

# 영덕오십천 소하천인 대서천에 서식하는 자가사리 *Liobagrus mediadiposalis*의 자치어 형태발달

박재민 · 한경호<sup>1,\*</sup>

경상북도 토속어류산업화센터, <sup>1</sup>전남대학교 수산과학과

**Development of Larvae and Juveniles of the *Liobagrus mediadiposalis* from Daeseocheon Stream in Yeongdukosipcheon by Jae Min Park and Kyeong Ho Han<sup>1,\*</sup>** (Gyeongsangbuk-Do Native Fish Business Center, Uiseong 37366, Republic of Korea; <sup>1</sup>Department of Fishery Science, Chonnam National University, Yeosu 59626, Republic of Korea)

**ABSTRACT** The samples used in this study were collected on two occasions (April 21 and May 16, 2021) from *Liobagrus mediadiposalis* and spawned egg masses located under rocks in Daeseocheon, Yeongdeok-gun, Gyeongsangbuk-do. Fertilized eggs ranged in size from 3.30~3.92 (average  $3.57 \pm 0.19$ ) mm ( $n=30$ ), and it took 152~155 hours to hatch at water temperatures of between 17.0 and 20.0°C. Newly hatched larvae immediately post-hatching had a total length of 6.43~6.67 ( $6.55 \pm 0.07$ ) mm ( $n=30$ ), and were characterized by the retention of a yolk sac and an incompletely open mouth and anus, consistent with the yolk. On the 9 days post-hatching, the postflexion larvae had grown to length of between 11.0~13.8 ( $12.3 \pm 0.70$ ) mm ( $n=30$ ), and the caudal bone at the tip of the tail was bent upwards at an angle of 45°, thereby indicating the transition to the late larval growth stage. On the 16 days post-hatching, the total length of juvenile had increased to between 15.8~18.2 ( $16.8 \pm 0.77$ ) mm ( $n=30$ ), and the number of fins reached a fixed number of 8 dorsal, 17 anal, and 8 pelvic fins. On the basis of the findings of this study, we were able to confirm differences in the size of hatching larvae and fin mottle patterns in the early life history of related species.

**Key words:** Amblycipitidae, egg development, juvenile, larvae, *Liobagrus mediadiposalis*

## 서 론

메기목(Siluriformes) 통가리과(Amblycipitidae) 어류는 동남아시아 지역과 파키스탄, 중국, 대만, 일본 남부 및 말레이시아 등 주요 담수역에 분포하고 전 세계에는 약 4속 34종이 보고되었다(Nelson *et al.*, 2016; Froese and Pauly, 2023). 우리나라에는 통가리속(*Liobagrus*)의 통가리 *Liobagrus andersoni*, 통사리 *L. obesus*, 자가사리 *L. mediadiposalis*, 섬진자가사리 *L. somjinensis*, 동방자가사리 *L. hyeongsanensis* 등 5종이 분포하는 것으로 알려져 있다(Son *et al.*, 1987; Kim *et al.*, 2005; Chae *et al.*, 2019).

자가사리는 Mori(1936)에 의해 낙동강의 문경, 대구, 안동, 영주, 단양, 남해, 사천에서 채집된 표본을 기준으로 신종 기재되었고, 지느러미 가장자리가 밝은색을 띤다. 이후 섬진강과 영산강에 분포하고 꼬리지느러미 기저부에 밝은색 초승달 무늬가 있는 섬진자가사리, 형산강과 태화강에 분포하고 지느러미 가장자리에 밝은색 띠가 나타나지 않는 동방자가사리가 형태적 특징과 유전적 차이점을 근거로 신종 기재되었다(Park and Kim, 2010; Kim, 2013; Kim *et al.*, 2015).

메기목 어류에 대한 초기생활사 연구로는 동자개 *Pseudobagrus fulvidraco* (Kang and Lee, 1996; Han *et al.*, 2001), 눈동자개 *P. koreanus* (Kang, 1998), 통사리(Seo *et al.*, 2006), 자가사리(Choi *et al.*, 2008), 꼬치동자개 *P. brevicorpus* (Kang *et al.*, 2007), 대농갱이 *Leiocassis ussuriensis* (Park *et al.*, 2015), 메기 *Silurus asotus* (Mun *et al.*, 2017) 등이 연구되었고, 통가리과에

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

대한 연구는 생식생물학적 연구(Choi, 2008), 분류와 생태(Son and Choo, 1988; Kim, 2007a), 식성(Son and Byeon, 2004; Kim, 2007b), 분류학적 재검토(Kim, 2013), 핵형분석(Son and Lee, 1989; Cho and Park, 2017) 등이 연구되었다.

Choi *et al.* (2008)이 연구한 섬진강에서 채집된 자가사리의 초기생활사는 연구 결과에서 나타난 형태적 특징이 신중(Park and Kim, 2010)으로 기재된 섬진자가사리를 대상으로 한 연구로 보여지며 근연종인 자가사리의 초기생활사 연구는 진행되지 않았다.

담수어류의 초기생활사 연구는 산란지 선택, 난발생, 자어기, 치어기, 미성어기 과정 등을 거치면서 종 특성에 따른 고유형질이 다양하게 나타난다(Park *et al.*, 2005). 또한 종의 특징을 구명하는 것은 물론 유사종과의 계통 및 분류학적 유연관계를 연구하는 데 중요한 기초자료로 활용된다(Blaxter, 1974; Balon, 1985; Kim *et al.*, 2014; Ko and Won, 2015).

이에 담수어류의 초기생활사 연구 중요성을 인식함에 따라 우리나라에 분포하는 멸종위기 담수어류를 대상으로 연구가 진행된 바 있으며(MLTM, 2010, 2011; NIBR, 2013), 관광적 가치가 있는 납자루아과 어류(Kim *et al.*, 2014), 경제성 있는 어류(Kang and Lee, 1996; Han *et al.*, 2001; Park *et al.*, 2015, 2016)에 집중되어 관련 연구가 주로 진행되었으나(Song *et al.*, 2017), 우리나라에 분포하는 통가리속 어류의 초기생활사 연구는 섬진자가사리(Choi *et al.*, 2008), 통사리(Seo *et al.*, 2006)만 연구되어 고유어종인 통가리속 어류의 초기생활사 등 단편적인 연구가 있으나 추가적인 연구가 필요하였다. 따라서 본 연구에서는 고유종인 자가사리의 난 형태, 발생과정, 자치어의 성장단계별 형태를 관찰하여 근연종들과 형태학적 비교 등 초기생활사를 규명하여 종 보존을 위한 기초자료를 마련하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 시료확보 및 종 동정

본 연구에 사용된 시료는 2022년 4월 21일과 5월 9일 2회에 걸쳐 경북 영덕군 달산면에 위치한 대서천에서 가로 50 cm, 세로 30 cm 크기의 바위 아래에 친어 1마리(전장 12 cm)와 크기 2~3 cm 정도의 난과 2개로 이루어진 수정란을 채집하였다(Fig. 1A). 채집 장소는 물살이 비교적 빠르게 흐르는 가장자리에서 발견하였고(Fig. 1B), 연구실로 운반 후 어미의 종 동정을 위해 크기 측정 및 각 부위별 지느러미 기조 수 등 형태적 특징을 관찰하였다.

### 2. 난발생 및 자치어 형태발달

채집된 난괴는 시판되는 부화기에 수용하였고, 수생균 예방을 위해 포르말린(Formaldehyde 20%)을 20 ppm/톤당 농도로 2회/1일 약육시켰으며, 수온은 17.0~20.0°C (평균 18.5±1.5°C)

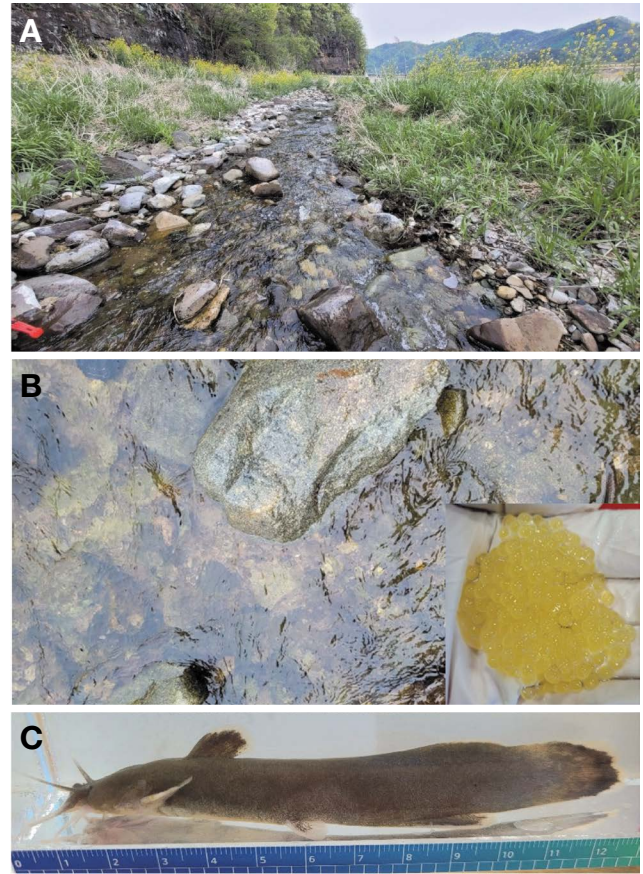


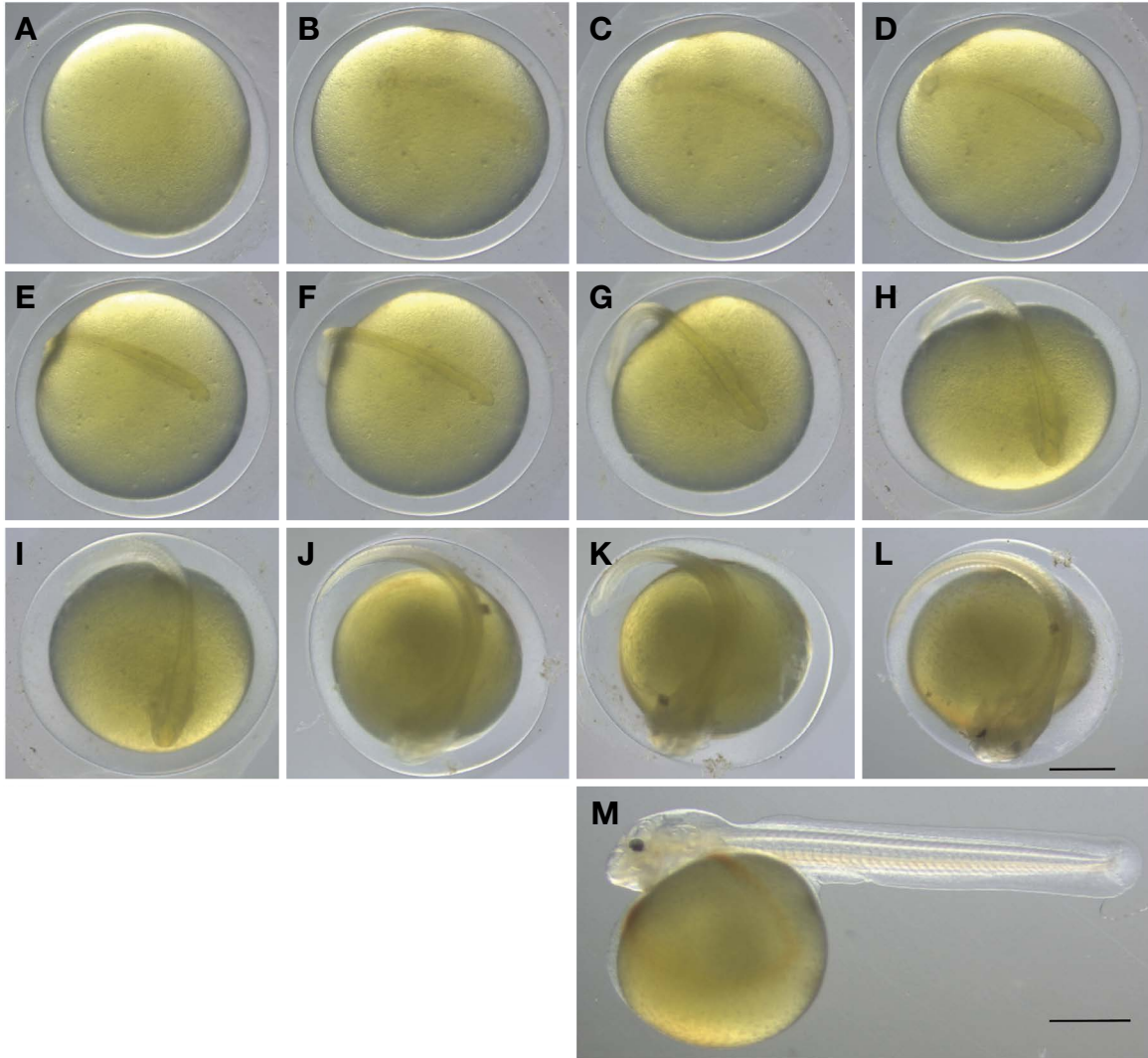
Fig. 1. Photographs showing the habitat for *Liobagrus mediadiposalis* in the Daeseocheon (A) in Yeongduk-gun, Gyeongsangbuk-do, Korea and egg mass of spawning ground (B), Female adult (C).

에서 관리하였다. 난발생 관찰은 채집된 난과 2개를 대상으로 수정란을 분리 후 실체현미경(Nikon SMZ18, Japan)에 부착된 영상촬영 장치로 단계별 사진촬영 및 크기 측정을 하였다. 자치어 관리는 부화 후 난황 흡수 이후부터 알테미아(*Artemia* sp. nauplius) 부화유생을 4~5개체/mL당 2회/일 공급하였고, 치어기 이행 후 초기 미립자 사료(Lovelarva, Japan)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 수정란과 함께 채집한 어미의 체형과 계수형질 등을 관찰하였다. 형태는 몸이 원통형으로 길고, 꼬리 쪽으로 갈수록 납작하였다. 상악은 하악보다 짧으나 입이 아



**Fig. 2.** Egg development of *Liobagrus mediadiposalis*. A: gastrula stage; B: middle gastrula stage; C: embryo and kuffer's vesicle formation; D: late gastrula stage; E: 4~5 myotomes; F: 10~15 myotomes; G: movement of embryo; H: development of eyes pupil; I: development of primordial caudal fin; J: appearance of two pairs barbel; K: development of melanophore in eyes; L: embryo just before hatching; M: hatched larvae. Scale bars = 1.00 mm.

래쪽에서 열리는 점, 입수염이 상악과 하악에 2쌍씩 있는 점, 몸에 비늘이 없고, 체색은 황갈색을 띠는 점, 꼬리지느러미 안쪽이 검은색을 띠었다. 지느러미 기초수는 등지느러미 II 6개, 뒷지느러미 19개로 어류도감(Kim *et al.*, 2005; Chae *et al.*, 2019)과 원기재 논문(Kim, 2007a; Kim, 2013)을 검토하여 본 연구에서 채집한 어미는 자가사리로 동정하였다(Fig. 1C).

### 2. 난의 크기 및 특징

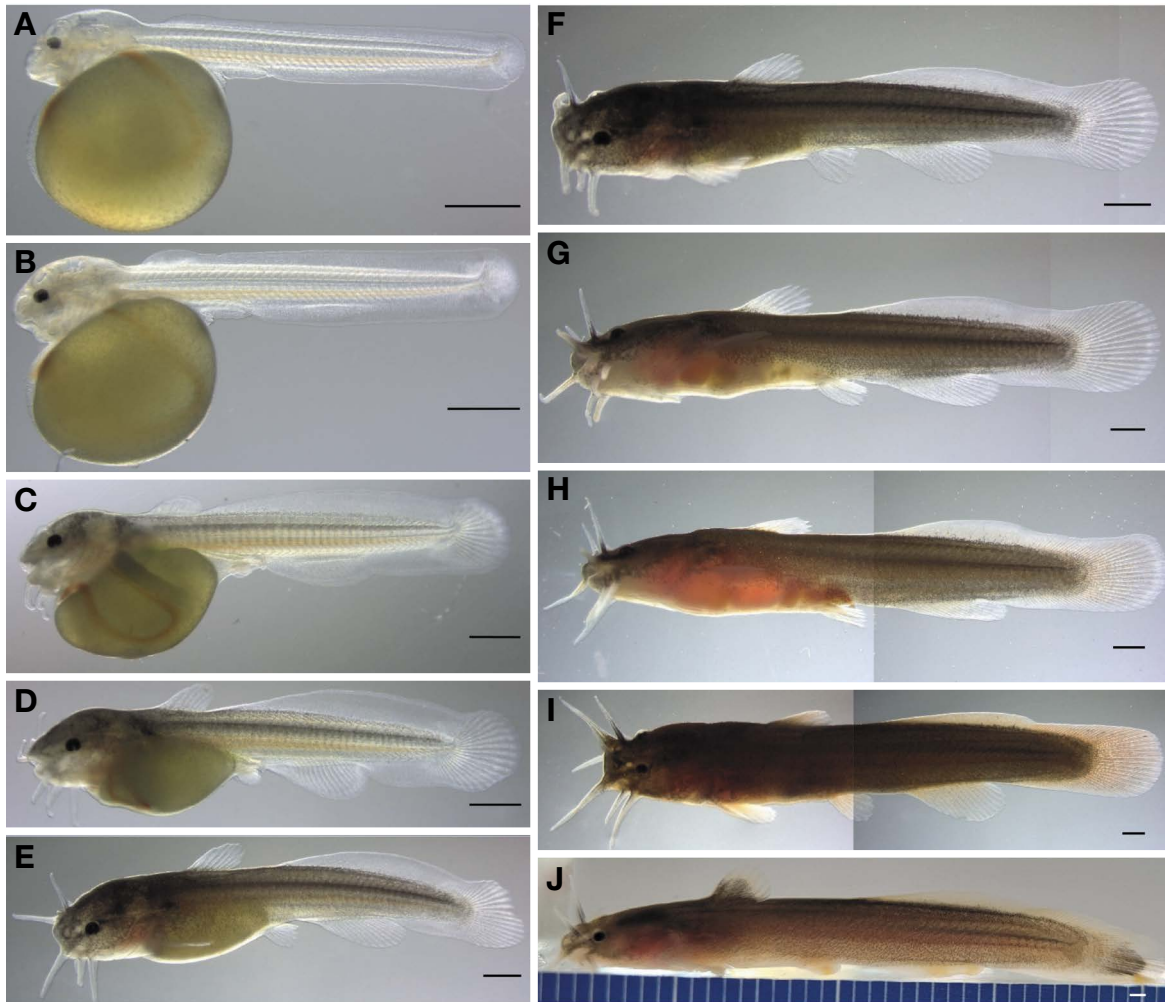
채집된 자가사리의 수정란은 표면에 부착성질을 가진 점액질에 덮여 덩어리를 이루었고 서로 부착되어 있었으며, 물에 가라앉는 성질을 가진 침성란이었다. 수정란의 색깔은 밝은 주황색을 띠었고, 수정란의 개수는 163~187개(평균 175개)였다. 채

집 직후 난은 수정 이후 물의 흡수가 진행된 상태로 수정 직후보다 크기가 변화된 것으로 추정되며, 수정란의 크기는 3.30~3.92 (3.57±0.19) mm (n=30)였다.

### 3. 난발생 과정

채집 후 연구실에서 관찰된 수정란의 발생단계는 낭배기가 시작된 상태였고(Fig. 2A), 19시간 후에는 중기 낭배기에 달하여 배반이 난황의 50%를 덮어 내려왔다. 이때 난황 위에는 유백색의 배체가 희미하게 나타나기 시작하였다(Fig. 2B). 23시간 30분 후에는 꼬리 끝에 Kuffer's vesicle이 형성되었다(Fig. 2C). 26시간 30분 후에는 말기 낭배기에 달하여 90%를 덮어 내려왔으며, Kuffer's vesicle이 소실되었다(Fig. 2D). 32시간 후에는 배





**Fig. 3.** Larvae and juveniles development of *Liobagrus mediadiposalis*. A: newly hatched larvae, 6.55 mm in total length (TL); B: 1 days after hatching (DAH) 6.96 mm in TL; C: 3 DAH 9.44 mm in TL; D: 6 DAH 10.6 mm in TL; E: 9 DAH 12.3 mm in TL; F: 11 DAH 13.8 mm in TL; G: 16 DAH 16.8 mm in TL; H: 20 DAH 18.2 mm in TL; I: 28 DAH 23.8 mm in TL; J: 100 DAH 34.4 mm in TL. Scale bars = 1.00 mm.

체의 머리가 발달하면서 안포가 형성되기 시작하였고, 배체에는 4~5개의 근절이 발달하였다(Fig. 2E). 51시간 후에는 머리 부분에 1쌍의 이포가 발달하였고, 근절 수는 10~15개로 증가하였으며, 꼬리는 난황과 분리되기 시작하였다(Fig. 2F). 65시간 후에는 근절 수가 23~25개로 증가하였고, 배체는 꼬리를 위주로 움직이기 시작하였고 난황의 움직임은 없었다(Fig. 2G). 69시간 후에는 눈에 렌즈가 없는 상태의 동공이 발달하였다(Fig. 2H). 배체는 난황과 함께 180~360°로 회전하여 움직였다(Fig. 2I). 120시간 후에는 머리 부분에 입과 수염 2쌍이 발달하기 시작하였다(Fig. 2J). 126시간 30분 후에는 눈에 흑색소포가 침착하기 시작하였다(Fig. 2K). 151시간 후에는 꼬리의 길이가 난황의 56.2%에 달하였으며(Fig. 2L), 152시간 후부터 꼬리가 난황을 뚫고 나오면서 부화가 시작되었다(Fig. 2M). 이후 155시간 후에는 50% 이상 부화가 완료되었고 157시간 후에는 모든 개체의 부화가 완료되었다.

#### 4. 자치어 형태발달

부화 직후 자어는 전장 6.43~6.67 (6.55±0.07) mm (n=30)로 입과 향문은 완전히 열리지 않았고, 4쌍의 수염 원기가 있었으며, 1개의 난황을 가지고 있었다. 난황 크기는 몸 전체 길이 40.9~41.2%를 차지하였다. 심장을 따라 난황, 배체의 배 쪽을 돌아 혈액이 흐르는 것이 관찰되었고, 눈에는 흑색소포가 침착되어 있었으며, 배체의 등 쪽에서부터 배 쪽 전체는 막지느러미로 되어 있었다. 꼬리 끝부분은 위쪽으로 휘어진 상태였다. 근절 수는 향문 이전에 13개, 향문 이후부터는 28~29개로 총 41~42개였다(Fig. 3A).

부화 후 1일째 난황자어는 전장 6.69~7.18 (6.96±0.18) mm (n=30)로 입과 향문이 열렸고, 머리에는 흑색소포가 침착하였다. 등지느러미와 꼬리지느러미는 분화하기 시작하였고, 꼬리지느러미에는 5개의 줄기가 발달하기 시작하였다. 근절 수는

42~44개(16+26~28)로 증가하였다(Fig. 3B).

부화 후 3일째 난황자어는 전장 8.90~10.5 (9.44±0.50) mm (n=30)로 입에 발달한 2쌍의 수염은 길게 신장하였고, 난황의 크기는 몸 전체 길이 33.0~33.4%를 차지하였다. 지느러미 줄기 수는 등지느러미 4개, 뒷지느러미에 7개가 발달하였다. 항문의 앞쪽에는 막으로 된 배지느러미 1쌍과 아가미 뒤쪽에는 막으로 된 가슴지느러미 1쌍이 발달하였다. 꼬리지느러미 줄기 수는 13개로 증가하였다. 머리에 침착한 흑색소포는 전체적으로 범위가 넓어지고 짙어졌으며, 몸통을 따라 꼬리까지 반점 모양의 흑색소포가 침착하였다(Fig. 3C).

부화 후 6일째 중기자어는 전장 9.87~11.5 (10.6±0.56) mm (n=30)로 입수염은 상악 2쌍, 하악 2쌍으로 총 4쌍이 길게 발달하였고, 알테미아 부화유생을 섭취하기 시작하였다. 이 시기에는 난황을 흡수한 뒤인 전기자어와 꼬리가 위쪽으로 휘어지고 있는 중기자어의 중간단계를 나타냈으며, 각 기관 및 형태가 상당 부분 발달한 점을 고려해 중기자어로 판단하였다. 막으로 연결되어 있던 지느러미는 모두 분리되었고, 각 부위별 지느러미 줄기 수는 등지느러미 7개, 뒷지느러미 13개, 배지느러미 5개, 꼬리지느러미 23개로 증가하였다. 작은 반점 모양의 흑색소포는 머리에서부터 꼬리지느러미 시작점까지 침착하였다(Fig. 3D).

부화 후 9일째 후기자어는 전장 11.0~13.8 (12.3±0.70) mm (n=30)로 꼬리 끝의 미부봉상골이 위쪽을 향해 45°로 완전히 휘어지면서 후기자어로 이행하였다. 각 부위별 지느러미 줄기 수는 등지느러미 8개, 뒷지느러미 15개로 증가하였다. 흑색소포는 머리를 따라 꼬리지느러미 시작점까지 선 모양으로 발달하였고, 반점 모양의 흑색소포는 등 쪽에서 가슴지느러미까지 넓게 침착하였다(Fig. 3E).

부화 후 11일째 후기자어는 전장 12.9~15.0 (13.8±0.72) mm (n=30)로 체형은 머리 부분이 둥글고 위아래로 납작한 편이었으며, 몸통에서 꼬리 쪽으로 갈수록 납작해졌다. 각 부위별 지느러미 줄기 수는 배지느러미 6개, 꼬리지느러미 40개로 증가하였다. 흑색소포는 배 쪽 일부분을 제외하고는 몸 전체에 침착하였다(Fig. 3F).

부화 후 16일째 치어는 전장 15.8~18.2 (16.8±0.77) mm (n=30)로 각 부위별 지느러미 줄기 수는 등지느러미 8개, 뒷지느러미 17개, 배지느러미 8개로 정수에 달하면서 치어기로 이행하였다. 반점 모양의 흑색소포는 꼬리지느러미 줄기 위쪽, 등지느러미 줄기 시작점에 침착하였다(Fig. 3G).

부화 후 20일째 치어는 전장 17.0~19.5 (18.2±0.80) mm (n=30)로 꼬리지느러미와 연결된 등 쪽에는 흑색소포가 침착하였고, 꼬리지느러미 가장자리는 밝은색의 띠가 형성되었다(Fig. 3H).

부화 후 28일째 치어는 전장 21.2~26.2 (23.8±1.50) mm (n=30)로 체색은 몸 전체가 황갈색으로 나타났고, 가슴지느러미, 등지느러미, 배지느러미, 뒷지느러미, 꼬리지느러미에도 황갈

색이 나타났으며, 꼬리지느러미를 비롯한 나머지 지느러미 가장자리에도 밝은색 띠가 형성되었다(Fig. 3I).

부화 후 100일째 치어는 전장 27.4~39.2 (34.4±3.84) mm (n=30)로 체색은 황갈색을 띠고 가장자리로 갈수록 밝은색을 띠었으며, 각 부위별 지느러미 가장자리에는 밝은색의 띠가 선명하여 성어의 체색과 유사하였다(Fig. 3J).

## 고 찰

대서천은 영덕군에 위치한 영덕오십천을 거쳐 동해안으로 유입되는 하천으로 이곳에서 자가사리의 산란이 확인된 시기는 4~5월로 섬진자가사리(Choi *et al.*, 2008; Chae *et al.*, 2019) 4~6월, 통사리(Seo *et al.*, 2006) 5~6월로 유사하였고, 산란장소는 여울지역으로 바닥에 모래와 자갈이 깔려 있고 돌과 평평한 바위가 많이 있는 곳으로 근연종들과 동일하였다.

채집된 자가사리는 수컷으로 산란된 난괴를 보호한 것으로 보여지며, 섬진자가사리(Choi *et al.*, 2008)의 경우 암컷과 수컷이 난괴를 보호하며, 통사리(Seo *et al.*, 2006)는 암컷이 보호하는 결과와 차이를 보였다.

수정란 형태는 구형으로 난막 표면이 점액질로 덮여 알덩어리(난괴)를 이루었고, 근연종인 섬진자가사리(Choi *et al.*, 2008), 통사리(Seo *et al.*, 2006)에서도 같은 형태를 나타냈다. 같은 메기목 어류인 동자개과의 동자개(Kang and Lee, 1996; Han *et al.*, 2001), 눈동자개(Kang, 1998), 꼬치동자개(Kang *et al.*, 2007), 대농갱이(Park *et al.*, 2015)의 난은 분리되어 난괴를 이루지 않으며, 부착성이 강한 점착란으로 통가리과 어류와 차이를 보였다.

산란량은 자가사리 163~187개, 섬진자가사리(Choi, 2008; Choi *et al.*, 2008) 121~152개(포란수 132~215개), 통사리(Seo *et al.*, 2006) 69~227개로 분포 범위 안에 있었다.

수정란 크기를 비교한 결과 3.30~3.92 (3.57±0.19) mm로 근연종인 섬진자가사리(Choi *et al.*, 2008) 2.85~3.73 (3.27) mm, 통사리(Seo *et al.*, 2006) 2.95~3.92 (3.30) mm와 큰 차이는 보이지 않았다.

수온은 어종에 따라 생활사와 생태적 특성에 따른 적정 수온 범위를 가지고, 초기발생에 있어서도 난발생 및 치어기의 성장과 생존에 영향을 미치는 중요한 환경요인 중 하나이다(Yoon *et al.*, 2007; Cho *et al.*, 2015). 4월 21일과 5월 16일에 채집된 2개의 난괴는 연구실에서 확인한 결과 난발생 단계가 낭배기로 이후 부화까지 소요된 시간이 수온 17.0~21.5°C에서 152~155시간으로 유사한 소요시간 범위를 나타냈다(Table 1). 향후 근연종간의 정확한 부화 소요시간 확인을 위해 유사한 수온 조건에서 실험이 필요할 것으로 사료된다.

수정란의 크기는 부화자어의 크기와 직접적으로 비례하기 때

**Table 1.** Time required for embryo development stages of genus *Liobagrus* from Korea

Stage	Species	<i>L. obesus</i>	<i>L. somjinensis</i>	<i>L. mediadiposalis</i>	Fig. 2**
		(in Chogangcheon stream and Kungang River)	(in Seomjingang River)	(in Daeseocheon stream)	
		References	Choi <i>et al.</i> , 2008	Present study	
	*WT.	22.8 ± 2.70°C	22.7 ± 1°C	19.2 ± 2.25°C	
Zygote period	Insemination	–	00:00	–	–
	Swelling	–	–	–	–
	Blastodisc	–	00:40	–	–
Cell cleave period	2 cells	–	01:00	–	–
	4 cells	–	02:30	–	–
	8 cells	–	–	–	–
	16 cells	–	04:40	–	–
	32 cells	–	–	–	–
Blastula period	64 cells	–	–	–	–
	Morula	00:00	07:00	–	–
	Blastula	04:30	09:10	–	–
Gastrula period	Early gastrula	–	–	00:00	A
	Middle gastrula	10:15	20:15	19:00	B
	Late gastrula	14:30	25:30	23:30	C
Embryonic period	Formation of embryo	20:45	35:10	26:30	D
	3~6 myotomes	–	–	32:00	E
	8~10 myotomes	38:25	53:15	51:00	F
	22~24 myotomes	48:55	–	65:00	G
Hatching period	33~37 myotomes	61:40	62:20	–	–
	Hatching start	225:15	189:20	152:00	M
	Hatching complete	–	–	157:00	–

\*WT: water temperature, \*\*Egg development photographs (Fig. 2) of *L. mediadiposalis* (Present study)

**Table 2.** Comparison of egg and larvae characteristics in *Liobagrus* fishes

Species	Fertilized eggs diameter (mean ± SD mm)	Time of hatching (Water temperature, °C)	Newly hatched larvae size (mean ± SD mm)	Number of myotomes	Postflexion larvae size (mean ± SD mm)	Reference
<i>Liobagrus mediadiposalis</i> (in Daeseocheon stream)	3.30~3.92 (3.57 ± 0.29)	152 h~157 hrs (19.2 ± 2.25)	6.43~6.67 (6.55 ± 0.07)	16 + 26~28 = 42~44	8.51~9.84 (8.95 ± 0.42)	Present study
<i>L. somjinensis</i> (in Seomjingang River)	2.85~3.73 (3.29 ± 0.44)	189 h 20 min (22.7 ± 1)	7.18~7.39 (7.28 ± 0.10)	14 + 24 = 38	12.7~13.7 (13.2 ± 0.50)	Choi <i>et al.</i> , 2008
<i>L. obesus</i> (in Chogangcheon stream and Kungang River)	2.95~3.92 (3.43 ± 0.48)	225 h 15 min (22.8 ± 2.70)	7.30~7.90 (7.60 ± 0.30)	14 + 28 = 42	10.5~11.5 (11.0 ± 0.50)	Seo <i>et al.</i> , 2006

문에 수정란이 작은 종은 부화자어의 크기도 작으며, 수정란의 크기가 크면 부화시간이 상대적으로 길어지는 결과와 밀접한 관련이 있는 것으로 사료된다(Sado and Kimura, 2002; Lee *et al.*, 2013).

부화 직후 자어의 크기는 전장 6.43~6.67 (평균 6.55 ± 0.07) mm였고, 섬진자가사리(Choi *et al.*, 2008) 전장 7.18~7.39 (7.31)

mm, 통사리(Seo *et al.*, 2006) 7.30~7.90 (7.66) mm보다 작았다 (Table 2).

전자에서 언급한 바와 같이 수정란, 부화자어 크기, 부화시간이 비례하는 것으로 알려져 있으나 근연종 간 수정란 크기, 부화자어 크기, 부화시간을 정확하게 비교하기에 어려운 부분이 있어 본 연구에서는 초기생활사 관찰 결과에 대한 참고 자료로 제시

하고 향후 정확한 비교를 위해 동일 조건에서 실험한 결과가 필요할 것으로 사료된다.

부화 직후 자어의 항문 위치는 전장대비 49~50% (평균 49.5%)로 몸의 정중앙에 위치하였으며, 섬진자가사리(Choi *et al.*, 2008) 40~45% (평균 42.5%), 통사리(Seo *et al.*, 2006) 40~45% (평균 42.5%)로 몸의 정중앙에서 약간 앞쪽에 위치하여 자가사리와 차이를 보였다. 이러한 차이는 근연종 간의 형태적 특징을 확인할 수 있는 중요한 자료가 될 수 있을 것으로 보인다.

부화 직후 자가사리의 수염 원기는 4쌍으로 섬진자가사리(Choi *et al.*, 2008), 통사리(Seo *et al.*, 2006)와 동일하였고, 같은 메기목 어류인 동자개과의 동자개(Kang and Lee, 1996) 부화 후 7일, 눈동자개(Kang, 1998) 부화 후 5일, 꼬치동자개(Kang *et al.*, 2007) 부화 후 4일, 메기과의 메기(Mun *et al.*, 2017) 부화 후 1일로 4쌍의 수염이 발달하는 시기는 같은 메기목 어류에서 차이를 보였다.

부화 직후 자어의 형태는 척색 말단 부분이 위쪽으로 휘어져 있었고, 근연종인 섬진자가사리, 통사리 또한 동일한 형태를 나타냈다. 같은 메기목 어류인 동자개과의 동자개, 눈동자개, 꼬치동자개, 대농갱이, 메기과의 메기는 척색 말단이 발달하지 않아 형태적으로 차이를 보였다. 이러한 차이는 통가리과 어류의 부화 자어를 구분할 수 있는 형태적 특징으로 메기목 어류 중에 통가리과 어류의 특징으로 나타났다.

자가사리는 치어기로 이행하는 부화 후 28일째부터 등지느러미, 뒷지느러미, 꼬리지느러미, 기름지느러미 가장자리에 밝은 색의 띠가 나타나는 것이 확인되었고, 통사리(Seo *et al.*, 2006)는 부화 후 24일째 치어기에서 성어의 형태와 닮은 반문이 나타났다. 섬진자가사리(Choi *et al.*, 2008)는 부화 후 35일째 성어의 형태와 닮은 반문이 나타났고, 부화 후 70일째 꼬리지느러미 기부 가장자리에 반달 모양의 노란색 띠를 나타내 근연종들 간의 형태적 차이를 구분할 수 있었다.

본 연구에서 자가사리와 통가리과 어류 근연종들 간 초기생활사는 부화자어 크기, 부화시간, 지느러미 반문형태 등에서 차이를 보였고, 같은 메기목 어류에서는 난괴 형성 유무, 수염 발달시기, 부화자어 발달단계에서 차이를 보여 자어 시기 형태적 차이를 구분할 수 있었다. 따라서 초기생활사에서 나타나는 근연종 간의 차이점을 면밀히 확인하기 위해서는 같은 통가리과에 속하는 통가리, 동방자가사리의 초기생활사에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## 요 약

본 연구에 사용된 시료는 2021년 4월 21일과 5월 16일 2회에 걸쳐 경북 영덕군에 위치한 대서천에서 자가사리와 난괴를 채집하였다. 수정란 크기는 3.30~3.92 (3.57±0.19) mm (n=30)였

고, 수온 17.0~20.0°C에서 부화까지 소요된 시간은 152~155시간이었다. 부화 직후 자어는 전장 6.43~6.67 (평균 6.55±0.07) mm (n=30)로 입과 항문은 완전히 열리지 않았고, 난황을 가지고 있었다. 부화 후 9일째 후기자어는 전장 11.0~13.8 (12.3±0.70) mm (n=30)로 꼬리 끝의 미부봉상골이 위쪽을 향해 45°로 완전히 휘어졌다. 부화 후 16일째 치어는 전장 15.8~18.2 (16.8±0.77) mm (n=30)로 지느러미 줄기 수는 등지느러미 8개, 뒷지느러미 17개, 배지느러미 8개로 정수에 도달하였다. 연구 결과 근연종들 간 초기생활사에서 부화자어 크기, 지느러미 반문형태 등에서 차이를 확인할 수 있었다.

## 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 fresh water fishes of Korea. LG Evergreen Foundation, Seoul, Korea, pp. 102-105.
- Choi, N.H. 2008. Reproductive biology of south torrent catfish, *Liobagrus mediadiposalis* in the Korean endemic species. Doctorial Thesis, Chonnam National University, pp. 1-128.
- Choi, N.H., W.I. Seo, C.C. Kim, C.K. Park, S.J. Heo, S.M. Yoon, K.H. Han and W.K. Lee. 2008. Spawning behavior and early life history of the *Liobagrus mediadiposalis* in the Korean endemic species. J. Korean Fish. Soc., 41: 478-484.
- 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.
- Cho, Y.J. and J.Y. Park. 2017. Karyotype analysis of an endemic Korean torrent catfish *Liobagrus hyeongsanensis* (Siluriformes: Amblycipitidae). Korean J. Ichthyol., 29: 89-93.
- Froese, R. and D. Pauly. 2023. World wide web electronic publication. Retrieved from <http://www.fishbase.org>. version (29 Jan. 2023).
- Han, K.N., K.B. Nam and C.H. Jeong. 2001. Development of eggs, larvae and juvenile of the Korean bullhead, *Pseudobagrus fulvidraco* (Richardson) reared in the laboratory. Korean J. Ichthyol., 13: 74-84.
- 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.
- Kang, E.J. 1998. Early life history of black bullhead, *Pseudobagrus koreanus* (Pisces, Bagridae), from Kum River Korea. Korean J. Ichthyol., 10: 184-190.

- Kang, E.J. and C.H. Lee. 1996. Early life history of Korean bull head, *Pseudobagrus fulvidraco* (Pisces, Bagridae), from Korea. Korean J. Ichthyol., 8: 83-89.
- Kang, E.J., H. Yang, H.H. Lee, Y.C. Cho, E.O. Kim, S.G. Lim and I.C. Bang. 2007. Ecology and early life history of endangered freshwater fish *Pseudobagrus brevicorpus* (Pisces: Bagridae). Korean J. Environ. Biol., 25: 378-384.
- 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, 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. 146-147.
- Kim, J.M. 2007b. Feeding habit of *Liobagrus andersoni* (Amblycipitidae) from the Namhan River, Korea. Master Thesis, Incheon National University, pp. 1-57.
- Kim, S.H. 2007a. Ecology and taxonomy of *Liobagrus mediadiposalis* (Amblycipitidae) in the Seomjin River, Korea. Master Thesis, Chonbuk National University, pp. 1-40.
- Kim, S.H. 2013. Taxonomic revision of the genus *Liobagrus* (Siluriformes: Amblycipitidae) from Korea. Doctorial Thesis, Chonbuk National University, pp. 14-46.
- Kim, S.H., H.S. Kim and J.Y. Park. 2015. A new species of torrent catfish, *Liobagrus hyeongsanensis* (Teleostei: Siluriformes: Amblycipitidae), from Korea. Zootaxa, 4007: 267-275.
- 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.
- MLTM (Ministry of Land & Transport and Maritime Affairs). 2010. Culture and Restoration of Endangered Species in the Major Four River Drainages. Soonchunhyang University, Asan, 489pp.
- MLTM (Ministry of Land & Transport and Maritime Affairs). 2011. Culture and Restoration of Endangered Species in the Major Four River Drainages (II). Soonchunhyang University, Asan, 364pp.
- Mori, T. 1936. Description on new genera and three new species of Siluroidea from Choseon. Zool. Magazine, 48: 671-675, pl. 24.
- Mun, S.J., H.S. Yim, K.H. Han and J.M. Park. 2017. Morphological development of eggs, larvae and juveniles of the far eastern catfish, *Silurus asotus* in Korea (Pisces: Siluridae). Dev. Reprod., 21: 399-406.
- Nelson, J.S., T.C. Grande and M.V.H. Wilson. 2016. Fishes of the world, 5th ed. John Wiley & Sons Inc., Hoboken, New Jersey, U.S.A., 180pp.
- NIBR (National Institute of Biological Resources). 2013. Breeding Manual of Endangered Freshwater Fish. Incheon, 239pp.
- Park, J.M., H.S. Yim, Y.S. Lee, H.Y. Kim and K.H. Han. 2015. Egg development of the ussuriian bullhead fish, *Leiocassis ussuriensis* (Pisces: Bagridae) and morphological development of its larvae and juveniles. Dev. Reprod., 19: 189-196.
- Park, J.M., S.M. Yoon, Y.S. Seo, K.H. Han and D.J. Yu. 2016. Morphological development of eggs, larvae and juveniles of the starlet sturgeon, *Acipenser ruthenus* (Pisces: Acipenseridae). Korean J. Ichthyol., 28: 179-185.
- Park, J.Y. and S.H. Kim. 2010. *Liobagrus somjinensis*, a new species of torrent catfish (Siluriformes: Amblycipitidae) from Korea. Ichthyol. Exp. Freshwaters, 21: 345-352.
- Park, K.S., Y.P. Hong, U.K. Moon, S.S. Choi and K.K. An. 2005. The egg development of Korean slender gudgeon, *Squalidus gracilis majimae* (Cypriniformes: Cyprinidae). Korean J. Limnol., 38: 73-82.
- Seo, W.I., K.H. Han, S.M. Yoon, C.C. Kim, S.Y. Hwang, S.H. Lee, C.L. Lee, Y.M. Son and I.S. Kim. 2006. Early life history of the *Liobagrus obesus* (Pisces, Amblycipitidae). Dev. Reprod., 10: 41-45.
- Son, Y.M. and H.K. Byeon. 2004. Feeding habits of bull head torrent catfish, *Liobagrus obesus* from Geum river, Korea. Korean J. Ichthyol., 16: 336-340.
- Son, Y.M. and I.Y. Choo. 1988. Ecological studies of catfish, genus *Liobagrus* from Korea. Korean J. Limnol., 21: 243-251.
- Son, Y.M. and J.H. Lee. 1989. Karyotypes of genus *Liobagrus* (Pisces: Amblycipitidae) in Korea. Korean J. Ichthyol., 1: 64-72.
- Son, Y.M., I.S. Kim and I.Y. Choo. 1987. A new species of torrent catfish, *Liobagrus obesus* from Korea. Korean J. Limnol., 20: 21-29.
- Song, H.Y., M.H. Ko, I.Y. Seo, S.J. Moon and I.C. Bang. 2017. Morphological development of egg and larvae of *Squalidus multimaculatus* (Gobioninae). Korean J. Ichthyol., 29: 52-61.
- 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.