

떡붕어, *Carassius cuvieri* (Cypriniformes: Cyprinidae)의 난발생 및 자치어 형태발달

박재민 · 한경호^{1,*}

경상북도 토속어류산업화센터, ¹전남대학교 수산과학과

Morphological Development of Eggs, Larvae and Juveniles of the *Carassius cuvieri* (Cypriniformes: Cyprinidae) 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 was carried out to clarify the egg, larvae and juveniles development of *Carassius cuvieri* in Nakdong River, Gyeongbuk. The amount of spawning of female *C. cuvieri* was about 30,400~44,900 (average 37,650 ± 7,250). The egg shape was circular and the size was 1.24~1.37 mm (average 1.31 ± 0.04 mm, n=30). At 100 hours after fertilization, more than of the total embryos were hatched. The newly hatched larvae had an 4.69~5.65 mm in total length (average 5.15 ± 0.31 mm, n=10) and had egg yolk in the abdomen. At 3 days after hatching, the preflexion larvae absorbed all egg yolk was 6.27~6.70 mm in total length (average 6.59 ± 0.08 mm, n=10). On the 10 days after hatching, the postflexion larvae were 8.71~8.92 mm in total length (average 8.81 ± 0.07 mm, n=10), and the tip of the caudal fin was bent at 45°. On the 42 days after hatching, the total length of 15.1~16.8 mm (average 15.8 ± 0.57 mm, n=10) was transferred to juvenile as the number of fins was (iii17 dorsal fins, iii4 anal fins) reached a constant number of each part.

Key words: *Carassius cuvieri*, Cypriniformes, egg development, juvenies, larvae

서 론

어류의 초기생활사 연구는 종의 이해와 함께 분류학, 생태학적 지식 등을 얻을 수 있으며, 자원의 보존 및 보호와 증식 등에 이용할 수 있다(Song and Choi, 2000). 또한 어류의 개체 발생은 계통발생을 반복하는 특징을 가지고 있어 종의 특징을 구명하는 것은 물론 유사종과의 분류학적 유연관계를 연구하는데 어류의 초기생활사 연구는 중요한 기초자료로 활용된다(Blaxter, 1974; Balon, 1985; Kim *et al.*, 2014; Ko and Kwon, 2015).

우리나라에 분포하는 잉어아과(Cyprininae) 어류는 2속 3종으로 잉어속(*Cyprinus*)의 잉어, *Cyprinus carpio*와 붕어속

(*Carassius*)의 붕어, *Carassius auratus*, 일본으로부터 유입된 떡붕어, *C. cuvieri*가 있다(Kim *et al.*, 2005).

떡붕어는 잉어과(Cypriniformes) 잉어아과 붕어속에 속하는 담수어류로 일본 오사카의 요도가와강(Yodo River) 및 긴키 지방의 시가현에 위치한 비와호(Biwa Lake)가 원산지이다(Jang, 1996). 국내에는 어업을 목적으로 1970년에 수정란, 1972년에 오사카 담수어 시험장에서 진해내수면연구소로 치어가 이식되었으며, 이후 청평호, 소양호를 비롯해 전국의 하천, 저수지 및 개인 양어가에 분양되면서 전국으로 분포범위가 확대되었다(Jang, 1996; NIER, 2008). 국외에는 대만, 필리핀, 인도네시아, 이디오피아 등에도 이식되었다(Jang, 1996). 최근에는 국내산 붕어와 잡종발생으로 유전자원의 교란이 일어나고 있어 유입과 확산에 주의를 기울이고 있다(NIER, 2008; Chae *et al.*, 2019). 또한 붕어와 떡붕어 중 간 잡종의 형태적 특징 식별이 불분명하여 이들 종의 분류에는 많은 혼란

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

이 있어 연구가 필요하다.

떡붕어에 대한 연구는 분자마커 개발(Song *et al.*, 2007), 계절별 분포(Kunimune *et al.*, 2011), 유전자 분석(Kim *et al.*, 2020), 어류군집에 미치는 영향(Lee *et al.*, 2020) 등이 진행되었다. 한편 잉어아과 어류의 초기생활사 연구는 잉어(Park *et al.*, 2017)와 붕어(Han *et al.*, 2001)를 대상으로 보고되었으나, 떡붕어의 초기생활사 연구는 진행되지 않았다. 따라서 본 연구에서는 우리나라에 서식하는 떡붕어의 난발생 및 자치어 형태발달을 관찰해 그 결과를 같은 잉어아과 어류와 비교 논의하고자 한다.

재료 및 방법

1. 산란유도

실험에 사용된 어미는 2018년 4월 낙동강 본류에서 삼각망을 이용해 포획하였고, 친어는 PVC재질의 사각수조(3.0 × 1.5 × 0.8 m)에서 유수식으로 사육하였다. 수온은 20~22°C(평균 21 ± 1.0°C)를 유지하였고, 산란유도를 위해 어소를 수조에 넣어주었으며, 수온자극은 평균 21°C에서 23°C로 2.0°C 상승시켰다.

2. 난발생 및 자치어 형태발달

수정란은 유수식으로 사육하였고, 수온은 어미 수조의 수온과 동일하게 유지해주었으며, 수조 내 산소공급을 위해 에어레이션을 약하게 해주었다. 난경은 30개를 선택해 만능투영기(JP V-12BM, Nikon, Tokyo, Japan)로 0.01 mm까지 측정하였고, 발생과정은 실체현미경(JP SMZ800, Nikon, Tokyo, Japan)으로 관찰 후 단계별로 스케치하였다.

자치어 사육은 부화 후부터 난황흡수 후까지 먹이공급을 하지 않았고, 초기 먹이는 알테미아(*Artemia* sp. nauplius) 부화유생을 mL당 2~3개체 공급하였으며, 부화 후 42일부터는 초기 미립자사료(300 μm, jeilfeed, Daejeon, Korea)를 소량 공급하였다. 자치어 크기는 10마리를 선택해 마취제(MS-222, Ethyl 3-aminobenzoate methanesul-fonate, Sigma Aldrich Co., St. Louis, USA)로 마취 후 만능투영기를 이용해 0.01 mm까지 측정하였다. 외부 형태발달은 실체현미경으로 관찰 후 스케치하였으며, 자치어 단계별 형태구분은 Kim *et al.*(2011)에 따랐다.

결 과

1. 난의 형태 및 크기

산란에 사용된 어미는 암컷 전장 10.8~15.8 cm(평균 13.5

± 1.72 cm, n = 20), 수컷 전장 10.4~13.0 cm(평균 11.7 ± 0.76 cm, n = 20)였다. 암컷의 산란량은 30,400~44,900개(평균 37,650 ± 7,250개) 정도였다. 난의 형태는 원형으로 백색 불투명하였고, 물체에 부착하는 점착성을 가지고 있었다. 물에 가라앉는 성질을 가진 침성란으로 난경은 1.24~1.37 mm(평균 1.31 ± 0.04 mm, n = 30)였다.

2. 난발생 과정

수정 후 10분에는 물을 흡수하면서 난막이 난황과 분리되었고(Fig. 1A), 수정 후 20분에는 세포질이 동물극으로 응집되면서 배반이 형성되었으며(Fig. 1B), 수정 후 50분에는 배반이 수직으로 이동되면서 2세포기에 달하였다(Fig. 1C). 수정 후 1시간 20분에는 2개의 할구가 나누어지면서 4세포기에 달하였고(Fig. 1D), 수정 후 1시간 50분에는 같은 방식으로 난할이 진행되어 8세포기에 달하였다(Fig. 1E). 수정 후 2시간 20분에는 16세포기에 달하였고(Fig. 1F), 수정 후 2시간 50분에는 32세포기에 달하였다(Fig. 1G). 수정 후 3시간 20분에는 할구의 크기가 작아지면서 그 수가 점차 증가하여 64세포기에 달하였고(Fig. 1H), 수정 후 4시간 20분에는 할구의 수가 셀 수 없이 증가하여 상실기(256세포기)에 달하였다(Fig. 1I). 수정 후 5시간에는 포배기에 달하였고(Fig. 1J), 수정 후 8시간에는 배반이 난황의 1/3을 덮어 내려오면서 초기 낭배기에 달하였다(Fig. 1K). 수정 후 10시간에는 2/3 정도를 덮어 내려와 중기 낭배기에 달하였고, 수정 후 12시간에는 난황의 90%를 덮어 내려와 말기 낭배기에 달하였다(Fig. 1L). 수정 후 14시간 30분에는 난황의 위쪽에 유백색의 배체가 형성되었고(Fig. 1M), 수정 후 18시간 30분에는 머리가 발달하면서 이포가 형성되었으며, 몸통에는 4개의 근절이 형성되었다(Fig. 1N). 수정 후 28시간 30분에는 배체의 움직임이 관찰되었고, 배체에는 안포와 꼬리 말단에는 Kuffer's vesicle이 형성되었으며, 근절의 수는 14개로 증가하였다(Fig. 1O). 수정 후 32시간 30분에는 눈에 색소포가 침착되었고 꼬리는 난황과 분리되었다(Fig. 1P). 수정 후 52시간 30분에는 꼬리가 더욱 길어지면서 머리 윗부분까지 달하였고, 난황의 윗부분과 꼬리 말단부분에 흑색소포가 침착하였으며, Kuffer's vesicle이 소실되었다(Fig. 1Q). 수정 후 77시간 30분에는 눈에 렌즈가 형성되었고, 머리 윗부분과 난황, 몸통 전체에 흑색소포가 침착하였다. 꼬리는 머리 윗부분을 지나 길어졌고, 배체의 움직임은 더욱 활발해졌다(Fig. 1R). 수정 후 100시간에는 난막을 뚫고 나오면서 부화가 시작되었고, 수정 후 110시간에는 모든 개체의 부화가 완료되었다.

3. 자치어 형태발달

부화 직후의 난황자어는 전장 4.69~5.65 mm(평균 5.15 ± 0.31 mm, n = 10)로 입과 항문은 열려있지 않았으며, 수조의

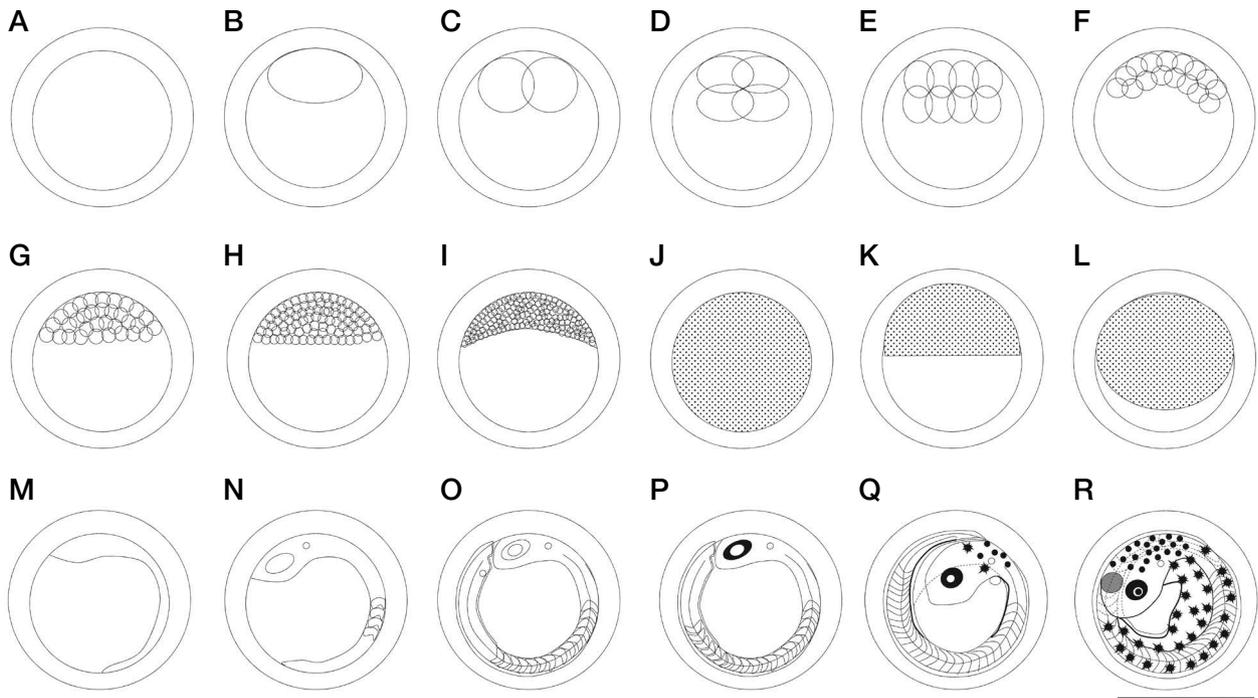


Fig. 1. Egg development of *Carassius cuvieri*. A: fertilized; B: blastodisc; C: 2cells; D: 4cells; E: 8cells; F: 16cells; G: 32cells; H: 64cells; I: morula stage; J: blastula stage; K: gastrula stage 1/3; L: gastrula stage 2/3; M: formation of the embryo; N: 4 myotomes; O: appearance of the Kuffer's vesicle; P: melanophore in eyes; Q: formation of the lens; R: before the hatching. Scale bar = 1.00 mm.

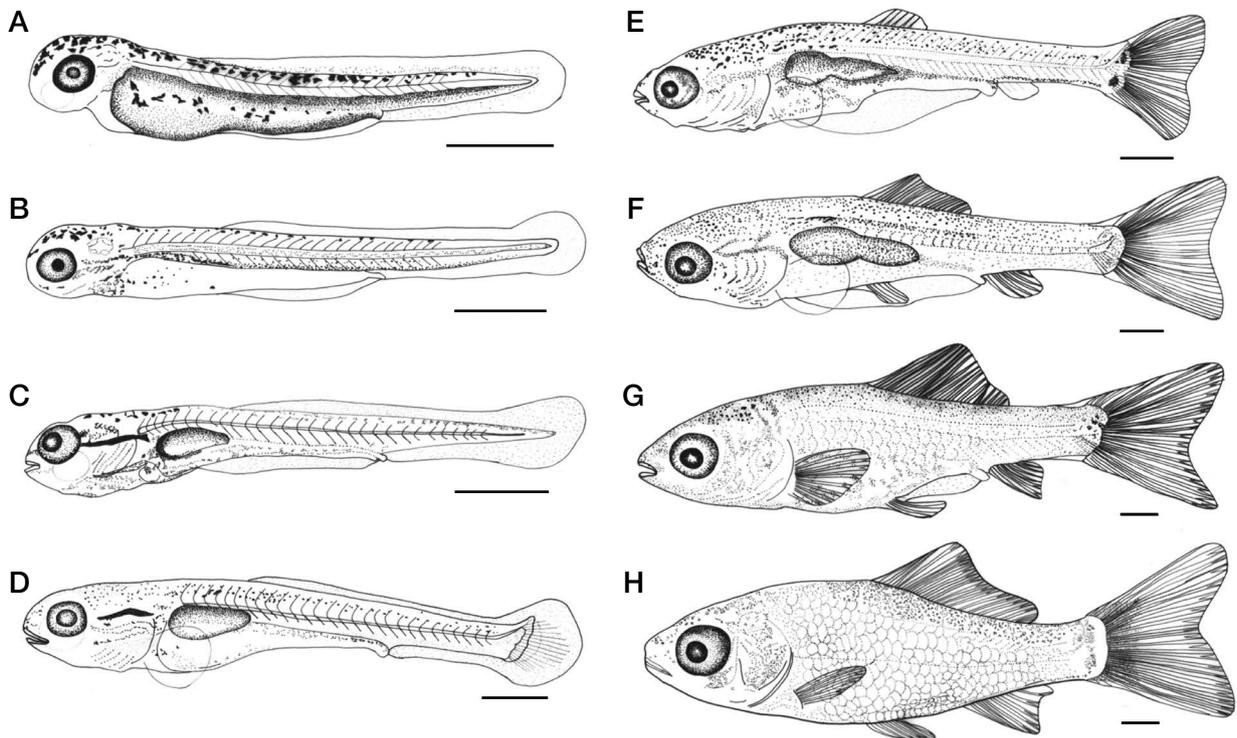


Fig. 2. Larvae and juveniles development of *Carassius cuvieri*. A: Newly hatched larvae, 5.15 mm in total length (TL); B: 1 days after hatching (DAH), 6.27 mm in TL; C: 3 DAH, 6.59 mm in TL; D: 10 DAH, 8.81 mm in TL; E: 18 DAH, 11.0 mm in TL; F: 29 DAH, 13.8 mm in TL; G: 42 DAH, 15.8 mm in TL; H: 98 DAH, 25.0 mm in TL. Scale bars = 1.00 mm.

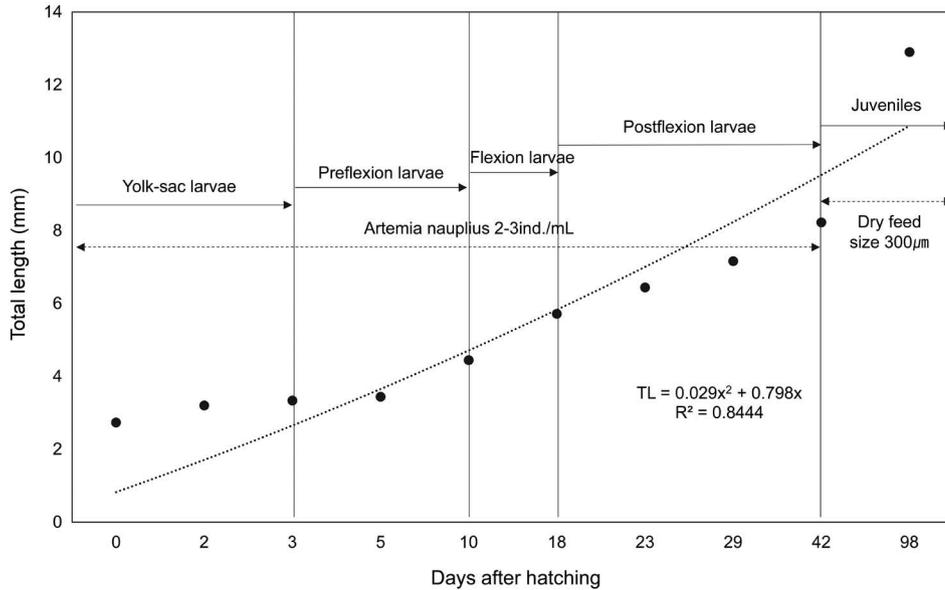


Fig. 3. Growth of larvae and juveniles after hatching in days of *Carassius cuvieri*.

벽면에 붙어 있다 짧은 시간 이동해 다시 붙어 있는 움직임을 반복하였다. 등 쪽에서 시작된 막지느러미는 난황 아래쪽 복부 중간부분까지 이어져 있었다. 나뭇가지 모양의 흑색소포는 머리 윗부분과 등에서 꼬리 쪽까지 침착되어 있었고, 미병부 아래쪽과 난황에도 침착되어 있었다. 근절 수는 27~28개였다 (Fig. 2A).

부화 후 1일째 난황자어는 전장 6.05~6.47 mm (평균 6.27 ± 0.13 mm, n = 10)로 막지느러미는 항문을 기점으로 나누어졌으며, 꼬리지느러미는 부채꼴 모양으로 발달하였다. 등 쪽에 침착된 흑색소포는 그 수가 줄어들었고, 복부와 난황에도 흑색소포가 점차 소실되었다 (Fig. 2B).

부화 후 3일째 전기자어는 전장 6.27~6.70 mm (평균 6.59 ± 0.08 mm, n = 10)로 난황 흡수가 완료되면서 입이 열렸으며, 복부에 부레가 발달하면서 유영하기 시작하였고, 알테미아 유생을 섭취하였다. 흑색소포는 등 쪽과 함께 머리 위쪽에도 점차 소실되었고, 아가미 뚜껑 윗부분으로 세로 줄의 흑색소포가 침착되었다 (Fig. 2C).

부화 후 10일째 중기자어는 전장 8.71~8.92 mm (평균 8.81 ± 0.07 mm, n = 10)로 꼬리지느러미 말단 끝부분은 45°로 휘어졌으며, 18 (10+8)개의 기조가 발달하였다. 아래턱은 위턱보다 길이가 길어졌다 (Fig. 2D).

부화 후 18일째 후기자어는 전장 10.4~11.7 mm (평균 11.0 ± 0.43 mm, n = 10)로 등지느러미와 뒷지느러미는 발달하여 막으로 연결되어 있던 꼬리지느러미와 분리되었으며, 등지느러미에는 9개의 기조가 발달하였다. 부레는 두 갈래로 나누어져 발달하였고, 아래턱의 길이는 위턱과 같아졌다. 꼬리지느러미 기조 수는 19 (10+9)개로 증가하였다 (Fig. 2E).

부화 후 29일째 후기자어는 전장 13.2~14.5 mm (평균 13.8 ± 0.48 mm, n = 10)로 막으로 된 배지느러미에서 기조가 발달하였고, 각 부위별 지느러미 기조 수는 등지느러미 14개, 뒷지느러미 6개로 발달하였다. 머리 윗부분과 등 쪽에 침착되었던 나뭇가지 모양의 흑색소포는 원형의 반점모양으로 변형되었다 (Fig. 2F).

부화 후 42일째 치어는 전장 15.1~16.8 mm (평균 15.8 ± 0.57 mm, n = 10)로 각 부위별 지느러미 기조 수는 등지느러미 iii17개, 배지느러미 i6개, 뒷지느러미 iii4개로 정수에 달하였고, 몸통 정중앙의 측선을 따라 비늘이 발달하기 시작하였다 (Fig. 2G).

부화 후 98일째 치어는 전장 23.8~26.0 mm (평균 25.0 ± 0.79 mm, n = 10)로 배지느러미에 남아 있던 막지느러미는 모두 소실되었고, 몸통의 중앙을 따라 옆줄이 발달하였으며, 몸의 측선을 따라 발달된 비늘은 몸 전체에 발달하였다 (Fig. 2H).

4. 자치어 성장

떡붕어의 성장 단계별 변화는 Fig. 3과 같았다. 평균수는 21.0 ± 1.0°C에서 부화 직후 난황자어는 5.15 ± 0.31 mm부터 난황을 흡수하기 시작해 부화 후 2일째 6.27 ± 0.13 mm 전기자어기 직전까지 빠른 성장을 보이다 부화 후 3일째 6.59 ± 0.08 mm부터 전기자어기에 접어들면서 완만한 성장을 보였다. 부화 후 5일째 3.44 ± 0.04 mm부터 후기자어기 직전까지 빠른 성장을 보였으며, 부화 후 10일째 8.81 ± 0.07 mm부터 중기자어기에 접어들면서 후기자어기를 거쳐 부화 후 42일째 15.8 ±

Table 1. Comparison of egg development, larvae and juveniles characteristic in Cyprininae fishes

Species	Egg diameter (mm)	Time of hatching (*WT)	Newly hatched larvae size (mm)	Postflexion larvae size (mm)	Juveniles size (mm)	Authors
Cyprininae						
<i>Carassius cuvieri</i>	1.24~1.37	100 h (21.0°C)	4.69~5.65	8.71~8.92	15.1~16.8	Present study
<i>Carassius auratus</i>	1.49~1.63	75 h 10 mins (22.4°C)	4.12~4.32	5.22~7.89	13.8~16.3	Han <i>et al.</i> (2001)
<i>Cyprinus carpio</i>	1.75~1.89	70 h 26 mins (20.0°C)	5.23~5.38	9.93~11.2	21.8~22.4	Park <i>et al.</i> (2017)

*WT : water temperature.

0.57 mm 치어기까지 빠른 성장을 보였다. 발달 단계별 소요 일수는 난황자어기 3일, 전기자어기 7일, 중기자어기 9일, 후기자어기는 24일 소요되었다.

고 찰

본 연구는 떡붕어의 초기생활사 과정 중 난발생과 자치어 형태발달을 관찰해 같은 잉어아과 어류와 초기생활사를 비교하였다(Table 1). 떡붕어의 수정란은 점착성이 강하여 산란어소에 알이 부착하였고, 물에 가라앉는 성질을 가졌다. 잉어와 붕어에서도 같은 성질을 보이며, 떡붕어는 잉어, 붕어와 같이 자연 환경에서 수초나 수변식물에 산란해 난발생 과정이 진행되는 것으로 보고되었다(Han *et al.*, 2001; Park *et al.*, 2017). 잉어과 담수어류 가운데 점착성의 알을 산란하는 어류는 참붕어(*Pseudorasbora parva*), 치리(*Hemiculter leucisculus*), 피라미(*Zacco platypus*), 참갈겨니(*Z. koreanus*), 긴물개(*Squalidus gracilis majimae*) 등이 있으며, 수초, 모래, 자갈 등 산란장소가 종마다 다양하며 이러한 산란장소는 알과 부화자어가 포식자로부터 회피가 가능한 운동성을 갖기 전까지 보호받기 위한 수단으로 생각된다(Han *et al.*, 2001; Park *et al.*, 2005; Lee *et al.*, 2013; Park and Han, 2017; Kim *et al.*, 2020).

떡붕어의 난경은 1.24~1.37 mm (평균 1.31 ± 0.04 mm, n=30)였고, 잉어아과의 잉어는 1.75~1.89 mm (평균 1.82 ± 0.06 mm), 붕어는 1.49~1.63 mm (평균 1.57 ± 0.07 mm)로 떡붕어의 난경은 가장 작았다(Han *et al.*, 2001; Park *et al.*, 2017).

수온에 따른 부화 소요시간은 떡붕어 수온 21°C 100시간, 잉어 수온 22°C 70시간, 붕어 수온 20°C 75시간이 소요된 것으로 알려져 있으며, 떡붕어는 가장 많은 부화시간이 소요되었다(Han *et al.*, 2001; Park *et al.*, 2017; Park and Han, 2017).

난발생 과정 중 나타나는 특징으로 Kuffer's vesicle의 형성시기를 비교해보면 떡붕어는 안포가 형성될 때 꼬리에

Kuffer's vesicle이 형성되어 눈에 렌즈가 형성될 때 사라졌다. 이와 같은 양상은 붕어와 동일하였고, 잉어는 안포 형성시기에 Kuffer's vesicle이 형성되어 배체의 꼬리가 분리되면서 Kuffer's vesicle이 사라져 떡붕어와 차이를 나타냈다. 배체의 흑색소포 형성시기는 떡붕어의 눈에 흑색소포가 침착되기 시작하였고, 이후 머리 부분에 나뭇가지 모양의 흑색소포가 침착되면서 난황 윗부분부터 꼬리까지 넓게 침착하였다. 잉어와 붕어 또한 눈에 흑색소포 침착이후 난황, 머리, 등 부분에 침착하기 시작하였다. 반면 잉어과 어류인 치리, 피라미, 참갈겨니는 부화 전까지 흑색소포가 침착되지 않아 종에 따라 차이를 나타냈다(Han *et al.*, 2001; Lee *et al.*, 2013; Park *et al.*, 2017; Park and Han, 2017; Kim *et al.*, 2020).

Kim *et al.* (2020)은 흑색소포의 형성시기 차이점을 구분하였는데 부화시간이 1~2일 소요되는 종은 부화 후 난황자어기에 침착하며, 부화시간이 3~8일 소요되는 종은 난발생 과정 말기에 배체의 눈에 색소포가 침착하는 것으로 구분하였다. 이처럼 떡붕어는 부화시간이 3일 이상 소요되어 잉어와 붕어 등 잉어아과 어류의 흑색소포 형성의 특징은 후자에 속하였다.

부화 자어의 크기는 떡붕어 4.69~5.65 mm (평균 5.15 ± 0.31 mm), 잉어 5.23~5.38 mm (평균 5.31 ± 0.11 mm), 붕어 4.12~4.32 mm (평균 4.28 mm)로 떡붕어 부화자어의 평균크기는 잉어와 가까웠고, 붕어 보다 평균크기가 조금 큰 편으로 나타났다. 부화자어의 흑색소포 분포위치를 비교해보면 떡붕어는 머리와 등 윗부분에 주로 밀집되어 분포하였고, 난황 위에는 소량 침착되어 있었다. 잉어와 붕어는 떡붕어와 비슷한 분포위치를 나타냈으나 잉어는 머리 부분과 미병부 쪽에 밀집되어 분포하였고, 붕어는 흑색소포가 밀집되어 있지 않았다. 부화자어의 형태 또한 떡붕어는 난황이 일직선으로 되어 잉어와 유사하였으나 붕어는 원형으로 되어 있어 형태적으로 구분되었다(Han *et al.*, 2001; Park *et al.*, 2017).

후기자어 이행시기는 떡붕어 부화 후 18일째 전장 10.4~11.7 mm (평균 11.0 ± 0.43 mm), 잉어 부화 후 13일째 전

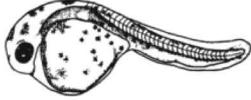
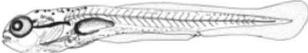
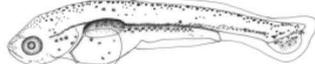
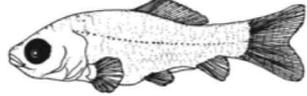
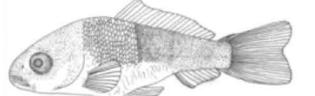
Stages	Species		
	<i>Carassius cuvieri</i> ¹⁾	<i>C. auratus</i> ²⁾	<i>Cyprinus carpio</i> ³⁾
Hatched larvae	 4.69-5.65 mm	 4.12-4.32 mm	 5.23-5.39 mm
Yolk-sac larvae	 6.05-6.47 mm	 4.15-4.42 mm	 5.97-6.20 mm
Preflexion larvae	 6.27-6.70 mm	 4.83-5.78 mm	 7.24-7.56 mm
Flexion larvae	 8.71-8.92 mm	 5.22-7.89 mm	 7.86-8.27 mm
Postflexion larvae	 10.4-11.7 mm	 6.13-7.89 mm	 9.93-11.2 mm
Juveniles	 15.1-16.8 mm	 13.8-16.3 mm	 21.8-22.4 mm

Fig. 4. Comparison of larvae and juveniles melanophore distribution in Cyprinidae fishes. ¹⁾Present study, ²⁾Han *et al.* (2001), ³⁾Park *et al.* (2017).

장 9.93~11.2 mm (평균 10.6±0.92 mm), 붕어 부화 후 13일째 전장 6.13~7.89 mm (평균 7.21 mm)로 떡붕어는 잉어의 후기 자어 이행시기와 크기에서 가까웠고, 붕어보다는 크기가 컸다. 후기자어 시기의 흑색소포 분포위치는 떡붕어의 경우 머리 상단부분, 등 쪽, 부레와 소화관 상단부분에 반점모양의 흑색소포가 침착되어 있었고, 잉어는 머리 상단부분에서 꼬리까지 나뭇가지 모양의 흑색소포가 일렬로 침착되어 있었으며, 붕어는 머리 상단부분부터 꼬리, 소화관 상단부분과 미병부까지 불규칙적으로 침착되어 있었다(Han *et al.*, 2001; Park *et al.*, 2017). 후기자어기의 흑색소포 분포위치는 종마다 다양해 차이를 나타냈으며, 자어시기 중 동정을 위한 중요한 자료가 될 것으로 생각된다(Fig. 4).

치어까지의 이행시간은 떡붕어가 부화 후 42일째 전장 15.1~16.8 mm (평균 15.8±0.57 mm), 잉어가 부화 후 23일째

전장 16.4~21.1 mm (평균 18.7±3.34 mm), 붕어가 부화 후 31일째 전장 13.8~16.3 mm (평균 14.6±1.25 mm)로 떡붕어의 치어 이행시간이 가장 오래 걸렸고, 크기는 근연종들과 유사한 범위에 속하였다(Han *et al.*, 2001; Park *et al.*, 2017).

본 연구 결과를 통해 떡붕어와 근연종인 잉어와 붕어의 초기생활사 과정 중 부화자어 크기, 흑색소포 분포위치 등에서 차이를 보여 잉어아과 어류의 분류학적 기초자료를 확보할 수 있었다.

요 약

본 연구는 경북 낙동강에 서식하는 떡붕어의 초기생활사를 관찰하여 근연종과 차이점을 확인하기 위해 분류학

적 기초자료를 확보하고자 하였다. 떡붕어 암컷의 산란량은 30,400~44,900개 (37,650±7,250개) 정도였다. 난의 형태는 원형으로 크기는 1.24~1.37 mm (1.31±0.04 mm, n=30)였다. 수정란은 수온 21°C에서 부화까지 110시간이 소요되었다. 부화 직후의 난황자어는 전장 4.69~5.65 mm (5.15±0.31 mm, n=10)로 입과 항문은 열려있지 않았고 난황을 가지고 있었다. 부화 후 3일째 전기자어는 전장 6.27~6.70 mm (6.59±0.08 mm, n=10)로 난황 흡수가 완료되면서 먹이를 섭취하였다. 부화 후 10일째 후기자어는 전장 8.71~8.92 mm (8.81±0.07 mm, n=10)로 꼬리지느러미 말단 끝부분이 45°로 휘어졌다. 부화 후 42일째는 전장 15.1~16.8 mm (15.8±0.57 mm, n=10) 각 부위별 지느러미 기초 수(등지느러미 iii17개, 뒷지느러미 iii4개)가 정수로 도달하면서 치어기로 이행하였다.

REFERENCES

- Balon, E.K. 1985. Early life histories of fishes: New developmental, ecological and evolutionary perspectives. Dr. W. Junk publisher., Dordrecht, Netherlands, 280pp.
- Blaxter, J.H.S. 1974. The early life history of fish. Springer-Verlag, Berlin, Germany, 765pp.
- Chae, B.S., H.S. Song and J.Y. Park. 2019. A field guide to the freshwater fishes of Korea. LG Evergreen Foundation, Seoul, Korea, pp. 101-105.
- Han, K.H., D.S. Jin, D.J. Yoo, D.J. Yoo, S.R. Baek and D.S. Hwang. 2001. The early life history of the Crucian carp, *Carassius auratus* in Korea. J. Inst. Sci. Yosu Natl. Univ., 16: 379-387.
- Jang, K.N. 1996. Aquaculture of freshwater fishes. Osungbook Publishing, Seoul, Korea, pp. 348-351.
- Kim, C.H., W.S. Choi, D.H. Kim and J.M. Beak. 2014. Egg development and early life history of Korean endemic species, *Acheilognathus majusculus* (Acheilognathinae). Korean J. Ichthyol., 26: 17-24.
- Kim, G.W., S.D. Joe, H.Y. Kim and H.B. Park. 2020. Phylogenetic analysis of *Carassius auratus* and *C. cuvieri* in lake Yedang based on variations of mitochondrial CYTB gene sequences. J. Life Sci., 12: 1063-1069. <https://doi.org/10.5352/JLS.2020.30.12.1063>.
- Kim, I.S., Y. Choi, C.L. Lee, Y.J. Lee, B.J. Kim and J.H. Kim. 2005. Illustrated Book of Korean Fishes. Kyohak Publishing Co. Ltd., Seoul, Korea, p. 105.
- 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, 275pp.
- Kim, K.M., S.Y. Kim, M.Y. Song and H.Y. Song. 2020. Morphological development of egg and larvae of *Hemiculter leucisculus*. Korean J. Ichthyol., 32: 222-231. <https://doi.org/10.35399/ISK.32.4.3>.
- Ko, M.H. and Y.J. Won. 2015. Egg development and early life history of the Korean spin loach, *Cobitis tetralineata* (Pisces: Cobitidae). Korean J. Ichthyol., 27: 95-103.
- Kumimune, Y., Y. Mitsunaga, K. Komeyama, M. Matsuda, T. Kobayashi, T. Takagi and T. Yamane. 2011. Seasonal distribution of adult crucian carp nigorobuna *Carassius auratus grandoculis* and gengorobuna *Carassius cuvieri* in lake Biwa, Japan. Fish. Sci., 77: 521-532. <https://doi.org/10.1007/s12562-011-0354-7>.
- Lee, D.S., D.Y. Lee, C.W. Ji, I.S. Kwak, S.J. Hwang, H.J. Lee and Y.S. Park. 2020. Impacts of introduced fishes (*Carassius cuvieri*, *Micropterus salmoides*, *Lepomis macrochirus*) on stream fish communities in south Korea. Korean Soc. Limnol., 53: 241-254. <https://doi.org/10.11614/KSL.2020.53.3.241>.
- Lee, W.O., K.H. Kim, J.M. Back and M.Y. Song. 2013. Egg development and early life history of *Zacco koreanus* (Pisces: Cyprinidae). Korean J. Ichthyol., 25: 200-207.
- NIER (National Institute of Environmental Research). 2008. Alien species in Korea. National Institute of Environmental Research, Incheon, Korea, pp. 11-14.
- Park, J.M. and K.H. Han. 2017. Eggs development and early life history of pale chub, *Zacco platypus* from Wicheon. Korean J. Ichthyol., 29: 190-196.
- Park, J.M., M.J. Seong, H.S. Yim and K.H. Han. 2017. Egg development and larvae and juveniles morphology of carp, *Cyprinus carpio* in Korean. Dev. Reprod., 19: 119-126. <https://doi.org/10.12717/DR.2017.21.3.287>.
- Park, K.S., Y.P. Hong, W.K. Moon, S.S. Choi and K.G. An. 2005. The egg development of Korean slender gudgeon, *Squalidus gracilis majimae* (Cypriniforms: Cyprinidae). Korean J. Limnol., 38: 73-82.
- 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. <https://doi.org/10.1007/s102280200035>.
- 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.
- Song, K.H., J.W. Jung, H.Y. Koo and W. Kim. Development of species-specific molecular marker as a tool for discrimination between crucian carp gengorobuna (*Carassius cuvieri*) introduced from Japan and Korean native one (*C. auratus*). Korean J. Limnol., 40: 143-148.