

민물검정망둑 *Tridentiger brevispinis*의 난발생 및 자치어 형태발달

박재민 · 한경호^{1,*}

경상북도 토속어류산업화센터, ¹전남대학교 수산과학과

Morphological Development of Eggs, Larvae and Juveniles of Trident Goby, *Tridentiger brevispinis* (Pisces: Gobiidae) 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 aimed to examine the early life history of Trident goby (*Tridentiger brevispinis*) by observing their egg development and juvenile fish morphology. The average size of mature eggs was 1.13~1.41 (1.30±0.07) mm (n=30), and 0.70~0.86 (0.79±0.04) mm (n=30) in long diameter and short diameter, respectively. The incubation period at 24±1°C ranged from 167~228 h. The newly hatched larvae measured 2.31~2.78 (2.51±0.18) mm (n=30) in total length (TL), and their mouth and anus were not yet open. At 3 days after hatching, the preflexion larvae reached 2.84~3.10 (2.98±0.10) mm in TL, where in their yolk absorption was complete and their mouths began to open. At 19 days after hatching, the larvae reached the flexion stage, measuring 4.02~4.62 (4.36±0.19) mm in TL. The tip of their notochord was bent upward. At 30 days post-hatching, the larvae reached the postflexion stage, measuring between 5.04~6.36 (5.76±0.51) mm in TL, with the tip of the caudal fin bent at 45°. After 54 days, the larvae had reached the juvenile stage, measuring between 7.43~9.84 (8.48±0.90) mm in TL, and were differentiated by their constant number of fins (6 first dorsal, 12 second dorsal, 11 anal, and 10 ventral fins). This study found that *T. brevispinis* had larger fertilized eggs and a greater number of myotomes in hatching larva than similar species. Additionally, the distribution of melanophores in *T. brevispinis* was distinct from that in other similar species, making it easy to distinguish them morphologically.

Key words: Egg development, Gobiidae, juvenile, larva, *Tridentiger brevispinis*

서 론

어류의 초기생활사 연구는 어류가 수정란에서부터 성장하는 기간 동안 겪는 각각의 고유 형질들의 발달과 성장도 등의 다양한 분류, 생태학적 지식 등을 제공하며 이를 토대로 종의 보존과 보호, 증식뿐만 아니라 시험어류 등 다양한 연구에 기여하게 된다(Song and Choi, 2000). 또한 초기생활사 연구에서 과·속 등의 분류군으로 종을 동정하는 것은 매우 중요한 형질로 이용된다(Okiyama, 1979).

망둑어목(Gobiiformes) 망둑어과(Gobiidae) 어류는 전 세계 189속 1,359종이 보고되었고(Nelson *et al.*, 2016), 망둑어과 어류는 농어목(Perciformes)에 포함되어 있었으나 Nelson *et al.* (2016)은 망둑어목으로 새롭게 분류체계를 적용하였으며, 이에 따라 Chae *et al.* (2019)은 국내 기수역과 담수에 서식하는 망둑어과 어류를 19속 39종으로 보고하였다.

우리나라에 분포하는 망둑어목 망둑어과 검정망둑속(*Tridentiger*) 어류는 아작망둑 *Tridentiger barbatus*, 황줄망둑 *T. nudicervicus*, 민물두줄망둑 *T. bifasciatus*, 두줄망둑 *T. trigonocephalus*, 검정망둑 *T. obscurus*, 민물검정망둑 *T. brevispinis* 6종으로 민물검정망둑은 우리나라 제주도를 제외한 대부분의 담수역에 분포하며, 국외에는 일본에도 분포하는 것으로 알려져 있

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

다(Kim *et al.*, 2005; Chae *et al.*, 2019).

연안과 담수, 기수역 등에 분포하는 소형 저서성 망둑어과 어류는 형태적으로 다양할 뿐만 아니라 종간에도 초기생활사 연구를 통한 난발생, 자치어 형태 특징 비교가 없는 실정이다(Hwang *et al.*, 2006).

망둑어과 어류에 대한 초기생활사 연구는 날망둑 *Chaenogobius castaneus* (Dotu, 1954), 살망둑 *C. heptacanthus* (Dotsu, 1984), 미끈날망둑 *C. laevis* (Kim and Han, 1989), 미끈망둑 *Luciogobius guttatus* (Kim *et al.*, 1992), 꼬마망둑 *L. koma* (Shiogaki and Dotsu, 1974), 큰미끈망둑 *L. grandis* (Yun *et al.*, 2008), 문질망둑 *Acanthogobius flavimanus* (Dotu and Mito, 1955), 모치망둑 *Mugilogobius abei* (Kim and Han, 1991), 점망둑 *Chasmichthys dolichognathus* (Kim, 1975), 두줄망둑(Kim and Han, 1990), 검정망둑(Hwang *et al.*, 2006) 등이 수행되었지만 아직까지 기수와 담수에 서식하는 망둑어과 어류의 초기생활사 연구는 해산 망둑어과 어류에 비해 적은 실정이다.

민물검정망둑은 검정망둑과 형태가 매우 유사하고, 바위아래 알을 1층으로 조밀하게 부착시켜 수컷이 수정란을 보호하는 산란습성을 가진 것으로 알려져 있다(Hwang *et al.*, 2006; Chae *et al.*, 2019). 그러나 지금까지 민물검정망둑에 대한 초기생활사는 연구된바 없어 본 연구에서는 민물검정망둑의 난발생 과정과 자치어 형태발달을 관찰하여 초기생활사 특징을 규명하고 동일 속 근연종들과의 유연관계를 비교하였다.

재료 및 방법

1. 친어확보 및 산란유도

실험에 사용된 친어는 2021년 7월 경상북도 영덕군 남정면 도천리에 위치한 도천저수지로 유입되는 지류에서 족대를 이용해 채집하였고, 연구실로 운반 후 PVC 재질의 사육수조(30×30×30 cm)에서 유수식으로 사육하였다. 암컷은 전장 83.0~95.0 (평균 88.3±0.39) mm (n=10), 수컷은 전장 97.0~103 (99.3±0.26) mm (n=5)였다(Fig. 1). 2개의 수조 내 암수 비율은 수컷 1마리, 암컷 3마리를 수용하였다. 먹이는 냉동장구벌레와 냉동새우를 3회/일 공급하였고, 사육수온은 23.0~25.0°C (24.0±1.0°C)였다. 수조 내부에는 산란유도를 위해 PVC 파이프와 은신처를 넣어주었다.

2. 난발생 및 자치어 형태발달

수정란이 부착된 은신처는 PVC 재질의 사각수조(1×1×1 m)에 수용하여 유수식으로 관리하였고, 수온은 친어사육 수조와 동일하게 유지하였다. 수생균 예방을 위해 이산화염소를 20 ppm/톤당 농도로 2회/일 소독하였다. 2021년 9월 1일 산란상 2개에 산란이 이루어진 수정란을 대상으로 난발생 관찰을 하였고, 수정란은 임의로 30개를 선택하여 실체현미경(JP SMZ800, Nikon, Tokyo, Japan)으로 크기를 0.01 mm까지 측정하였다.



Fig. 1. Adult fish (A: Male; B: Female) of *Tridenter brevispinis*. Scale bars = 1.0 cm (Photograph by Lee, Geonwoo).

자치어 사육은 난황 흡수 직후부터 담수산 로티퍼(*Brachionus calyciflorus*)를 mL당 10~20개체 정도 공급하였고, 부화 후 40 일째부터는 알테미아 부화 유생을 mL당 2~3개체 정도 공급하였으며, 이후에는 초기사료를 공급하였다. 자치어 형태발달은 부화 직후부터 1~5일 간격으로 크기와 외부 형태를 실체현미경으로 관찰 및 사진 촬영하였다. 자치어 단계별 형태구분은 Ji *et al.* (2020)에 따랐다.

결 과

1. 난의 크기 및 특징

산란상에 부착된 민물검정망둑 암컷의 산란량은 1,100~2,250 개(평균 $1,675 \pm 575$ 개, $n=5$)였다. 수정란의 형태는 전구형으로 난의 끝부분에 부착사가 있어 산란상 표면에 부착되어 있는 침성점착란이었으며, 난황에 9~10개의 유구가 있었다(Fig. 2). 수정란($n=30$)의 크기는 장경 $1.13 \sim 1.41$ (1.30 ± 0.07) mm, 단경 $0.70 \sim 0.86$ (0.79 ± 0.04) mm였고, 유구의 크기는 $0.18 \sim 0.23$ (0.20 ± 0.01) mm였다.

2. 난발생 과정

산란행동이 관찰된 시간은 오전 3시로 수컷 1마리와 암컷 2마리의 산란행동이 관찰되었다. 이후 5시간 30분 후 오전 8시 30분경 산란행동이 멈춘 것을 확인한 뒤 산란상에 부착된 수정란의 발생단계는 전체 50% 이상이 64세포기에 달하였다(Fig. 3A). 30분 후에는 128세포기에 달하였고(Fig. 3B), 1시간 30분 후에는 상실기(256세포기)에 달하였으며(Fig. 3C), 2시간 후에



Fig. 2. The egg mass of *Tridentiger brevispinis* spawned at a tile.

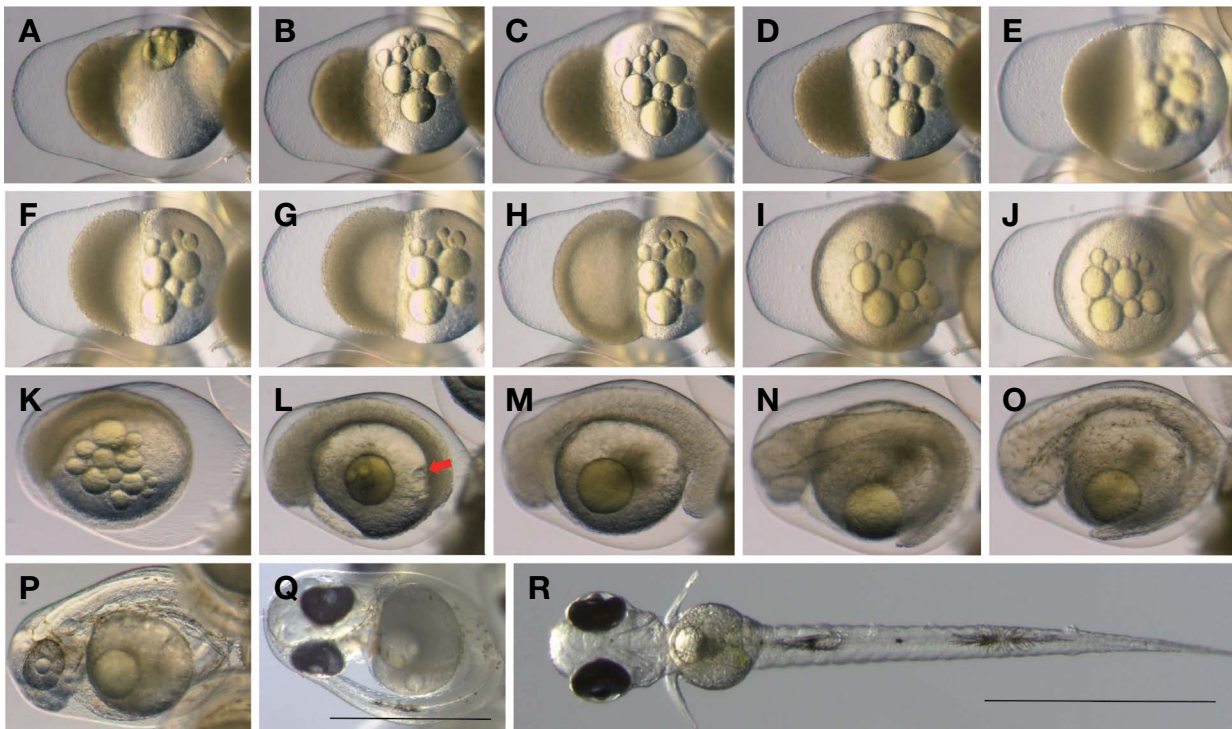


Fig. 3. Egg development stages of *Tridentiger brevispinis*. A: 64 cells; B: 128 cells, 30 mins; C: Morula stage (256 cells), 1 hrs 30 mins; D: Blastula stage, 2 hrs; E: Early gastrula stage (42.8%), 3 hrs 30 mins; F: Gastrula stage (45.4%), 5 hrs 30 mins; G: Middle gastrula stage (53.1%), 6 hrs; H: Gastrula stage (56.2%), 7 hrs; I: Late gastrula stage (81.2%), 9 hrs; J: Closure blastophore, 10 hrs; K: Embryo formation, 12 hrs 30 mins; L: Development of optic vesicle (Red arrow:Kuffer's vesicle), 19 hrs; M: Disappear Kuffer's vesicle, 25 hrs 30 mins; N: Formation of eye lens, 28 hrs 30 mins; O: Appearance of xanthophore, 35 hrs; P: Black pigmentation in eyes, 61 hrs 30 mins; Q: Development of pectoral fin, 99 hrs; R: Hatching start, 162 hrs. Scale bars = 1.00 mm.

는 포배기에 달하였다(Fig. 3D). 3시간 30분 후에는 낭배기(난황크기 대비 42.8%)에 달하였고(Fig. 3E), 5시간 30분 후에는 배반이 난황을 45.4% 정도 덮어 내려왔으며(Fig. 3F), 6시간 후에는 중기낭배기(53.1%)에 달하였다(Fig. 3G). 7시간 후에는 56.2% 정도를 덮어 내려왔고(Fig. 3H), 9시간 후에는 말기낭배기(81.2%)에 달하였다(Fig. 3I). 10시간 후에는 원구가 폐쇄되었고(Fig. 3J), 12시간 30분 후에는 배체가 형성되었다. 이 시기에는 4~5개의 근절이 발달하였다(Fig. 3K). 19시간 후에는 근절 수 4~5개로 머리가 발달하였고 안포가 형성되었으며, Kuffer's vesicle이 형성되었다(Fig. 3L). 25시간 30분 후에는 근절 수 18개로 Kuffer's vesicle이 소실되었으며, 꼬리가 난황과 분리되기 시작하였다(Fig. 3M). 28시간 30분 후에는 근절 수 22개로 배체의 움직임이 활발해졌고, 꼬리가 난황의 중반까지 길어졌으며, 눈에는 렌즈가 분화하기 시작하였다(Fig. 3N). 35시간 후에는 근절 수 26개로 몸 전체에 반점 모양의 황색소포가 침착하였다(Fig. 3O). 61시간 30분 후에는 눈에 흑색소포가 침착하였고, 꼬리는 머리 끝부분까지 길게 발달하였다(Fig. 3P). 99시간 후에는 미병부에 흑색소포가 침착하였고, 막으로 된 가슴지느러미가 1쌍 발달하였다. 이 시기의 근절 수는 28개로 증가하였다(Fig.

3Q). 162시간 후에는 부화가 시작되었고(Fig. 3R), 228시간에는 50% 이상 부화가 완료되었으며, 295시간에는 모든 개체의 부화가 완료되었다.

3. 자치어 형태발달

1) 난황자어기(Yolk-sac larvae)

부화 직후 난황자어는 전장 2.31~2.78 mm (평균 2.51±0.18 mm, n=30)로 입과 항문은 완전히 발달되어 있지 않았고, 모든 지느러미는 막으로 되어 있었으며, 아가미 뒤쪽 측면으로는 가슴지느러미가 1쌍 발달되어 있었다. 복부에는 난황과 1개의 유구를 가지고 있었으며, 복부 위쪽에는 부레가 발달되어 있었다. 부레는 전장 대비 6.6%를 차지하였다. 흑색소포의 발달은 소화관 끝부분과 미병부 아래쪽에 침착되어 있었다. 이 시기의 근절 수는 9~10(9개), 18(18개)로 총 27~28개였다(Fig. 4A).

2) 전기자어기(Preflexion larvae)

부화 후 3일째 전기자어는 전장 2.84~3.10 mm (평균 2.98±0.10 mm, n=30)로 난황 흡수가 모두 완료되어 전기자어기로 이

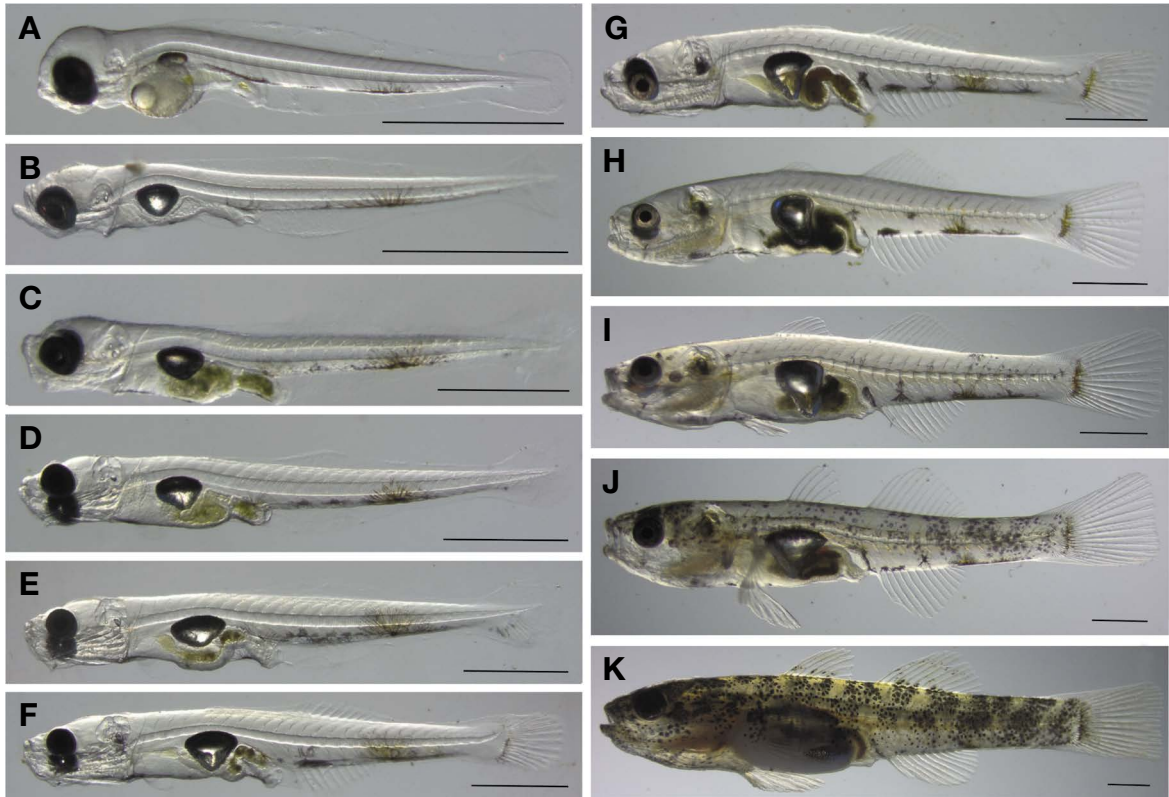


Fig. 4. Morphological development of larvae and juveniles of *Tridentiger brevispinis*. A: Newly hatched larvae, mean 2.51 mm in total length (TL); B: 3 days after hatching (DAH), mean 2.98 mm in TL; C: 10 DAH, mean 3.56 mm in TL; D: 15 DAH, mean 3.83 mm in TL; E: 20 DAH, mean 4.83 mm in TL; F: 25 DAH, mean 4.84 mm in TL; G: 30 DAH, mean 5.76 mm in TL; H: 35 DAH, mean 6.04 mm in TL; I: 40 DAH, mean 6.98 mm in TL; J: 50 DAH, mean 8.48 mm in TL; K: 60 DAH, mean 11.2 mm in TL. Scale bars = 1.00 mm.

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 | Authors |
|---------------------------------|---------------------------------|--|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| <i>Tridentiger brevispinis</i> | 1.30 \times 0.20 | 2.51 \pm 0.18 | 3 days 2.98 \pm 0.10 | 20 days 4.36 \pm 0.19 | 35 days 6.04 \pm 0.46 | 50 days 8.48 \pm 0.90 | Present study |
| <i>T. obsurtus</i> | 0.97 \times 0.66 | 2.83 | 1 days 3.18 | 21 days 6.02 | 38 days 9.10 | 45 days 13.4 | Hwang <i>et al.</i> , 2006 |
| <i>T. trigonocephalus</i> | 1.46 \times 0.61 | 2.96 | 3 days 3.50 | 10 days 5.20 | 20 days 7.47 | 45~50 days 16.3 | Kim and Han, 1990 |
| <i>Rhinogobius brunneus</i> | 1.48 \times 0.65 | 3.22 | 3~4 days 3.60 | 14~15 days 4.85 | 20~22 days 5.85 | – | Han <i>et al.</i> , 1998 |
| <i>Luciogobius grandis</i> | 2.06 \times 0.74 | 3.30 \pm 0.07 | 5 days 4.12 \pm 0.08 | 17 days 5.73 \pm 0.07 | 25 days 9.52 \pm 0.13 | 36 days 12.2 \pm 0.75 | Yun <i>et al.</i> , 2008 |
| <i>L. guttatus</i> | 2.75 \times 0.71 | 3.90 | 3 days 4.95 | 7 days 5.14 | 18 days 6.60 | 38 days 10.0 | Kim <i>et al.</i> , 1992 |
| <i>Favonigobius gymnauchen</i> | 1.50 \times 0.57 | 2.37 | 2 days 3.34 | 10 days 5.15 | 14 days 6.21 | 24 days 8.87 | Jin <i>et al.</i> , 2003 |
| <i>Mugilogobius abei</i> | 0.94 \times 0.44 | 2.04~2.10 | 4 days 2.20~2.35 | 12 days 3.20 | 25 days 7.00 | 33~35 days 10.3 | Kim and Han, 1991 |
| <i>Inu koma</i> | 2.71~2.89 \times 0.65~0.74 | 3.55~3.90 | 4 days 4.02~4.55 | 17 days 6.45 mm | – | 14~26 days 8.1~14.7 mm | Shigaki and Dotsu, 1974 |
| <i>Gymnogobius breunigii</i> | 4.10 \times 1.30 | 7.8 | 7.5 | 9.7 mm | 15.2 mm | 18.3 mm | Dotu, 1954 |
| <i>Periophthalmus modestus</i> | 0.94 \times 0.64 | 2.84 | 4 days 3.2 | 12 days 4.0 mm | 20 days 6.2 mm | 45 days 14.0 mm | Kobayashi <i>et al.</i> , 1972 |
| <i>Acanthogobius flavimanus</i> | 5.00~5.80 \times 0.96 | 4.6~5.0 | 4.9~12.0 | 8.9 mm | 16.1 mm | 18.1 mm | Dotu and Mito, 1955 |

행하였고, 입은 위턱보다 아래턱이 더 길어졌으며, 소화관에는 담수산 로티퍼의 섭취가 확인되었다. 부레의 크기는 더욱 커졌으며, 꼬리지느러미는 부채꼴 모양으로 분화하기 시작하였다(Fig. 4B).

부화 후 9일째 전기자어는 전장 3.50~3.62 mm (평균 3.56 ± 0.04 mm, n = 30)로 소화관 위쪽과 미병부에 침착한 흑색소포는 나뭇가지 모양으로 발달하였고, 황색소포도 함께 침착하였다(Fig. 4C).

부화 후 14일째 전기자어는 전장 3.72~3.94 mm (평균 3.83 ± 0.09 mm, n = 30)로 막으로 된 등지느러미와 뒷지느러미는 분화하기 시작하였다. 소화관과 미병부 사이에는 반점 모양 흑색소포가 2개 침착하였고, 꼬리지느러미 끝의 아래쪽에는 1개의 반점 모양 흑색소포가 침착하였다(Fig. 4D).

3) 중기자어기(Flexion larvae)

부화 후 19일째 중기자어는 전장 4.02~4.62 mm (평균 4.36 ± 0.19 mm, n = 30)로 꼬리지느러미 끝부분이 위쪽으로 휘어지기 시작하면서 중기자어기로 이행하였다. 소화관과 미병부 사이에 침착한 반점 모양의 흑색소포는 8~9개로 발달하였고, 미병부에 침착한 나뭇가지 모양 흑색소포는 꼬리 위쪽까지 분포범위가 넓어졌으며, 꼬리지느러미 기조 위쪽에는 4개의 반점 모양 흑색소포가 발달하였다. 뒷지느러미에는 4개의 기조가 발달하기 시작하였고, 꼬리지느러미에는 11개의 기조가 발달하였다(Fig. 4E).

부화 후 25일째 중기자어는 전장 4.70~5.01 mm (평균 4.84 ± 0.10 mm, n = 30)로 각 부위별 지느러미 기조 수는 등지느러미 12개, 뒷지느러미 11개, 꼬리지느러미 14 (7 + 7)개로 증가하였다. 소화관과 미병부 사이에 침착한 반점 모양 흑색소포는 모두 연결되어 발달하였고, 미병부 2개, 꼬리지느러미 기조 시작부분에는 황색소포가 침착하였다(Fig. 4F).

4) 후기자어기(Postflexion larvae)

부화 후 30일째 후기자어는 전장 5.04~6.36 mm (평균 5.76 ± 0.51 mm, n = 30)로 꼬리지느러미 끝부분의 미부봉상골은 45°로 완전히 휘어지면서 후기자어기로 이행하였다. 제1등지느러미가 분화하기 시작하였고, 배지느러미는 분화하기 시작하였다. 소화관에서 미병부 사이에 연결되어 있던 흑색소포는 3개로 나누어졌으며, 미병부에 침착한 나뭇가지 모양의 흑색소포 범위는 몸통 중앙부분까지 줄어들었다(Fig. 4G).

부화 후 37일째 후기자어는 전장 5.19~6.57 mm (평균 6.04 ± 0.46 mm, n = 30)로 제1등지느러미에는 4개의 기조가 발달하였고, 흑색소포는 소화관 위쪽에 나뭇가지 모양 1개, 소화관과 미병부 사이 3개, 미병부에 나뭇가지 모양 1개로 발달하였으며, 황색소포는 미병부 쪽 척추골 중앙에 침착하였다(Fig. 4H).

부화 후 40일째 후기자어는 전장 6.60~7.42 mm (평균 6.98 ± 0.33 mm, n = 30)로 각 부위별 기조 수는 제1등지느러미 6개, 제

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

| Species | Total length (mm) | Melanophore distribution | | | | | | | | | | | References | | |
|---------------------------------|-------------------|--------------------------|-----------|------------|---------|-----------|-----------|------------|------------|---------|----------|-------------|------------|---|------------------------|
| | | Upper jaw | Lower jaw | Suborbital | Cranium | Opercular | Vertebrae | Dorsal fin | Caudal fin | Ventral | Dorsalis | Caudal part | | | |
| <i>Tridentiger brevispinis</i> | 6.04 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | Present study |
| <i>T. obsurus</i> | 9.10 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | Hwang et al., 2006 |
| <i>T. trigonocephalus</i> | 7.47 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | Kim and Han, 1990 |
| <i>Rhinogobius brunneus</i> | 11.8 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | Han et al., 1998 |
| <i>Luciogobius grandis</i> | 9.52 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | Yun et al., 2008 |
| <i>L. guttatus</i> | 6.60 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | Kim et al., 1992 |
| <i>Favonigobius gymnauchen</i> | 6.21 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | Jin et al., 2003 |
| <i>Mugilogobius abei</i> | 7.00 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | Kim and Han, 1991 |
| <i>Gymnogobius breunigii</i> | 15.2 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | Dotu, 1954 |
| <i>Periophthalmus modestus</i> | 6.2 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | Kobayashi et al., 1972 |
| <i>Acanthogobius flavimanus</i> | 16.1 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | Dotu and Mito, 1955 |

Present: +, absent: -

2등지느러미 13개로 증가하였고, 미병부 쪽 척추골 중앙 부분에는 반점 모양의 흑색소포가 침착하였고, 미병부 등 쪽과 미부봉 상골 위쪽에는 나뭇가지 모양의 흑색소포가 침착하였다. 머리 부분에는 반점 모양의 흑색소포가 눈 뒤쪽에 1개, 위쪽에 3개 침착하였다. 이 시기에는 바닥에 가라앉은 후 다시 유평하기를 반복하였다(Fig. 4I).

5) 치어기(Juvenile)

부화 후 54일째 치어는 전장 7.43~9.84 mm (평균 8.48±0.90 mm, n=30)로 각 부위별 지느러미 기조 수는 제1등지느러미 6개, 제2등지느러미 12개, 뒷지느러미 11개, 배지느러미 10개로 정수에 달하면서 치어기로 이행하였다. 입과 머리부분, 몸통 부분에 전반적으로 반점 또는 나뭇가지 모양의 흑색소포가 침착하였고, 7~8개의 띠 모양으로 이루어져 있었다(Fig. 4J).

부화 후 63일째 치어는 전장 9.96~12.9 mm (평균 11.2±1.10 mm, n=30)로 제1등지느러미 기조 윗부분에는 반점 모양으로 된 흑색소포가 1열로 침착되었고, 제2등지느러미에는 2열로 침착하였다. 몸 전체에 침착한 흑색소포는 반점 모양으로 발달하였고, 제1과 제2등지느러미, 뒷지느러미 및 꼬리지느러미에는 황색소포가 침착하였다. 각 부위별 지느러미 기조 수는 제1등지느러미 VI개, 제2등지느러미 I 10~12개, 뒷지느러미 I 9~10개, 배지느러미 10개였고, 이 시기에는 완전한 저서생활로 이행하였다(Fig. 4K).

고 찰

민물검정망둑은 담수역과 연안 기수역의 바닥에 크고 작은 바위가 깔려 있는 곳에 서식하고(Frose and Pauly, 2023), 근연종인 검정망둑은 만조 시 기수 지역 20~30 cm 깊이의 큰 돌과 작은 돌, 모래가 있는 곳에 서식하며(Hwang *et al.*, 2006), 두 종의 서식지와 산란 후 수컷이 부화하기까지 수정란을 보호하는 점이 모두 동일하였다. 기수역 및 담수에 서식하는 망둑어과 어류인 두줄망둑(Kim and Han, 1990), 미끈망둑(Kim *et al.*, 1992), 꼬마망둑(Shiogaki and Dotsu, 1974), 큰미끈망둑(Yun *et al.*, 2008), 밀어 *Rhinogobius brunneus* (Han *et al.*, 1998), 모치망둑(Kim and Han, 1991) 등도 유사한 산란습성을 보였으나, 날망둑(Dotu, 1954), 문절망둑(Dotu and Mito, 1955)은 갯벌에 Y자형의 산란소를 만들어 다른 망둑어류들과 차이를 보였다. 이러한 차이점은 속간, 종간에도 산란습성이 다름을 보여주며 특히 서식장소와 밀접한 관계가 있는 것으로 판단된다(Hwang *et al.*, 2006; Yun *et al.*, 2008).

민물검정망둑의 수정란은 타원형으로 끝에는 실처럼 생긴 부착사가 있어 부착기질에 부착되어 있었으며, 수정란의 형태는 검정망둑(Hwang *et al.*, 2006)과 유사하였고, 장경이 긴 타원형인

두줄망둑(Kim and Han, 1990)과 차이가 있었다.

민물검정망둑의 수정란 크기는 장경 1.13~1.41 mm, 단경 0.70~0.86 mm로 검정망둑(Hwang *et al.*, 2006)에 비해 컸고, 두줄망둑(Kim and Han, 1990)보다는 작았다.

수정란의 부화시간은 부화 시작부터 최종 부화 완료까지 133시간의 차이가 있었으며, 이러한 차이는 수조에서 사육 중인 암컷 개체들이 다회 산란을 한 것으로 보여진다. 특이점으로는 수정란의 전체 부화량이 50%를 넘어가면서 부화되지 않고 폐사하는 개체가 관찰되었으며 이러한 현상은 어미의 난질 상태와 수생균 발생 영향이 미치는 것으로 보인다.

민물검정망둑의 부화 소요시간을 추정해보면 수온 23.0~25.0°C(평균 24°C)에서 산란이 확인된 오전 3시경부터 산란행동이 멈춘 오전 8시 30분경까지 총 5시간 30분이 경과하여 부화시간은 167시간에서 부화율 50%에 이르는 228시간까지로 추정된다.

전자에서 언급한 바와 같이 부화 시작과 완료까지 많은 시간 차이를 보였으며, 부화 50%까지 60시간 정도로 많은 차이를 보였다. 이러한 시간 차이는 산란 도중 발생하는 주변 텃세 행동으로 일부 산란이 지연되었거나 암컷 여러 마리가 첫 산란일 이후 다음날에도 산란이 이어진 것으로 보여진다. 향후 정확한 부화 소요시간 파악을 위해서는 산란 이후 발생과정 경과에 따른 난내 배체색깔, 발생정도를 면밀히 파악해야 할 것으로 판단된다.

근연종과 비교한 결과 검정망둑(Hwang *et al.*, 2006)은 수온 18.4~23.2°C에서 첫 부화 시작까지 154시간 40분이 소요되었으며, 두줄망둑(Kim and Han, 1990)은 수온 22.2°C에서 첫 부화 시작까지 158시간으로 민물검정망둑이 가장 많이 소요되었다.

난발생 과정 중 흑색소포 출현시기는 64세포기 이후 61시간 30분 안구에 침착하기 시작하였고, 검정망둑(Hwang *et al.*, 2006)은 수정 후 57시간 50분 꼬리부분에 침착하였으며, 두줄망둑(Kim and Han, 1990)은 수정 후 54시간 눈에 침착하였다. 민물검정망둑과 두줄망둑은 흑색소포가 눈에 우선적으로 발달한 반면, 검정망둑은 꼬리부분에 침착하여 발달 시작 부위에서 차이를 보였다. 또한 민물검정망둑은 흑색소포가 발달하기 전 반점 모양의 황색소포의 발달이 먼저 관찰되었으나 같은 속 어류에서는 기록되어 있지 않아 향후 난발생 과정 중 황색소포 발달 양상에 대한 추가적인 관찰도 필요할 것으로 생각된다. 다른 망둑어과 어류에서는 밀어(Han *et al.*, 1998), 미끈날망둑(Kim and Han, 1989)은 황색소포 형성 후 흑색소포가 침착되어 민물검정망둑과 유사한 발달양상을 보였다.

부화 직후의 자어크기는 전장 2.31~2.78 (2.51±0.18) mm로 검정망둑(Hwang *et al.*, 2006) 전장 2.72~2.87 (2.83±3.07) mm와 유사하였으며, 두줄망둑(Kim and Han, 1990) 2.88~3.14 (2.96±0.13) mm에 비해 다소 작았다.

근연종들과 부화 직후 자어의 흑색소포 발달양상을 비교한 결


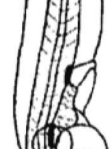

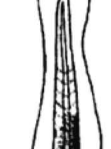


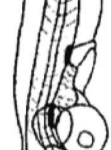



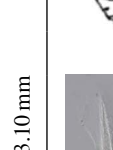




| Stages | <i>Tridentiger brevispinis</i> ¹⁾ | Species | <i>T. trigonocephalus</i> ³⁾ |
|--------------------|---|---|---|
| Yolk-sac larvae |  <p>2.31~2.78 mm</p> |  <p>2.88~3.14 mm</p> |  <p>2.72~2.87 mm</p> |
| Preflexion larvae |  <p>2.84~3.10 mm</p> |  <p>3.26~3.62 mm</p> |  <p>2.96~3.63 mm</p> |
| Flexion larvae |  <p>4.02~4.62 mm</p> |  <p>4.85~5.32 mm</p> |  <p>3.63~4.93 mm</p> |
| Postflexion larvae |  <p>5.04~6.36 mm</p> |  <p>7.15~7.85 mm</p> |  <p>5.32~7.23 mm</p> |
| Juveniles |  <p>7.43~9.84 mm</p> |  <p>15.8~16.9 mm</p> |  <p>11.6~14.3 mm</p> |

Fig. 5. Comparison of larvae and juveniles development in genus *Tridentiger* fishes. ¹⁾Present study, ²⁾Hwang *et al.*, 2006, ³⁾Kim and Han, 1990.

과 민물검정망둑의 부화 직후 자어는 소화관 끝부분과 미병부(꼬리부분) 아래쪽에 나뭇가지 모양으로 침착하였고, 검정망둑(Hwang *et al.*, 2006)의 부화 직후 자어는 난황 표면과 몸통 및 꼬리부분에 나뭇가지 모양으로 침착하였다. 두줄망둑(Kim and Han, 1990)의 부화 직후 자어는 이포 아래와 뒤, 부레 위, 직장 위쪽에 분포하며, 꼬리부분 중앙 가장자리에 나뭇가지 모양으로 밀집되어 있었다. 비교한 근연종들은 미병부에 나뭇가지 모양의 흑색소포가 발달한 점에서 동일한 발달양상을 보였고, 나머지 흑색소포 분포위치는 종마다 부위별로 조금씩 차이를 보였다.

망둑어과 어류의 부화 직후 자어 근절 수는 종간에 뚜렷한 차이를 보여 자치어의 분류형질로서 활용가치가 높을 것으로 보고 있다(Yun *et al.*, 2008). 근절 수는 9~10(10)개, 18(18)개로 총 27~28개였으며, 검정망둑(Hwang *et al.*, 2006) 24~26개(9~10+15~16)로 민물검정망둑보다 적었고, 두줄망둑(Kim and Han, 1990)은 27~28개(10+17~18)로 유사하였다.

후기자어 이행 시기는 부화 후 30일째 전장 5.04~6.36(5.76±0.51) mm로 검정망둑(Hwang *et al.*, 2006) 부화 후 21일째 전장 5.32~7.23(6.02±0.95) mm, 두줄망둑(Kim and Han, 1990) 부화 후 20일째 전장 7.15~7.85(7.47±0.35) mm로 민물검정망둑보다 빠른 시기에 이행하였다.

저서생활 이행 시기는 부화 후 63일째 전장 9.96~12.9(11.2±1.10) mm로 검정망둑(Hwang *et al.*, 2006) 부화 후 35~38일째 평균전장 12.2 mm, 두줄망둑(Kim and Han, 1990) 부화 후 45~50일째 전장 15.8~16.9(16.3±0.55) mm로 민물검정망둑보다 빠른 시기에 이행하였다.

연구 결과 수정란 크기는 민물검정망둑이 근연종 가운데 가장 컸고, 부화 직후 자어 크기는 검정망둑(Hwang *et al.*, 2006)보다 컸으며, 근절 수는 민물검정망둑이 가장 많은 점을 새롭게 확인하였다. 부화 직후 자어는 미병부의 흑색소포가 몸 중앙을 넘지 않았으나 검정망둑(Hwang *et al.*, 2006)은 넘어서 발달하였으며, 두줄망둑(Kim and Han, 1990)은 넘어서지 않고 길게 이어져 형태적으로 종을 구분할 수 있는 중요한 기초자료를 확보할 수 있었다(Fig. 5). 이처럼 망둑어과 어류는 생활방식과 외부 형태적 특징이 다양한 종이 많지만 아직까지 이들의 생태와 초기생활사가 규명되지 않은 종이 많다. 향후 이들이 갖고 있는 다양한 생태학적 특징을 밝히고 자치어 시기의 종 동정을 위한 기초자료 마련을 위해서는 지속적인 연구가 필요하다고 생각된다.

요 약

본 연구는 민물검정망둑의 초기생활사를 규명하고 그 특징을 근연종과 비교하여 분류학적 기초자료를 마련하고자 실시하였다. 수정란은 부착사를 가진 전구형으로 크기는 장경 1.30 mm, 단경 0.79 mm였다. 난발생은 수온 23.0~25.0°C에서 부화

까지 167~228시간이 소요되었다. 부화 직후 난황자어는 전장 2.31~2.78 mm였고, 난황과 유구를 가지고 있었다. 부화 후 3일째는 전장 2.84~3.10 mm로 난황흡수가 완료되면서 전기자어로 이행하였다. 부화 후 19일째는 전장 4.02~4.62 mm로 꼬리지느러미 끝이 위쪽으로 휘어지면서 중기자어로 이행하였다. 부화 후 30일째는 전장 5.04~6.36 mm로 척추 끝 미부봉상골이 45°로 휘어지면서 후기자어로 이행하였다. 부화 후 54일째는 전장 7.43~9.84 mm로 기초 수가 각 부위별 지느러미 기초 수는 제1등지느러미 6개, 제2등지느러미 12개, 뒷지느러미 11개, 배지느러미 10개로 정수에 달하면서 치어기로 이행하였다. 연구결과 민물검정망둑은 검정망둑속 가운데 수정란이 크고 부화자어의 근절 수가 많은 것을 새롭게 확인하였고, 흑색소포 분포위치는 검정망둑속 어류들과 다르게 나타나 형태적으로 쉽게 구분할 수 있었다.

사 사

본 연구에 사용된 친어의 사진촬영에 도움을 주신 '한국의 물고기' 이진우 매니저님께 감사의 말씀을 드립니다.

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. 245-249.
- 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*. Jap. 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). Jap. Ichthyol., 4: 153-161.
- Froese, R. and D. Pauly. 2023. Fishbase. World wide web electronic publication. Available from: <http://www.fishbase.org/> (accessed 18 Jan 2023).
- 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 gymnachen* (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, 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. 1989. Early life history of the marine animals. 1. Egg development, larvae and juveniles of *Chaenogobius laevis* (Steindachner) Bull Kor. Fish. Soc., 22: 317-331.
- Kim, Y.U. and K.H. Han. 1990. Early life history and spawning behavior of the gobiid fish, *Tridentiger trionocephalus* (Gill) reared in the laboratory. Kor. 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. Kor. 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. Kor. 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.
- 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.
- Okiyama, M. 1979. Manuals for the larval fish taxonomy (2). General aspects of larval characters that aid identification. Aquabiol., 2: 53-59.
- Shiogaki, 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.