

위천에 서식하는 피라미 (*Zacco platypus*)의 난 발생 및 초기생활사

박재민 · 한경호^{1,*}

경상북도 토속어류산업화센터, ¹전남대학교 해양기술학부

Eggs Development and Early Life History of Pale Chub, *Zacco platypus* from Wicheon by Jae-Min Park and Kyeong Ho Han^{1,*} (Gyeongsangbuk-Do Native Fish Business Center, Uiseong 37366, Republic of Korea; ¹Marine Technology Undergraduate, Chonnam National University, Yeosu 59626, Republic of Korea)

ABSTRACT The egg and larval development of pale chub, *Zacco platypus* were determined by observation of laboratory reared larvae from hatching. The experimental adult fish were collected in Wicheon of Nakdong river in June 2016, The eggs and larvae were reared in the experimental tanks, and observed their morphological change. The egg diameter ranged from 1.68 to 1.78 mm (mean±SD, 1.73±0.07 mm, n=30). The eggs were hatch 70 hours after fertilization. The total length (TL) of the newly hatched larvae ranged from 5.39 to 5.42 mm (5.40±0.02 mm, n=10). On the 8 days after hatching, 10 fin rays were formed in caudal fin at 7.89~7.93 mm TL (7.91±0.02 mm, n=10). On the 44 days after hatching, the juveniles ranged from 16.1~16.5 mm TL (16.3±0.28 mm, n=10).

Key words: Egg development, juvenile, larvae, pale chub, *Zacco platypus*

서 론

어류는 배 발생 및 초기 성장 과정에서 중 고유 형질의 정보를 보여주기 때문에 어류의 초기 발생 연구는 어류의 종 보존과 복원을 위한 종묘생산 기술을 확보하는 등에 널리 활용된다(Song and Choi, 2000).

피라미 (*Zacco platypus*)는 잉어목(Cypriniformes) 피라미아과(Danioninae)에 속하는 어류로 피라미속(*Zacco*) 어류는 세계적으로 7종이 알려져 있고, 우리나라를 비롯한 중국, 대만 및 일본 등 동북아시아에 주로 분포한다(Kim *et al.*, 2005; Kim and Park, 2007; Lee *et al.*, 2013). 우리나라에 서식하는 피라미아과 어류는 피라미를 비롯한 왜몰개(*Aphyocypris chinensis*), 꼬리(*Opsariichthys uncirostris amurensis*), 눈볼개(*Squaliobarbus curriculus*), 갈겨니(*Z. temminckii*) 및 참갈겨니(*Z. koreanus*) 등 4속 6종이 서식하고 있다(Kim *et al.*, 2005).

피라미에 대한 연구로는 Uchida(1939)가 혼인색 및 형태를 비롯하여 분포 및 생태에 대해서 보고하였고, 이후 종묘생산

(Nam *et al.*, 1999), 생식생태(Baek *et al.*, 2006), 분자계통(Oh and Park, 2009) 및 개체군 특징(Choi *et al.*, 2011) 등 다양한 연구가 이루어져 왔다.

최근 한반도에는 피라미의 체색과 체형이 지리적 변이에 따라 R형과 B형 두 가지 Type으로 나누어지는 것으로 밝혀졌으며, R형은 대부분 전국에 걸쳐 분포하는 것으로 알려져 있고, B형은 동남부 지역인 낙동강, 형산강, 태화강, 회야강, 수영강 및 진전천 등 분포역이 좁은 편이다(Yoon *et al.*, 2012). 이와 같이 체색과 형태 변이가 다양한 종을 구분하거나 유연관계를 연구하는 데 있어 초기생활사의 연구는 매우 유용하고, 근연종들과의 분류학적인 유연관계를 밝히는 데 중요한 기초자료를 제공하게 된다(Blaxter, 1974; Balon, 1985). 국내뿐만 아니라 형태 및 유전적 특징에 대한 연구 결과는 중국에 서식하는 피라미를 4가지 형태로 분류하였고, 중국산과 일본산 및 대만산 피라미에 대한 횡대의 패턴, 유전자 분석을 통해 L1형 및 L2형으로 구분하는 등 다양한 변이가 규명되었다(Perdices *et al.*, 2004; Ma *et al.*, 2006). 국내에서는 같은 피라미속 어류인 참갈겨니 *Z. koreanus*와 갈겨니 *Z. temminckii*가 형태적으로 유사하여 2005년까지 갈겨니 1종으로 분류되어 왔고, 일본의 경우 형태 및 발생학적 특성 차이를 근거로 1종으로 분류되어

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

왔던 같겨니가 2종 (*Z. temminckii*, *Z. sieboldii*)인 것으로 확인 되었다(Sado and Kimura, 2002; Lee *et al.*, 2013).

따라서 본 연구에서는 피라미의 난 발생 과정과 자치어 형태 발달 등을 관찰하여 초기발생 과정을 규명하고 같은 피라미속 어류의 발생학적 특징을 비교하여 중간 유연관계를 밝히고자 한다.

재료 및 방법

1. 어미확보 및 종 동정

실험에 사용된 어미는 2016년 6월 낙동강 수계인 경북 의성군 비안면에 위치한 위천(지방 1급 하천) 중류 지역에서 반두와 투망을 이용하여 채집하였다. 어미는 포획 즉시 산소 포장하여 실험실로 운반하였고, 종 동정은 Yoon *et al.* (2012)에 따랐으며, Vernier calipers를 이용하여 전장을 측정하였다.

2. 산란유도

채집한 개체 중 성숙한 암컷을 선별하여 복부압박법을 이용해 채란하였고, 수컷의 정액은 2차 성징인 추성과 혼인색이 뚜렷한 개체를 선별하여 채정하였으며, 습식법으로 인공수정하였다. 부화를 위한 사육관리 수온은 20.0~23.0°C (평균 22.0±1.0°C)였다.

3. 난 발생 및 자치어 형태 발달

수정란은 Petri dish (Ø 10 cm) 7개에 나누어 수용하였고, 수질관리는 1일, 50%씩 환수해주었다. 부화된 자어는 부상하기

직전까지 Petri dish에 수용하였고, 이후 유평하는 시기에 유리사각수조 (60×35×35 cm)에 수용하였으며, 스펀지 여과기를 이용하여 순환여과식으로 사육하였다.

자치어 사육관리 수온은 수정란 사육수온과 동일하였고, 먹이는 난황 흡수가 완료되는 부화 후 8일부터 30일까지 알테미아(*Artemia* sp.의 nauplius) 유생을 공급하였으며, 부화 후 44일까지 초기 미립자 사료를 혼합 공급하였다. 부화 후 56일부터는 배합사료만 공급하였다.

난 발생 과정은 무작위로 30개를 선택하여 Petri dish에 별도 수용하였고, 실체현미경(Nikon SMZ18, Japan)으로 형태적 특징을 관찰하였으며, 현미경에 부착된 디지털 카메라(Nikon Coolpix 995, Japan)를 이용하여 사진촬영하였다. 자치어 형태 발달은 부화 직후부터 56일까지 매일 10마리씩 MS-222 (Tricaine methane sulfonate; Sindel Co., Canada)를 이용해 마취하여 관찰하였고, 각 부위별 길이 측정은 만능투영기(Nikon JP V-12B, Japan)를 이용하였으며, 형태적 특징은 디지털카메라를 이용하여 사진촬영 및 관찰하였다.

결 과

1. 종 동정

채집한 피라미의 수컷은 전장 13.3~13.8 cm (평균±SD, 13.5±0.35 cm, n=3), 암컷은 전장 11.6~12.5 cm (12.0±0.63 cm, n=3)로 Yoon *et al.* (2012)이 제시한 검색표에 따라 상안부 붉은색 반문이 있고, 주둥이 끝이 붉은색이며, 암컷의 배지느러미 전단에 붉은 띠가 없는 점 등으로 우리나라 전 하천에 분포하고 있는 R형으로 동정하였다(Fig. 1).

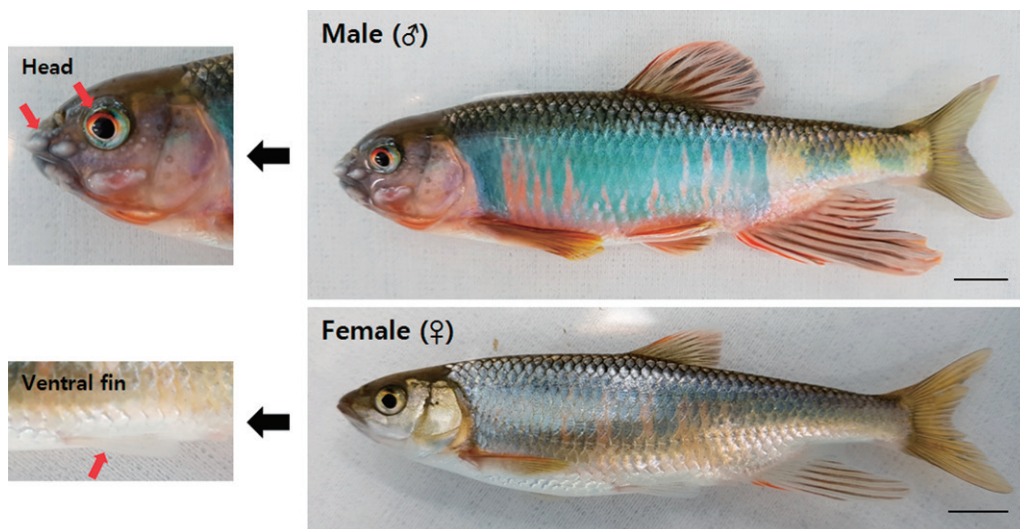


Fig. 1. Adult pale chub, *Zacco platypus* (R type) collected in Wicheon, Nakdong river. Scale bars = 1.0 cm.

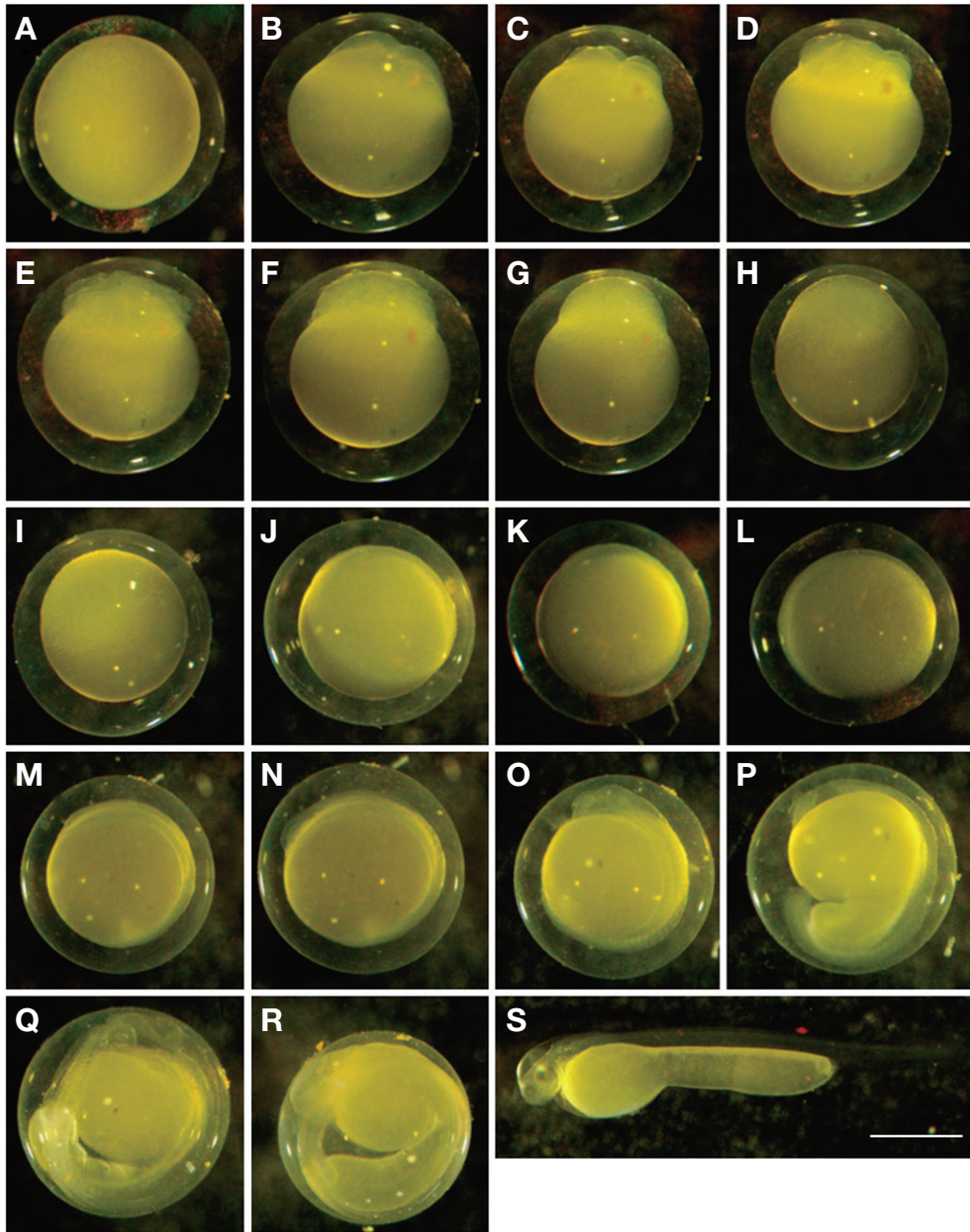


Fig. 2. Egg development of pale chub, *Zacco platypus*. A: Development of blastodisc, 20 mins after fertilization; B: 2 cell stage, 2 hrs after fertilization (HAF); C: 4 cell stage, 2.5 HAF; D: 8 cell stage, 3.5 HAF; E: 16 cell stage, 5 HAF; F: 32 cell stage, 6.5 HAF; G: 64 cell stage, 8 HAF; H: Morula stage, 10 HAF; I: Blastula stage, 11.5 HAF; J: Early gastrula stage 30%, 19.5 HAF; K: Middle gastrula stage 50%, 22.5 HAF; L: Late gastrula stage, 24.5 HAF; M: Development of embryo, 29.5 HAF; N: Formation of head and tail, 39.5 HAF; O: 15 myotomes stage, 46.5 HAF; P: 25 myotomes stage, 54.5 HAF; Q: Heart beating, 60.5 HAF; R: Hatching of before, 64 HAF; S: Hatching, 70 HAF. Scale bar = 1.0 mm.

2. 난의 개수 및 크기

암컷 1마리당 난의 중량은 2.5~3.0 g으로 1 g당 난의 개수는 682개였고, 총 개수는 1,705~2,046개 (평균 $1,875 \pm 241$ 개)였다. 수정란의 형태는 구형으로 약간의 점착성을 가졌고, 난막은 투명한 무색을 띠었으며, 난황은 연녹색을 띠었다. 난의 크기는 1.68~1.78 mm (1.73 ± 0.07 mm, $n = 30$)였다.

3. 난 발생 과정

인공수정한 난은 수정 직후 물을 흡수하기 시작하여 수정 20분 후에 난막과 난황이 분리되었고 동물극에 배반이 형성되었다(Fig. 2A). 수정 후 2시간에는 같은 크기의 배반이 두 개로 나누어지면서 2세포기에 달하였고(Fig. 2B), 수정 후 2시간 30분에는 같은 방식으로 4세포기에 달하였으며(Fig. 2C), 수정 후 3시간 30분에는 8세포기에 달하였다(Fig. 2D). 수정

후 5시간에는 16세포기에 달하였고(Fig. 2E), 수정 후 6시간 30분에는 32세포기에 달하였으며(Fig. 2F), 수정 후 8시간에는 세포의 분열 수가 증가하면서 64세포기에 달하였다(Fig. 2G). 수정 후 10시간에는 세포의 수를 파악할 수 없을 정도로 많이 분열하여 상실기에 달하였다(Fig. 2H). 수정 후 11시간 30분에는 포배기에 달하였고(Fig. 2I), 수정 후 19시간 30분에는 배반엽이 식물극 쪽으로 동물극 상단의 난황을 30% 정도 덮어 내려와 초기 낭배기에 달하였다(Fig. 2J). 수정 후 22시간 30분에는 난황의 50% 이상을 덮어 내려와 중기 낭배기에 달하였고(Fig. 2K), 수정 후 24시간 30분에는 난황의 전체를 덮어 원구가 폐쇄되면서 말기 낭배기에 달하였다(Fig. 2L). 수정 후 29시간 30분에는 배체가 발달하기 시작하였고(Fig. 2M), 수정 후 39시간 30분에는 배체의 머리와 꼬리가 구분될 정도로 발달하였으며, 근절이 6개 형성되었다(Fig. 2N). 수정 후 46시간 30분에는 머리에 안포가 형성되었고, 근절은 15개로 증가하였다(Fig. 2O). 수정 후 54시간 30분에는 꼬리가 발달하면서 막지느러미가 형성되었고, 난황의 형태는 부정형으로 변하면서 꼬리 부분이 난황과 분리되었으며, 배체의 움직임이 관찰되었다. 이 시기의 근절 수는 25개로 증가하였다(Fig. 2P). 수정 후 60시간 30분에는 꼬리 부분이 길게 신장하여 머리 앞쪽까지 위치하였고, 눈에는 렌즈가 분화하였으며, 심장이 형성되면서 심장박동이 관찰되었다(Fig. 2Q). 수정 후 64시간에는 꼬리가 머리를 넘어가면서 부화 직전에 이르렀고(Fig. 2R), 수정 후 70시간에는 꼬리 부분부터 난막을 뚫고 나오면서 부화가 시작되었고(Fig. 2S), 수정 후 84시간에는 전체의 50% 이상이 부화하였으며, 수정 후 104시간에는 전체 부화가 완료되었다.

4. 자치어 형태 발달

부화 직후의 전기 자어는 전장 5.39~5.42 mm (평균±SD, 5.40±0.02 mm, n=10)로 입과 항문은 열려 있지 않았고, 난황이 끝나는 부분부터 머리 뒷부분까지 막지느러미가 형성되어 있었다. 자어는 꼬리 부분을 위 아래로 움직이는 것 외에 유영 능력은 없었다. 이 시기의 근절 수는 40개였다(Fig. 3A).

부화 후 1일째 전기 자어는 전장 6.93~6.96 mm (6.94±0.02 mm, n=10)로 눈에는 흑색소포가 착색하였고, 심장은 붉은색을 띠었다(Fig. 3B). 부화 후 3일째 전기 자어는 전장 7.77~7.80 mm (7.78±0.02 mm, n=10)로 눈 가운데 눈동자가 선명하게 나타났고, 심장과 난황 앞쪽 및 상단부를 비롯하여 미병부까지 나뭇가지 모양의 흑색소포가 침착하였다. 항문은 완전히 열리지 않았으나 입이 형성되어 열려 있었다(Fig. 3C).

부화 후 5일째 전기 자어는 전장 8.19~8.22 mm (8.20±0.02 mm, n=10)로 막으로 된 가슴지느러미가 형성되었고, 머리 상단부와 등 쪽을 비롯하여 꼬리지느러미 쪽에 흑색소포가 침착하였으며, 척색말단은 45°로 휘어지기 시작하였다(Fig. 3D).

부화 후 8일째 후기 자어는 전장 7.89~7.93 mm (7.91±0.02 mm, n=10)로 꼬리지느러미에 10개의 줄기가 형성되었고, 척색말단의 미부봉상골은 완전히 45°로 휘어졌다. 흑색소포는 몸 중앙의 척색을 따라 나뭇가지 모양으로 침착하였다. 부레가 형성되어 수면 표층에서 유영하였고, 난황의 흡수가 모두 완료하였으며, 항문이 열렸다. 이 시기의 자어는 먹이활동을 시작하였고, 입의 개구 운동이 활발하였다(Fig. 3E).

부화 후 12일째 후기 자어는 전장 8.95~9.01 mm (8.98±0.04 mm, n=10)로 난황을 중심으로 막지느러미가 나누어졌고, 등지느러미는 분화하기 시작하였으며, 꼬리지느러미는 줄기가 22개로 증가하였다(Fig. 3F).

부화 후 19일째 후기 자어는 전장 11.0~11.4 mm (11.2±0.28 mm, n=10)로 이 시기에는 꼬리지느러미, 배지느러미를 제외한 각 부위별 지느러미가 분화하면서 줄기가 형성되기 시작하였다. 막으로 되어 있던 지느러미는 모두 분리되었고, 등지느러미에는 7개, 뒷지느러미 7개의 줄기가 형성되었으며, 꼬리지느러미는 26개로 증가하였다. 배지느러미는 작은 원형의 막지느러미로 되어 있었다(Fig. 3G).

부화 후 24일째 후기 자어는 전장 11.9~12.2 mm (12.0±0.21 mm, n=10)로 꼬리지느러미 줄기에 흑색소포가 침착하였고, 각 부위별 지느러미 줄기 수는 뒷지느러미 9개로 증가하였으며, 배지느러미에는 4개가 형성되었다(Fig. 3H).

부화 후 30일째 후기 자어는 전장 15.0~15.4 mm (15.2±0.28 mm, n=10)로 흑색소포는 등지느러미 줄기, 입 주변과 아가미 뚜껑 윗부분, 등 쪽에 침착하였고, 각 부위별 지느러미 줄기 수는 등지느러미 10개, 뒷지느러미 10개로 증가하였다. 꼬리지느러미는 가운데가 V자 형태로 발달하였고, 끝이 뾰족하였다(Fig. 3I).

부화 후 44일째 치어는 전장 16.1~16.5 mm (16.3±0.28 mm, n=10)로 각 부위별 지느러미 줄기 수는 뒷지느러미 13개, 배지느러미가 7개로 증가하면서 지느러미 줄기 수가 정수에 달하였다(Fig. 3J).

부화 후 56일째 치어는 전장 23.4~23.9 mm (23.6±0.35 mm, n=10)로 머리에서부터 꼬리지느러미 시작 부분까지 줄무늬가 선명하게 나타났고, 머리 부분과 몸통 중앙에는 은색의 비늘이 형성되었으며, 표층과 중층을 오가며 유영하였다(Fig. 3K). 부화 후 80일째 치어는 전장 24.8~25.3 mm (25.0±0.35 mm, n=10)로 몸 전체가 은백색을 띠었고, 꼬리지느러미에 침착되었던 흑색소포는 소실되면서 성어의 형태와 유사하였다(Fig. 3L).

5. 자치어 성장

부화 직후의 자어는 평균 전장 5.40±0.02 mm로 난황을 완전히 흡수하고 먹이를 섭취하기 시작하는 부화 후 8일째 평균

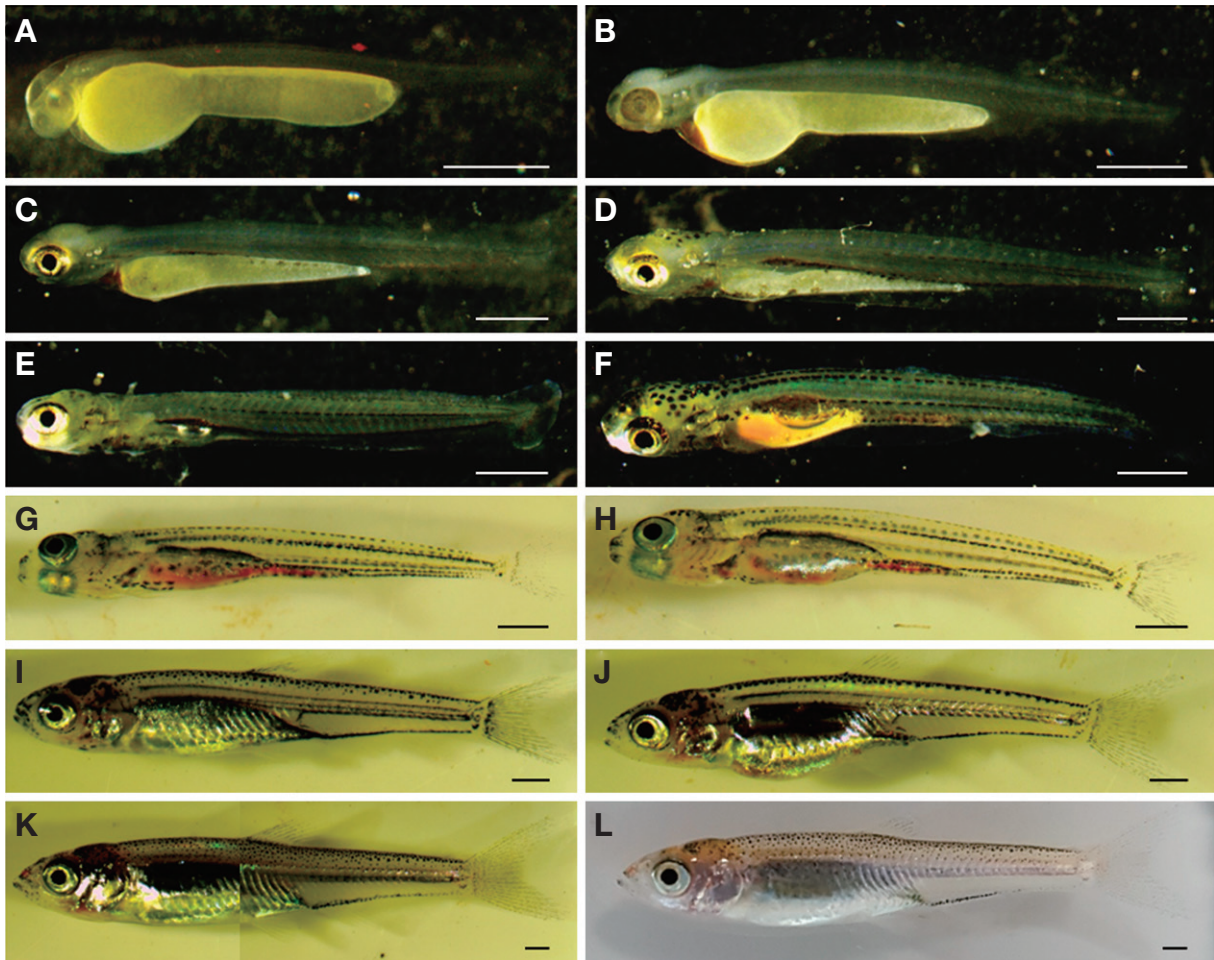


Fig. 3. Preflexion and postflexion larvae and juveniles development of Pale chub, *Zacco platypus*. A: Newly hatched larvae, 5.40 mm in total length (TL); B: 1 days after hatching (DAH), 6.94 mm TL; C: 3 DAH, 7.78 mm TL; D: 5 DAH, 8.20 mm TL; E: 8 DAH, 7.91 mm TL; F: 12 DAH, 8.98 mm TL; G: 19 DAH, 11.2 mm TL; H: 24 DAH, 12.0 mm TL; I: 30 DAH, 15.2 mm TL; J: 44 DAH, 16.3 mm TL; K: 56 DAH, 23.6 mm TL; L: 80 DAH, 25.0 mm TL. Scale bars = 1.0 mm.

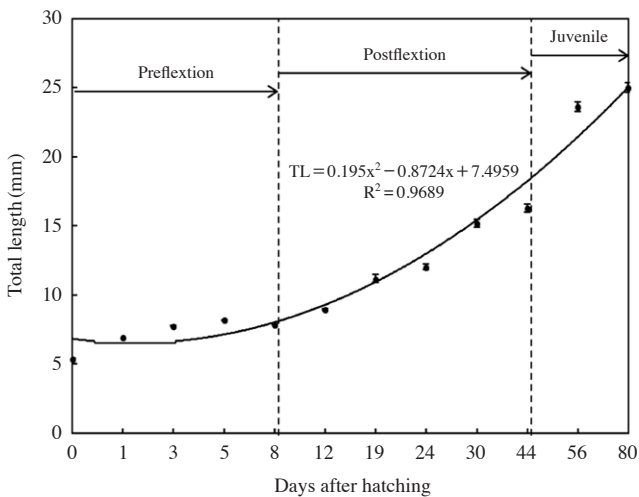


Fig. 4. Early growth of Pale chub, *Zacco platypus* larvae and juveniles after hatching.

전장 7.91±0.02 mm 일 때까지 다소 완만한 성장을 보였다. 부화 후 19일째 평균 전장 11.2±0.28 mm 일 때 빠른 성장을 나타내기 시작하여 치어기로 이행하는 시기인 부화 후 44일째 평균 전장 16.3±0.28 mm부터 보다 빠른 성장을 보였으며, 부화 후 56일째 평균 전장 23.6±0.35 mm부터는 다시 완만한 성장을 보였다(Fig. 4).

고찰

낙동강 수계인 위천에서 포획한 피라미(R형) 암컷 1마리의 채란량은 1,875±241개(n=3)였고, 북한강 2차 지류하천인 가평천에서 포획한 피라미(Nam *et al.*, 1999)는 1,879~2,255개였으며, 난의 수는 같은 종이지만 개체마다 차이가 있는 것으로 판단된다. 같은 피라미아과에 속하는 참갈겨니 *Z. koreanus*

Table 1. Comparison characters of the eggs and larvae characters in the species Danioninae

Species	Egg size (mm)	Time of hatching (water temp.)	Hatched larvae size (mm)	Postflexion larvae size (mm)	Juveniles size (mm)	Authors
<i>Zacco platypus</i>	1.68~1.78 (1.73±0.07)	70 hr (22.0°C)	5.39~5.42 (5.40±0.02)	7.89~7.93 (7.91±0.02)	16.1~16.5 (16.3±0.28)	Present study
	—	68 hr (20°C) 40 hr (26°C) 30 hr (32°C)	6.92	—	—	Nam <i>et al.</i> (1999)
<i>Zacco koreanus</i>	3.09	68 hr (20.0~23.0°C)	10.3±0.4	15.2~17.0	17.0	Lee <i>et al.</i> (2013)
<i>Zacco temminckii</i> (in Japan)	2.02	46 hr (24.5~27.8°C)	5.05	8.2~17.0	17.0	Sado and Kimura (2002)
<i>Zacco sieboldii</i> (in Japan)	1.67	46 hr (24.0~27.6°C)	4.12	6.6~13.0	13.0	

(Lee *et al.*, 2013)는 383개, 일본산 갈겨니 *Z. temminckii* (Nakamura, 1969)는 6,250개로 차이를 보였다.

피라미의 수정란의 형태는 구형으로 난막은 투명한 무색을 띠었으며, 난황은 연녹색을 띠었다. 난의 크기는 1.68~1.78 mm (평균 1.73±0.07 mm)였다. 가평천 피라미 (Nam *et al.*, 1999)의 난 크기는 1.6 mm로 위천의 피라미보다 난의 크기가 작아 같은 종간에도 지역 간의 차이가 있는지 향후 연구가 필요할 것으로 생각된다.

같은 피라미아과에 속하는 참갈겨니 (Lee *et al.*, 2013)의 수정란 크기는 3.09 mm, 일본산 갈겨니 *Z. temminckii*는 2.02 mm로 보다 컸고, 일본산 갈겨니 *Z. sieboldii*는 1.67 mm로 피라미와 유사하였다.

부화 직후 자어의 전장은 피라미가 5.39~5.42 mm (5.40±0.02 mm)였고, 가평천 피라미 (Nam *et al.*, 1999)는 6.92 mm로 보다 컸다. 같은 피라미아과에 속하는 참갈겨니 (Lee *et al.*, 2013)는 10.3 mm로 컸고, 일본산 갈겨니 *Z. temminckii*는 5.05 mm, *Z. sieboldii* (Sado and Kimura, 2002)는 4.12 mm로 보다 작았다. Lee *et al.* (2013)은 수정란의 크기는 부화 자어의 크기와 직접적으로 비례하여 수정란이 작은 종은 부화 자어의 크기도 작다고 보고하였고, 참갈겨니 (Lee *et al.*, 2013)와 일본산 갈겨니 2종 (Sado and Kimura, 2002)은 수정란과 부화 자어의 크기가 비례하였으나 본 연구 결과 피라미는 가평천 피라미 (Nam *et al.*, 1999)보다 수정란의 크기가 컸으나 부화 자어의 크기는 가평천 피라미에 비해 작아 차이를 보였다. 또한 같은 피라미아과의 일본산 갈겨니 *Z. temminckii* (Sado and Kimura, 2002)의 수정란은 피라미보다 컸으나 부화 자어의 크기는 작아 반비례하여 종간의 수정란 및 부화 자어 크기에서 차이를 보였다.

부화까지 소요되는 시간을 비교한 결과 피라미는 수온 20.0~23.0°C (평균 22.0°C)일 때 70시간이 소요되었고, 가평천 피라미 (Nam *et al.*, 1999)는 수온 20°C에서 68시간, 26°C에서 40시간, 32°C에서 30시간이 소요되어 수온에 따라 부화

시간은 유사하거나 차이를 보였으며, 피라미아과의 참갈겨니 (Lee *et al.*, 2013)는 수온 20.0~23.0°C일 때 68시간 전후로 유사하였고, 일본산 갈겨니 *Z. temminckii*는 24.5~27.8°C일 때 46시간, *Z. sieboldii*는 24.0~27.6°C일 때 46시간이 소요되어 앞서 수정란의 크기와 부화 시간을 비교해볼 때 Sado and Kimura (2002)가 보고한 수정란의 크기가 클수록 부화 시간이 상대적으로 길어지는 결과와 관련 있는 것으로 보인다. 그러나 수온의 범위가 다양하기 때문에 같은 종이라도 부화 시간이 다를 수 있어 향후 종마다 적정 부화 수온 범위에 대한 면밀한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

후기 자어기로 이행하는 시기의 전장을 비교한 결과 피라미는 7.89~7.93 mm (7.91±0.02 mm), 참갈겨니 15.2~17.0 mm, 일본산 갈겨니 *Z. temminckii*는 8.2~17.0 mm, *Z. sieboldii* 6.6~13.0 mm로 종간 크기는 피라미가 가장 작았고, 참갈겨니와 *Z. temminckii*는 유사하거나 컸으며, *Z. sieboldii*는 피라미보다 작거나 컸으나 참갈겨니와 *Z. temminckii*보다는 작았다. 치어기로 이행하는 시기의 전장은 피라미 16.1~16.5 mm (16.3±0.28 mm), 참갈겨니 17.0 mm, *Z. temminckii*가 17.0 mm 이상으로 유사하였지만 *Z. sieboldii*는 13.0 mm 이상으로 차이를 나타냈다 (Table 1).

각 단계별 이행 시기는 먹이, 수온 및 사육조건 등 환경적인 영향을 많이 받을 것으로 사료되며, 면밀한 비교를 위해서는 동일 조건에서 이행시기를 비교할 필요가 있을 것으로 생각된다.

본 연구 결과를 종합해보면 성숙된 난의 체란량은 개체마다 차이가 있었으나 가평천 피라미와 유사하거나 적었다. 수정란의 크기는 가평천의 피라미보다 컸고, 부화 직후 자어의 크기는 작아 난의 크기와 자어의 크기가 반비례하여 수계 간 차이를 보였으며, 향후 면밀한 연구가 필요할 것으로 사료된다. 부화에 소요되는 시간은 가평천 피라미와 유사하였고, 참갈겨니와 일본산 갈겨니 2종은 수온과 부화 시간에 차이가 있었으나 난의 크기와 부화 소요 시간이 비례하였다. 후기 자어 시기

의 크기는 피라미가 비교 종들 중 가장 작았고, 참갈겨니와 *Z. temminckii*는 유사하거나 컸으며, *Z. sieboldii*는 피라미보다 작거나 컸으나 참갈겨니와 *Z. temminckii*보다는 작았다. 치어기는 피라미, 참갈겨니, *Z. temminckii*는 유사하였고, *Z. sieboldii*는 가장 작았다.

이와 같이 발달과정에 따른 전장 크기의 차이가 유연 종들이 서식하는 미세 서식처의 특성이나 생태학적 및 생리학적 연구가 차후 면밀히 진행되어야 할 것으로 보고 있으며, 피라미아과에 속하는 유연 종들의 분류학적 차이점을 규명하기 위해서는 초기생활사 연구를 지속적으로 실시하여 지역 간 수계별 혹은 일본, 중국 등 국외에 분포하는 유연 종들과 수정란, 부화 자어 크기 및 초기 발생과정 중에 나타나는 특징에 대한 비교 연구가 필요할 것으로 생각된다.

요 약

피라미의 수정란을 부화 사육하여 난 발생 및 자치어 형태 발달을 관찰하였다. 실험어는 2016년 6월 낙동강 수계인 위천에서 어미를 포획하여 인공수정 하였다. 난의 크기는 1.68~1.78 mm (평균±SD, 1.73±0.07 mm, n=30)였고, 부화 시간은 70시간이 소요되었다. 부화 직후 자어는 전장 5.39~5.42 mm (5.40±0.02 mm, n=10)였고, 부화 후 8일째 후기 자어는 전장 7.89~7.93 mm (7.91±0.02 mm, n=10)로 꼬리지느러미에 10개의 줄기가 형성되었으며, 부화 후 44일째 치어는 전장 16.1~16.5 mm (16.3±0.28 mm, n=10)로 각 부위별 지느러미 줄기 수가 정수에 달하였다.

REFERENCES

- Baek, H.M., H.B. Song and D.H. Cho. 2006. Reproductive ecology of the pale chub *Zacco platypus* in a tributary to the Han river. Korean J. Ichthyol., 18: 193-201. (in Korean)
- Balon, E.K. 1985. The theory of salutory ontogeny and life history models revisited. pp. 13-28. In: Balon, E.K. (ed.), Early life histories of fishes: New developmental, ecological and evolutionary perspectives. Dr. W. Junk Publishers. Dordrecht, 280pp.
- Blaxter, J.H.S. 1974. The early life history of fish. Spring-Verlag Berlin, Heidelberg, 765pp.
- Choi, J.K., C.R. Jang and H.K. Byeon. 2011. The characteristic of fish fauna by habitat type and population of *Zacco platypus* in the Tan stream. Korean J. Env. Eco., 25: 71-81. (in Korean)
- Kim, I.S., M.K. Oh and K. Hosoya. 2005. A new species of cyprinid fish, *Zacco koreanus* with redescription of *Zacco temminckii* (Cyprinidae) from Korea. Korean J. Ichthyol., 17: 1-7. (in Korean)
- Kim, I.S. and J.Y. Park. 2007. Freshwater fishes of Korea. Kyohak Publishing, Seoul, 467pp. (in Korean)
- 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. 130-132. (in Korean)
- 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. (in Korean)
- Ma, G.C., H.S. Tsao, H.P. Lu and H.T. Yu. 2006. AFLPs congruent with morphological differentiation of Asian common minnow *Zacco* (Pisces: Cyprinidae) in Taiwan. Zoologica Scripta, 35: 341-351.
- Nakamura, M. 1969. Cyprinid fishes of Japan. Spec. Publ. Res. Inst. Nat. Resources No. 4. Shigen Kagaku Kenkyusyo, 455pp.
- Nam, M.M., N.J. Choi, S.W. Kim, K.J. Seok and J.Y. Lee. 1999. Seeding production and rearing of pale chub, *Zacco platypus* (Temminck et Schlegel). J. Aquacul., 12: 25-30. (in Korean)
- Oh, M.K. and J.Y. Park. 2009. A molecular systematics of Korean *Zacco* species inferred from mitochondrial cytochrome b gene sequence. Korean J. Ichthyol., 21: 291-298. (in Korean)
- Perdices, A., C. Cunha and M.M. Coelho. 2004. Phylogenetic structure of *Zacco platypus* (Teleostei, Cyprinidae) populations on the upper and middle Chang Jiang (=Yangtze) drainage inferred from cytochrome b sequences. Mol. Phylogent. Evol., 31: 192-203.
- Sado, T. and S. Kimura. 2002. Descriptive morphology of the eggs, larvae, and juveniles of two cyprinid fishes belonging to the *Zacco temminckii* species' group. Ichthyol. Res., 49: 245-252.
- 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. (in Korean)
- Uchida, K. 1939. The fishes of Tyosen. Part 1. Nematognathi, Eventognathi. Bull. Fish. Exp. Sta. Gav. Gener. Tyosen., 6. 456pp.
- Yoon, H.N., B.S. Chae and Y.S. Bae. 2012. Geographic variation of body color and morphological characteristics of pale chub, *Zacco platypus*. Korean J. Ichthyol., 24: 167-176. (in Korean)