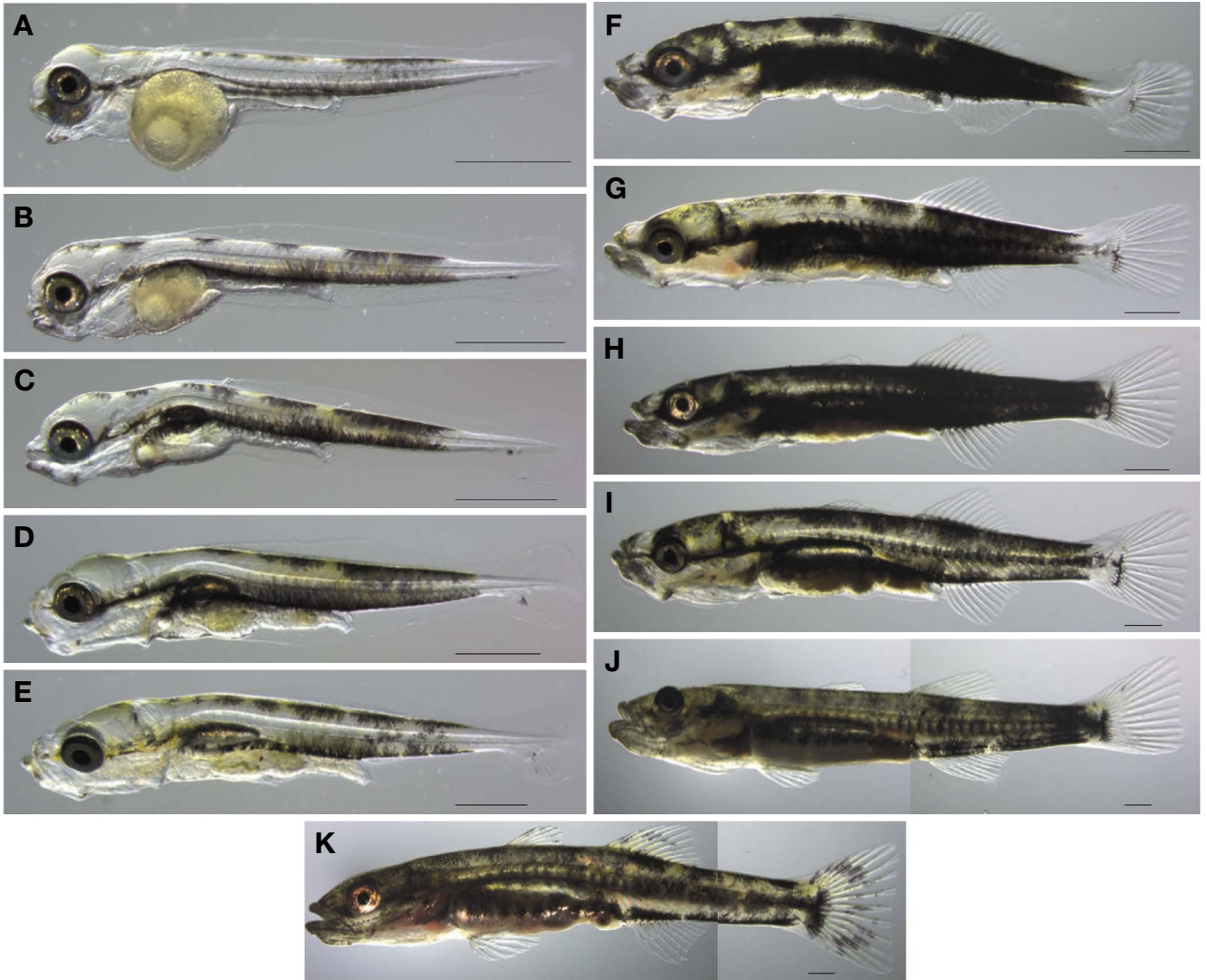


Fig. 3. Larvae and juveniles development of *Gymnogobius urotaenia*. A: newly hatched larvae, 4.10 ± 0.17 mm in total length (TL); B: 1 days after hatching (DAH) 4.31 ± 0.18 mm in TL; C: 3 DAH 4.81 ± 0.26 mm; D: 6 DAH 5.67 ± 0.25 mm; E: 13 DAH 6.77 ± 0.23 mm; F: 15 DAH 7.81 ± 0.46 mm; G: 17 DAH 9.28 ± 0.56 mm; H: 20 DAH 10.7 ± 0.81 mm; I: 24 DAH 13.2 ± 0.81 mm; J: 30 DAH 18.4 ± 0.93 mm; K: 38 DAH 23.8 ± 1.36 mm. Scale bars = 1.00 mm.

4) 후기자치어(Postflexion larva)

부화 후 15일째 후기자치어는 전장 $7.33 \sim 8.52$ (7.81 ± 0.46 , $n = 30$) mm로 꼬리 끝부분이 위쪽 45° 로 완전히 휘어지면서 후기자치어로 이행하였다. 등지느러미와 뒷지느러미 기조가 발달하면서 각 부위별 지느러미 기조 수는 등지느러미 8개, 뒷지느러미 9개, 꼬리지느러미 14개(7+7개)로 발달하였다. 흑색소포는 꼬리지느러미 기저부분 끝에 침착된 것이 꼬리 정중앙 기조 시작점에 위치하면서 발달하였다. 몸통에 전반적으로 침착되었던 흑색소포는 꼬리 끝 미병부 일부를 제외하고 등지느러미 시작점까지 후반부 몸 전체에 침착하였고, 주둥이 끝부분을 따라 척추 아래쪽 절반은 흑색소포가 전반부 몸 전체에 침착하였다 (Fig. 3F).

부화 후 17일째 후기자치어는 전장 $8.52 \sim 9.87$ (9.28 ± 0.56 , $n = 30$) mm로 막으로 연결되어 있던 등지느러미와 뒷지느러미, 꼬리지느러미는 분리되었고, 등지느러미 기조 수는 11개로 증가하였으며, 제1등지느러미가 분화하기 시작하였다. 꼬리지느러미 기조에 침착되었던 흑색소포는 아래쪽으로 넓게 침착하였다 (Fig. 3G).

부화 후 20일째 후기자치어는 전장 $9.90 \sim 11.8$ (10.7 ± 0.81 , $n = 30$) mm로 제1등지느러미에는 5개의 기조가 발달하면서 막으로 연결되어 있던 제2등지느러미가 분리되었으며, 뒷지느러미 기조 수는 11개로 증가하였다. 흑색소포는 머리부분의 눈을 기점으로 위쪽에 대부분 침착하였고, 몸통 전반부 일부를 제외하고는 몸 전체에 흑색소포가 침착하였다. 꼬리지느러미 기조에 침착

되었던 흑색소포는 위쪽과 아래쪽에 모두 침착하였다. 이 시기에 는 배지느러미가 분화하기 시작하였다(Fig. 3H).

부화 후 24일째 후기자어는 전장 12.0~14.2 (13.2 ± 0.81 , $n=30$) mm로 각 부위별 지느러미 기조 수는 제2등지느러미가 10개 로 증가하였다. 부레의 형태는 긴 타원형으로 발달하였고, 몸 대 부분의 부위에 침착되었던 흑색소포는 소실되면서 등 쪽, 몸 정 중앙, 배 쪽, 꼬리 기저부에 나뭇가지 모양으로 나누어졌다(Fig. 3I).

부화 후 30일째 후기자어는 전장 17.3~19.7 (18.4 ± 0.93 , $n=30$) mm로 배지느러미에는 10개의 기조가 발달하였고, 중층에 유영하면서 바닥에 가라앉기를 반복하였다. 윗턱과 아래턱에는 작은 이빨이 발달하였고, 먹이 섭취 시 아래턱이 돌출되었다. 흑 색소포는 후반부의 등 쪽과 꼬리 기저부분에 4개의 반점이 생성 되었고, 꼬리지느러미 시작점 정중앙에는 1개의 반점 형태의 흑 색소포가 발달하였다(Fig. 3J).

5) 치어기(Juvenile)

부화 후 38일째 치어는 전장 22.1~26.1 (23.8 ± 1.36 , $n=30$) mm로 각 부위별 지느러미 기조 수는 제1등지느러미 6개, 제2등 지느러미 11개, 뒷지느러미 11개, 배지느러미 12개로 정수에 달 하면서 치어기로 이행하였다. 머리부분과 제1등지느러미 앞쪽인 전반부에는 나뭇가지 모양으로 침착되었던 흑색소포가 반점 모 양으로 발달하였다. 제1, 제2등지느러미 기조 윗부분과 뒷지느러 미 기조 시작점, 꼬리지느러미 기조 시작점과 윗부분에는 1열의 띠 형태로 된 흑색소포가 침착하였다(Fig. 3K).

고 찰

꼭저구의 서식장소는 하천에서부터 바다와 인접한 부근까지 확인되었고, 산란장소는 표면이 넓적한 작은 바위 아래에 산란 하였다. 꼭저구 외에도 많은 망둑어과 어류들은 돌, 바위 아래에 산란하는 것으로 알려져 있으며(Kim *et al.*, 2005; Chae *et al.*, 2019) 그 아래 알을 부착시켜 산란하는 특징은 같은 기수역에 서 식하는 민물검정망둑(Park and Han, 2023b), 검정망둑(Hwang *et al.*, 2006) 등과 유사하였다. 수정란이 부착된 바위를 채집한 당시 5월 황보천에서는 검정망둑의 어미와 수정란이 함께 채집 되기도 하였으며, 꼭저구는 검정망둑의 산란시기와 유사하였다.

꼭저구의 산란량은 827~1,540개($n=2$)로 같은 망둑어과 어 류인 밀어(Park and Han, 2023a) 1,872~2,496개, 민물검정망둑 (Park and Han, 2023b) 1,100~2,250개, 검정망둑(Hwang *et al.*, 2006) 16,000~18,000개, 미끈망둑(Kim *et al.*, 1992) 357~856 개로 꼭저구의 산란량은 미끈망둑보다 많았으나 다른 근연종들 중에는 가장 적었다. 본 연구에서의 꼭저구 산란량은 산란장 2곳

에서 확인된 시료 일부로 확인된 산란량은 참고자료로 활용하였 으며, 추후 정밀한 산란량 조사를 위해서는 추가적인 연구가 필 요하다.

꼭저구의 난 형태는 긴 타원형으로 미끈망둑, 큰미끈망둑, 날 개망둑, 밀어와 유사하였고, 두줄망둑, 모치망둑, 검정망둑, 민물 검정망둑은 짧은 타원형으로 차이를 보였다.

꼭저구의 난 크기(장경×단경)는 3.21×1.07 mm로 민물검정 망둑 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), 말뚝망둑어 0.94×0.64 mm (Kobayashi *et al.*, 1972), 문절망둑 5.40×0.96 mm (Dotu and Mito, 1955)로 꼭저 구의 난 크기(장경)는 날망둑과 문절망둑보다 작았으며, 이외 비 교한 망둑어과 어류보다 컸다.

수온은 어중에 따라 생활사와 생태적 특성에 따른 적정 수 온 범위를 가지고, 초기발생에 있어서도 난발생 및 자치어의 성 장과 생존에 중요한 영향을 미치는 중요한 환경요인 중 하나이 다(Yoon *et al.*, 2007; Cho *et al.*, 2015). 2022년 5월 6일, 2023 년 5월 2일에 채집된 수정란의 난발생 단계는 16세포기로 수온 $18.8 \sim 19.3^\circ\text{C}$ 에서 193~198시간이 소요되었다. 향후 정확한 부 화시간 및 이들의 산란상태를 규명하기 위한 추가적인 연구가 필요하다고 생각된다.

난발생 과정 중 흑색소포 출현시기는 16세포기 이후 59시간 30분 배체의 중반부에 흑색소포가 침착하기 시작하였고, 같은 망둑어과 어류인 민물검정망둑(Park and Han, 2023b)은 64세포 기 이후 61시간 30분 안구에 침착하기 시작하였으며, 검정망둑 (Hwang *et al.*, 2006)은 수정 후 57시간 50분 꼬리부분에 침착하 였다. 밀어(Park and Han, 2023a)는 중기낭배기 이후 47시간 30 분 머리부분에 황색소포와 난황 윗부분에 흑색소포가 침착하였 다. 꼭저구는 배체의 중간 부분부터 흑색소포가 발달한 점에서 비교한 망둑어과 어류들과 발달 부위에서 차이를 보였다.

수정란의 크기는 부화자어의 크기와 직접적으로 비례하기 때문에 수정란이 작은 종은 부화자어의 크기도 작다(Lee *et al.*, 2013). 부화자어 크기는 꼭저구 평균전장 4.10 mm로 민 물검정망둑 2.51 mm (Park and Han, 2023b), 검정망둑 2.83 mm (Hwang *et al.*, 2006), 두줄망둑 2.96 mm (Kim and Han, 1990), 밀어 3.71 mm (Park and Han, 2023a), 큰미끈망둑 3.30 mm (Yun *et al.*, 2008), 미끈망둑 3.90 mm (Kim *et al.*, 1992), 날개망둑 2.37 mm (Jin *et al.*, 2003), 모치망둑 $2.04 \sim 2.10$ mm (Kim and Han, 1991), 꼬마망둑 $3.55 \sim 3.90$ mm (Shigaki and

Dotsu, 1974), 날망둑 7.8 mm (Dotu, 1954), 말뚝망둑어 2.84 mm (Kobayashi *et al.*, 1972), 문절망둑 4.6~5.0 mm (Dotu and Mito, 1955)였다. 꼭저구의 부화자어 크기는 날망둑과 문절망둑보다 작았고, 이외 비교한 망둑어과 어류 중 평균전장이 가장 컸다. 꼭저구를 비롯한 같은 망둑어과 어류의 수정란 크기와 부화자어 크기는 상대적으로 전자에서도 언급한 바와 같이 비례하는 것으로 사료된다.

어류는 산란시기에 따라 다른 번식전략을 가지는 것으로 알려져 있다(Kim *et al.*, 2021). 겨울 산란종은 큰 알과 큰 자어를 생산하는 반면, 자치어의 먹이가 풍부한 여름 산란종은 비교적 작은 자어를 대량으로 생산하는 번식전략을 택하고 있다(Ware, 1975; Kim and Zhang, 1994). 1~4월 날망둑, 4~6월 꼭저구, 2~5월 문절망둑 등 봄에서 초여름 산란하는 종들에 비해 5~7월 밀어, 5~8월 검정망둑 및 민물검정망둑, 6~8월 날개망둑, 말뚝망둑어 및 모치망둑 등 초여름에서 늦여름에 산란하는 종들이 부화 직후 자어의 크기가 작은 것은 산란시기에 따른 망둑어과 어류의 번식전략으로 생각된다(Dotu, 1954; Dotu and Mito, 1955; Kobayashi *et al.*, 1972; Kim and Han, 1991; Jin *et al.*, 2003; Hwang *et al.*, 2006; Chae *et al.*, 2019; Park and Han, 2023a, 2023b). 또한 이러한 번식전략은 모래무지아과 어류(Kim *et al.*, 2021)에서 같은 양상을 보였으나 모든 어류에서 해당되는 것으로 보기 어려우며 이와 같은 번식전략에 대한 연구는 향후 다양한 어류를 대상으로 한 비교 연구가 필요할 것으로 생각된다.

후기자어 이행시기와 크기는 꼭저구 부화 후 15일째 전장 7.81 mm로 같은 망둑어과 어류인 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), 말뚝망둑어 부화 후 20일째 전장 6.2 mm (Kobayashi *et al.*, 1972), 문절망둑 전장 16.1 mm (Dotu and Mito, 1955)로 이행시기는 날개망둑과 유사하였고, 그 외 비교한 종 가운데 꼭저구가 가장 빠른 시기에 이행하였다. 크기는 두줄망둑, 모치망둑과 유사하였고, 민물검정망둑, 날개망둑, 말뚝망둑어보다 컸으며, 이외 비교한 종 가운데는 꼭저구가 가장 작은 크기를 나타냈다(Table 1).

후기자어 시기 형태적 특징을 비교한 결과 꼭저구는 꼬리 정중앙 기조 시작점에 흑색소포가 발달하였고, 꼬리 끝 미병부 일부를 제외하고 등지느러미 시작점까지 후반부 몸 전체에 침착하였으며, 주둥이 끝부분을 따라 척추 아래쪽 절반은 흑색소포

가 전반부 몸 전체에 침착하였다. 같은 속 어류인 날망둑(Dotu, 1954)은 등 쪽에 4개, 배 쪽과 미병부에 4개의 반점 모양 흑색소포가 있었고, 머리에는 주둥이 끝부분과 아래턱, 새조골 쪽에서 관찰되었다. 같은 과 어류인 민물검정망둑(Park and Han, 2023b)은 항문 뒤쪽 미병부에 흑색소포가 관찰되었고, 미병부 정중앙과 꼬리지느러미 기조 시작점에 황색소포가 관찰되었다. 검정망둑(Hwang *et al.*, 2006)은 배지느러미 시작점, 미병부와 꼬리지느러미 기조 시작점에서 흑색소포가 관찰되었다. 밀어(Park and Han, 2023a)는 제2등지느러미 및 꼬리지느러미 기조 윗부분, 후두부에서 몸통 정중앙을 따라 불규칙적으로 흑색소포가 산재해 있었고, 미병부와 꼬리지느러미 기조 시작점에서도 관찰되어 종마다 후기자어 시기 흑색소포 분포위치가 다르게 나타나 형태적인 차이를 보였다(Table 2).

민물검정망둑, 검정망둑, 밀어, 날망둑은 꼭저구와 같은 동해안 유입하천에 분포하는 종으로 이들의 후기자어 시기 흑색소포 분포 위치 등 형태적 차이점은 자치어 시기 종 동정을 위한 기초 자료가 될 것으로 생각된다.

치어 이행시기와 크기는 꼭저구 부화 후 30일째 전장 18.4 mm로 같은 망둑어과 어류인 민물검정망둑 부화 후 50일째 전장 8.48 mm (Park and Han, 2023b), 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), 밀어 부화 후 40일째 전장 18.5 mm (Park and Han, 2023a), 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 Han, 1991), 꼬마망둑 부화 후 14~26일째 전장 8.1~14.7 mm (Shigaki and Dotsu, 1974), 날망둑 전장 18.3 mm (Dotu, 1954), 말뚝망둑어 부화 후 45일째 전장 14.0 mm (Kobayashi *et al.*, 1972), 문절망둑 전장 18.1 mm (Dotu and Mito, 1955)로 이행시기는 꼬마망둑보다 느렸고, 이외 비교한 종들 가운데 꼭저구가 가장 빨랐다. 크기는 밀어, 날망둑과 유사하였고, 이외 비교한 종 가운데 꼭저구가 가장 컸다.

본 연구를 종합한 결과 꼭저구의 초기생활사 특징에서 난 크기는 같은 속의 날망둑보다 컸고, 난발생 과정 중 배체의 중반부부터 흑색소포가 발달하여 다른 종들과 차이를 보였다. 부화 직후 자어 크기는 날망둑(Dotu, 1954)과 문절망둑(Dotu and Mito, 1955)보다 작았으며, 후기자어기의 흑색소포 분포 위치는 꼬리 끝 미병부 일부를 제외하고 등지느러미 시작점까지 후반부 몸 전체에 침착한 점, 주둥이 끝부분을 따라 척추 아래쪽 절반이 몸 전체에 분포하는 점에서 비교한 망둑어과 어류들과 후기자어 시기 형태적으로 구분할 수 있는 특징을 나타냈다. 우리나라 전 연안역, 하천, 기수역에는 다양한 종류의 망둑어류가 서식하고 있으며, 특히 형태가 유사한 검정꼭저구, 무늬꼭저구 등에 대한 연

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	Reference
<i>Gymnogobius 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	Present study
<i>G. breunigii</i>	4.10 \times 1.30	7.8	7.5	9.7	15.2	18.3	Dotu, 1954
<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 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. 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. 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>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>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>Inu 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>Gymnogobius urotaenia</i>	7.81	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	Present study
<i>G. breunigii</i>	15.20	+	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+	Dotu, 1954
<i>Acanthogobius flavimanus</i>	16.10	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	Dotu and Mito, 1955
<i>Rhinogobius brunneus</i>	11.80	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Park and Han, 2023a
<i>Tridentiger trigonocephalus</i>	7.47	-	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	Kim and Han, 1990
<i>T. brevispinis</i>	6.04	-	+	-	+	-	-	+	+	+	+	+	Park and Han, 2023b
<i>T. obsurus</i>	9.10	-	+	-	+	-	-	+	+	+	+	+	Hwang et al., 2006
<i>Favonigobius gymnauchen</i>	6.21	-	+	-	+	-	-	+	+	+	+	+	Jin et al., 2003
<i>Mugilogobius abei</i>	7.00	-	+	-	+	-	-	+	+	+	+	+	Kim and Han, 1991
<i>Periophthalmus modestus</i>	6.20	-	+	-	+	-	-	+	+	+	+	+	Kobayashi et al., 1972
<i>Luciogobius grandis</i>	9.52	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Yun et al., 2008
<i>L. guttatus</i>	6.60	-	+	-	+	-	-	+	+	+	+	+	Kim et al., 1992

Present: +; absent: -

구는 없기 때문에 향후 이들에 대한 초기생활사, 산란생태 등을 규명하기 위한 지속적인 연구가 필요하다.

요 약

본 연구에서는 동해안 유입천인 황보천에 서식하는 꼭저구의 초기생활사를 규명하고 관찰한 결과를 같은 망둑어과 어류들과 차이점을 비교하였다. 2022년과 2023년 5월 2회에 걸쳐 황보천에서 바위 아래 산란된 수정란과 어미를 포획하였다. 산란량은 827~1,540개였고, 난은 장타원형으로 크기는 3.21×1.07 mm였다. 연구실에서 관찰된 난발생 단계는 16세포기였고, 이후 193시간부터 부화가 시작되었다. 사육 수온 범위는 18.8~19.3°C였다. 부화 직후 난황자어는 전장 3.84~4.33 (평균 4.10±0.17, n=30) mm로 난황을 갖고 있었고, 항문은 열려 있지 않았다. 부화 6일째에는 전장 5.32~6.11 (평균 5.67±0.25, n=30) mm로 난황을 모두 흡수하여 전기자어기로 이행하였고, 먹이를 섭취하였으며, 꼬리지느러미에 기조가 발달하였다. 부화 후 15일째에는 전장 7.33~8.52 (평균 7.81±0.46, n=30) mm로 척색 말단 끝부분이 45°로 완전히 휘어져 후기자어기로 이행하였고, 몸 전체에는 흑색소포가 발달하였다. 부화 후 38일째에는 전장 22.1~26.1 (23.8±1.36, n=30) mm로 지느러미 기조 수는 제1등지느러미 6개, 제2등지느러미 11개, 뒷지느러미 11개, 배지느러미 12개로 모든 지느러미 기조 수가 정수가 되어 치어기로 이행하였다. 연구 결과 후기자어의 흑색소포는 몸통 절반과 꼬리 쪽 몸 전체 분포하는 점에서 다른 망둑어과 어류 후기자어들과 형태적인 구분이 가능하였다.

REFERENCES

Chae, B.S., H.B. Song and J.Y. Park. 2019. A field guide to the freshwater 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.

Fujimura, K. and N. Okada. 2007. Development of the embryo, larva and early juvenile of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*

- (Pisces: Cichlidae). Developmental staging system. *Dev. Growth Differ.*, 49: 301-324.
- 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.
- 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., 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. Kwak, S.Y. Kim and H.Y. Song. 2021. Morphological development of egg and larvae of *Squalidus japonicus coreanus* (Gobioninae). *Korean J. Ichthyol.*, 33: 252-261.
- Kim, K.R., Y.H. Kwak, M.S. Sung, H. Yang, S.J. Cho, B.H. Yun and I.C. Bang. 2023. Embryonic and larval development of slender catfish, *Silurus microdorsalis* Mori. *Korean J. Ichthyol.*, 35: 91-100.
- Kim, S. and C.I. Zhang. 1994. Fish ecology. Seoul Press, Seoul, Korea, pp. 59-161.
- 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, Y.J. 2010. Taxonomic review of the genus *Gymnogobius* (Pisces, Gobiidae) from Korea. *Korean J. Ichthyol.*, 22: 65-77.
- 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.
- Nakabo, T. 2002. Fishes of Japan with pictorial keys to the species second edition. Tokai Univ. Press, Tokyo, 59pp.
- 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.
- Shiogaki, M. and Y. Dotsu. 1974. The life history of the gobiid fish, *Inu koma*. *Bull. Fish. Inst. Nagasaki Univ.*, 38: 65-70.
- 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.
- Ware, D.M. 1975. Relation between egg size, growth, and natural mortality of larval fish. *J. Fish. Res. Board Can.*, 32: 2503-2512.