

천연기념물 어름치 *Hemibarbus mylodon* (Pisces: Cyprinidae)의 난 발생 및 초기생활사

고명훈 · 김해림¹ · 박상용¹ · 방인철^{1,*}

이화여자대학교 에코과학부, ¹순천향대학교 생명시스템학과

Egg Development and Early Life History of the Natural Monument Species *Hemibarbus mylodon* (Pisces: Cyprinidae) in Korea by Myeong-Hun Ko, Hae-Rim Kim¹, Sang-Yong Park¹ and In-Chul Bang^{1,*} (Division of EcoScience, Ewha Womans University, Seoul 03760, Republic of Korea; ¹Department of Life Sciences and Biotechnology, Soonchunhyang University, Asan 31538, Republic of Korea)

ABSTRACT Egg development and early life history of the Korean natural monument fish *Hemibarbus mylodon* (Pisces: Cyprinidae) were investigated to provide basic data on biological characteristics and ecological recovery. Adult fish were collected from nature and transferred to the laboratory. For the first time, artificial maturation of females and males succeeded after 15 months of indoor culture. Mature eggs and sperm were obtained using Ovaprim injections (0.5 mL/kg) and then the eggs were fertilized using the dry method in the laboratory. The mature eggs were adhesive, turbid, and greyish; they averaged 2.21 ± 0.06 mm ($n=30$) in diameter. The embryos began to hatch about 78 h after fertilization at a water temperature $20 \pm 1^\circ\text{C}$, and the newly-hatched larvae were 6.6 ± 0.75 mm in total length (TL). At 14 days after hatching, the post-larval individuals were 13.5 ± 0.23 mm (TL), and their yolk sacs were completely absorbed. Twenty one days after hatching, they entered the juvenile stage and reached 13.5 ± 0.23 mm (TL). At 100 days after hatching, their band patterns, external form, and a pair of barbels were similar to those of adults, and they averaged 33.0 ± 4.25 mm (TL). The breeding technology and characteristics of early life history obtained in this study will be very helpful for conservation of *H. mylodon* in nature.

Key words: *Hemibarbus mylodon*, egg development, early life history, induce maturity, natural monument

서 론

모래무지아과(Gobioninae) 어류는 잉어목(Cypriniformes), 잉어과(Cyprinidae)에 속하며 유라시아에만 11속이 보고되었다(Nelson, 2006). 이 중 누치속 *Hemibarbus*은 1쌍의 수염을 가지고 말굽형의 입이 아래쪽으로 향해 있으며 전 세계적으로 16종이 보고되었는데, 우리나라에는 누치 *Hemibarbus labeo*, 어름치 *H. mylodon* 그리고 참마자 *H. longirostris* 3종이 서식하고 있다(Kim, 1997; Kim and Park, 2007; Froese and Pauly, 2014). 어름치는 우리나라의 한강과 금강에만 제한적으

로 서식하는 고유종으로(Kim, 1997; Kim and Park, 2007), 주로 중·상류의 물이 맑은 곳에 서식하고 수서곤충과 다슬기 등의 작은 수서동물 등을 주로 섭식하며, 산란은 유속이 약한 여울부에 웅덩이를 파고 산란한 후 잔자갈로 산란탑을 쌓는 독특한 습성을 갖는 것으로 알려져 주목받고 있다(Choi and Baek, 1970; Kim, 1997; ME, 2006; Kim and Park, 2007; CHA, 2009).

어름치는 독특한 산란습성 및 멸종위험 등으로 인하여 1972년 금강의 어름치 서식지인 충북 옥천군 이월면 일대가 천연기념물 제238호로 지정되었으며, 이후 1978년 종이 천연기념물 제259호로 지정되어 법적 보호를 받고 있다(CHA, 2014). 하지만 1990년대 이후 금강 집단은 더 이상 서식이 확인되지 않아 절멸된 것으로 추정되었다(ME, 2006; NIBR, 2011). 이

*Corresponding author: In-Chul Bang Tel: 82-41-530-1286, Fax: 82-41-530-1638, E-mail: incbang@sch.ac.kr

러한 이유로 2003년부터 천연기념물 어름치의 복원 연구가 진행되었는데, 서식지 특성과 생태학적, 유전학적 연구 등이 이루어졌으며 (ME, 2006; Bang *et al.*, 2007, 2008; Kim *et al.*, 2007; Lee *et al.*, 2008), 인공증식기술이 개발되면서 복원을 위해 금강 상류 및 한강 지류 홍천강에 어름치 치어가 방류되고 있다 (ME, 2006; CHA, 2012). 하지만 어름치의 난막은 강한 점착성이 있고 불투명하며 얇아 쉽게 손상되기 때문에 난 발생 및 초기생활사에 대한 연구는 자연에서 일부 생활사(Choi and Baek, 1970)만이 보고되었을 뿐 아직까지 연구되지 못하였다.

어류의 초기생활사 연구는 종의 특성을 규명하고 근연종과의 분류학적 유연관계를 밝히는 방면으로 연구되어 왔다 (Balon, 1985; Shimizu *et al.*, 1998; Sado and Kimura, 2002; Aoyama and Doi, 2011; Ko and Won, 2015). 또한 멸종위기종의 복원 (restoration) 및 보존 (conservation) 등을 위한 인공증식 기술 확립 (establishment of culture technology)의 일환으로 폭넓게 연구되고 있다 (Song *et al.*, 2008, 2009; ME 2009a, 2009b, 2011a, 2011b; MLTM, 2010, 2011).

따라서 본 연구에서는 천연기념물 어름치의 발생학적, 보전학적 연구의 일환으로 자연에서 채집된 어름치를 실험실에서 성숙 유도 및 인공수정시켜 난 발생 및 초기생활사를 조사하여 생물학적 특징을 밝히고 복원의 기초자료를 확보하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 친어확보 및 성숙 유도

어름치 *Hemibarbus mylodon* 친어는 문화재청 포획 허가 (2010년 4월 30일)를 받아 2010년 12월 6일부터 7일까지 강원도 양구군 방산면 수입천 일대에서 자망(망목 30×30 mm)을 이용하여 채집하였다. 채집된 개체는 실험실로 운반하여 암처리된 실내 FRP 수조 (200×200×100 cm)에 수용하였고 산란기 때의 광주기인 14L:10D를 수중 등으로 유지하였으며 산란 수온인 18±1°C로 관리하였다. 초기먹이는 먹이 순치를 위하여 살아있는 줄새우 *Palaemon paucidens*를 공급하였고, 이후 냉동 줄새우와 배합사료를 공급하여 사육하였다.

2. 인공수정

사육 개체중 성숙한 개체의 선별은 Kim (1997)과 ME (2006)에 따라 수컷은 추성과 혼인색으로, 암컷은 복부의 팽대 유무와 생식공의 모양 등으로 판별하였다. 선별된 암컷과 수컷은 Ovaprim (Syndel, Canada) 0.5 mL/kg을 주사한 후, 10시간 경과 후부터 암컷을 30분 간격으로 복부 압박하여 성숙란을 확

보하였고, 수컷으로부터 얻은 정액을 생리식염수에 100배 희석시켜 건식법으로 수정시켰다. 성숙한 친어의 체장과 체중은 암·수를 구별하여 체장은 1 mm, 체중은 1 g까지 측정하였으며, 산란수는 개체별로 개수하였고, 성숙란의 크기는 가장 잘 성숙된 개체를 골라 30개 난을 측정하였다.

3. 난 발생 및 자·치어 형태 관찰

난 발달과정을 관찰하기 위하여 불투명한 수정란은 Park *et al.* (2001)의 방법에 따라 15%의 아황산나트륨 (Na₂SO₃) 수용액을 넣어 점착성 물질을 제거하여 투명난으로 전환한 후 페트리디쉬 (ø 150 mm)에 분산 수용하여 관찰하였다. 이후 부화 자어는 수조 (21×36×20 cm)에 수용하였고, 부화 후 20일 부터는 FRP 수조 (200×200×100 cm)에 옮겨 사육하였다. 수온은 20±1°C로 관리하였으며, 사육수는 초기에 매일 1/2씩 환수하였고, 이후 FRP 수조로 옮긴 후에는 유수식으로 관리하였다. 난황 흡수가 끝난 자어의 초기먹이는 *Artemia* sp.를 30일간 공급하였으며, 이후 배합사료로 전환하여 사육하였다. 자·치어 형태 관찰은 부화 직후부터 100일까지 각 단계별 무작위로 10개체를 선정하여 마취제 (MS-222 Syndel, Canada)를 이용하여 마취 후 관찰하였다. 난 발생 및 자·치어 형태 발달은 카메라 (Olympus DP72, Japan)가 부착된 해부현미경 (Olympus SZX9, Japan)으로 발생단계에 따른 특징을 관찰·촬영하였다. 발달단계는 Charles *et al.* (1995)과 Kim (1997)을 참고하여 구분하였다.

결 과

1. 성숙 유도 및 성숙란의 특징

자연에서 채집된 어름치 *Hemibarbus mylodon*는 FRP 수조에서 산란기의 광주기 (14L:10D)와 수온 (18°C)에서 사육한 결과 15개월 후부터 성숙한 개체가 관찰되었다. 성숙한 수컷은 혼인색으로 몸이 검게 짙어지고 추성이 나타나며 복부 압박 시 정액이 관찰되었고, 성숙한 암컷은 복부가 많이 팽대되고 생식공이 붉게 확대되었다.

성숙한 암컷 (n=7)은 체장 290~302 mm, 체중 244~330 g 이었고, 수컷 (n=3)은 체장 290~321 mm, 체중 256~383 g 이었다. 이 개체들에 Ovaprim을 주사하여 12시간 이내에 성숙란을 채란할 수 있었으며, 산란수 (n=4)는 평균 4,309±1,038 (3,158~5,526)개였다. 성숙란은 구형의 불투명한 연한 회색 (난황은 황색)의 침성점착란이었으며 크기는 2.21±0.06 (2.08~2.36, n=30) mm였다.

Table 1. The egg development stages of *Hemibarbus mylodon* at water temperature $20 \pm 1^\circ\text{C}$

Stage	Elapsed time	Description	Fig. 1
Zygote period			
Insemination	00 min	Sperm and egg are inseminated	—
Swelling	15 min	Swelling	A
Blastodisc	1 h	Blastodisc	B
Cleavage period			
2 cells	1 h 50 min	2 blastodisc is cleavage	C
4 cells	2 h 05 min	2-2 array of blastomeres	D
8 cells	2 h 25 min	2-4 array of blastomeres	E
16 cells	2 h 45 min	4-4 array of blastomeres	F
32 cells	3 h 05 min	4-8 array of blastomeres	G
64 cells	3 h 20 min	8-8 array of blastomeres	H
Blastula period			
126 cells	3 h 45 min	8-16 array of blastomeres	—
Morula (256 cells)	4 h 05 min	16 regular tiers of blastomeres	I
Blastula	6 h 30 min	Flattening produces an elliptical shape	J
Gastrula period			
Early gastrulation	11 h 00 min	Early gastrulation	K
Late gastrulation	20 h 30 min	Late gastrulation	L
Segmentation period			
Formation of the embryo	23 h 00 min	Formation of the embryo	M
4-5 myotomes	25 h 30 min	4-5 myotomes, formation of optic vesicles	N
8-9 myotomes	27 h 00 min	8-9 myotomes	O
13-14 myotomes	29 h 00 min	13-14 myotomes, lens rudiment appear	P
20-21 myotomes	34 h 30 min	20-21 myotomes, formation of auditory vesicles, brain neuromeres prominent, tail begins to extend	Q
34-40 myotomes	47 h	34-40 myotomes, formation of heart, tail well extended	R
Hatching period			
Hatching	72 h	Hatching start	
	78 h	Hatching (50%)	S
	96 h	Hatching complete	

2. 난 발생

난 발달과정의 각 단계별 특징은 Table 1에 제시하였고, 각 발달단계는 Fig. 1에 제시하였다. 수정란은 수정 30분 후에 물을 흡수하여 3.25 ± 0.07 ($3.06 \sim 3.36$) mm ($n = 30$)으로 팽창하였고(Fig. 1A), 1시간 뒤 세포질이 동물극(animal pole) 쪽으로 응집되어 배반(blastodisc)을 형성하였다(Fig. 1B). 1시간 50분 후에 배반에 난할이 일어나 2세포기를 형성하였고(Fig. 1C), 2시간 5분 후 4세포기를(Fig. 1D), 2시간 25분 후 8세포기를(Fig. 1E), 2시간 45분 후 16세포기를(Fig. 1F), 3시간 5분 후에 32세포기를 형성하였으며(Fig. 1G), 3시간 20분 후에 64세포기를 형성하였다(Fig. 1H). 이후 3시간 45분 후에 128세포기를 형성하였고, 4시간 5분 후에 상실기(morula, 256세포기)를(Fig. 1I), 6시간 30분 후에 포배기(blastula)를 형성하였다(Fig. 1J). 11시간 후에 배반이 난황의 식물극(vegetal pole) 쪽으로 30%를 덮어 낭배초기(early gastrula)에(Fig. 1K), 20시간 30분 뒤 90% 이상 덮어 낭배말기(late gastrula)에 도달하였다(Fig. 1L). 23시간 후에는 원구(blastopore)가 폐쇄되면서 배체(embryo)의 윤곽이 뚜렷해졌고(Fig. 1M), 25시간 30분 후에는 근절(myotomes)이 4~5개가 생기고, 안포(optic vesicle)

가 형성되었으며(Fig. 1N), 27시간 후에는 8~9개의 근절이 형성되었다(Fig. 1O). 29시간 후에는 근절이 15~16개가 형성되었고 안포가 뚜렷해졌으며 이포(auditory vesicle)가 형성되었다(Fig. 1P). 34시간 30분 후에는 근절 20~21개가 형성되었으며 뇌의 분화가 일어나고 꼬리가 신장되기 시작하였다(Fig. 1Q). 47시간 후에는 근절 34~40개가 형성되면서 안포에 렌즈(lens)가 뚜렷해졌고 심장(heart)이 형성되어 뛰기 시작하였으며 꼬리가 길게 신장되어 활발하게 움직였다(Fig. 1R). 72시간 후에는 꼬리를 이용하여 난막을 뚫고 부화하기 시작하였고, 78시간 후 50%가, 96시간 후에 부화가 완료되었다(Fig. 1S).

3. 자·치어의 발달

1) 전기자어기(pre-larva stage)

부화 직후 전기 자어는 전장 6.6 ± 0.75 mm ($n = 10$)로 몸이 약간 S자로 휘어져 있었으며 입과 항문은 열리지 않았고 몸은 투명하였다. 난황은 구형이었고 등쪽과 배쪽에는 막지느러미가 형성되어 있었다(Fig. 2A). 1일 후에는 전장 8.9 ± 0.22 mm ($n = 10$)로 몸이 1자로 펴지고 난황이 흡수되면서 축소되었으며 가슴지느러미가 형성되기 시작하였다(Fig. 2B). 3일 후에

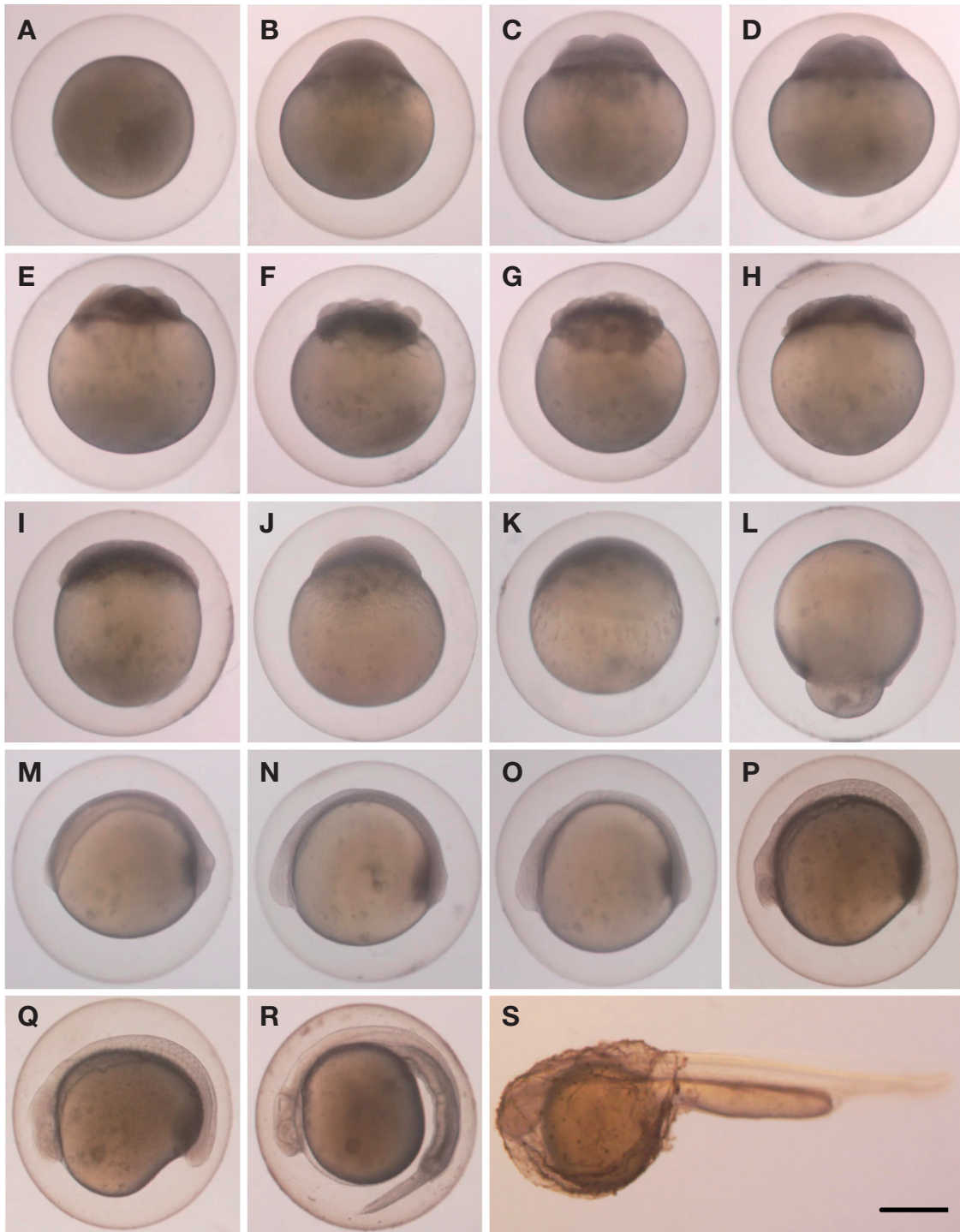


Fig. 1. Egg development and hatching of *Hemibarbus mylodon* at water temperature $20 \pm 1^\circ\text{C}$. Time required for each developmental stage is shown in Table 1. The bar indicates 1 mm.

는 전장 9.7 ± 0.24 mm ($n=10$)로 눈이 검게 착색되었으며 가슴지느러미가 안경만큼 커졌다. 또한 난황이 50%가 흡수되었고 몸 전체에 흑소포가 관찰되었다(Fig. 2C). 7일 후에는 전장 10.9 ± 0.19 mm ($n=10$)로 입과 항문이 열렸고 두부와 체측에

점 형태의 흑소포가 관찰되었으며 꼬리지느러미 원기가 8~9개가 형성되었다(Fig. 2D). 10일 후에는 전장 11.7 ± 0.29 mm ($n=10$)로 난황이 거의 흡수되고 부레가 생기기 시작하였으며 등지느러미 원기가 3~4개, 꼬리지느러미 기초 20~21개가 관

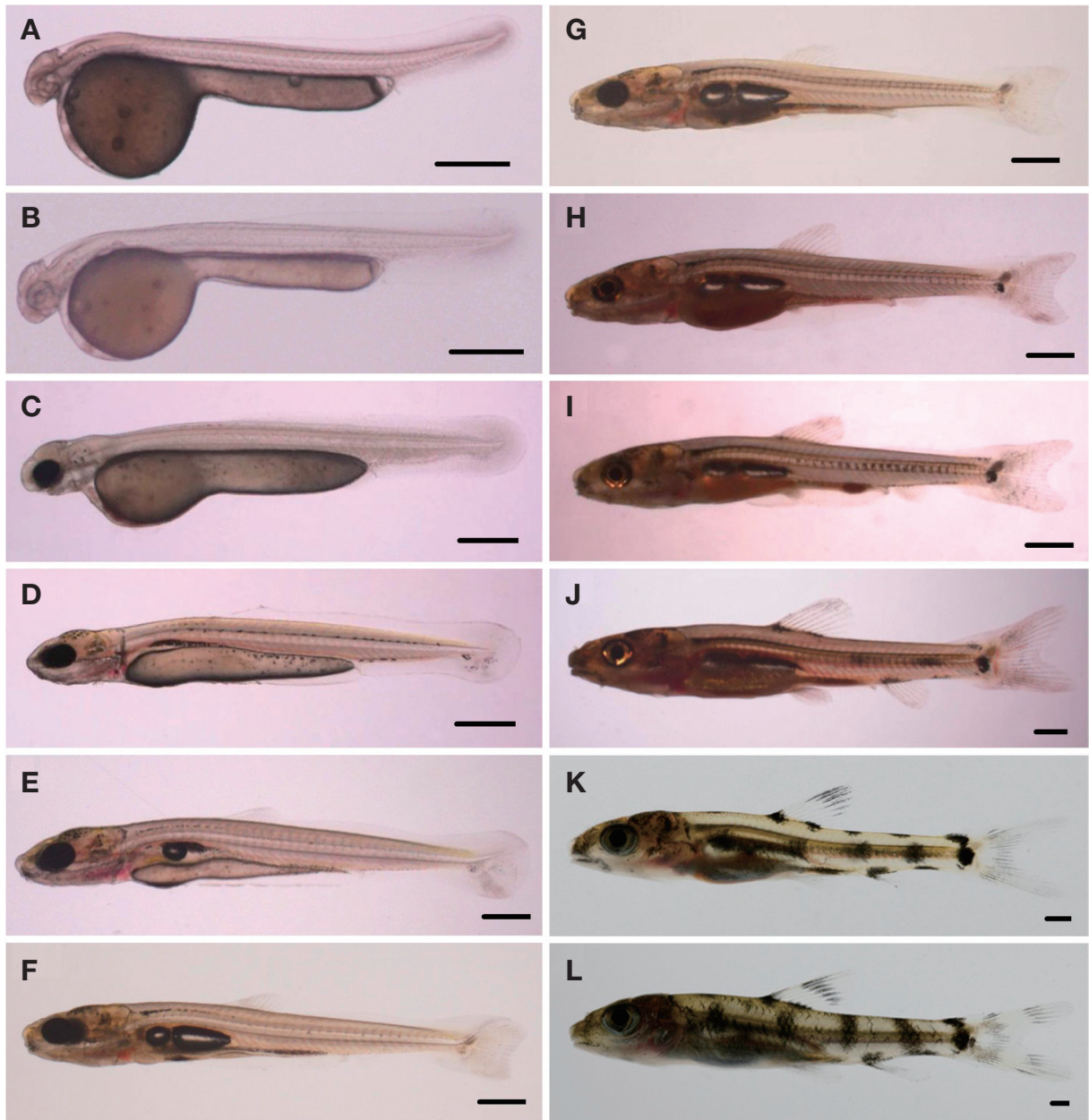


Fig. 2. Prelarva (A-E), postlarva (F-H) and juvenile (I-L) development of *Hemibarbus mylodon* at water temperature $20 \pm 1^\circ\text{C}$. The bars indicate 1 mm. A: 0 day, 6.6 ± 0.75 mm (TL); B: 1 day, 8.9 ± 0.22 mm; C: 3 days, 9.7 ± 0.24 mm; D: 7 days, 10.9 ± 0.19 mm; E: 10 days, 11.7 ± 0.29 mm; F: 14 days, 13.5 ± 0.23 mm; G: 15 days, 13.0 ± 0.49 mm; H: 19 days, 15.9 ± 0.64 mm; I: 21 days, 14.8 ± 0.45 mm; J: 30 days, 18.1 ± 0.61 mm; K: 50 days, 22.2 ± 0.74 mm; L: 100 days, 34.2 ± 2.36 mm.

찰되었다. 또한 이때부터 *Artemia* sp.를 섭식하기 시작하였다 (Fig. 2E).

2) 후기자어기(post-larva stage)

부화 후 14일에는 전장 13.5 ± 0.23 mm ($n = 10$)로 난황이 모두 흡수되어 후기자어기로 이행하였다. 부레는 2개로 나뉘어졌고 등지느러미 기조가 6~7개가 형성되었으며 꼬리지느러미가 양쪽으로 갈라지기 시작하였다(Fig. 2F). 15일 후에는 전

장 13.0 ± 0.49 mm ($n = 10$)로 뒷지느러미와 배지느러미가 형성되기 시작하였고 미병부에 검은 반점 1개가 형성되었다(Fig. 2G). 19일 후에는 전장 15.9 ± 0.64 mm ($n = 10$)로 등지느러미 기조가 8~9개, 뒷지느러미 기조가 6~7개 관찰되었고, 미병부에 검은 반문 2개가 나타났다(Fig. 2H).

3) 치어기(juvenile stage)

부화 후 21일에는 전장 14.8 ± 0.45 mm ($n = 10$)로 배지느러

Table 2. Comparison of early life history factors among several species that belong to genus *Hemibarbus*

Species	Spawned eggs (mean)	Egg diameter (mean, mm)	Time of hatching (water t.)	Hatching size (mean, mm)	Days until post-larva (mean, mm)	Days until juvenile (mean, mm)	Reference
<i>Hemibarbus mylodon</i>	3,156~5,526 (4,309)	2.1~2.4 (2.2±0.06)	78 h (20.0±1°C)	5.6~7.6 (6.7)	14 days (13.5±0.23)	21 days (14.8±0.45)	Present study
	1,200~2,300	3	5 days (16.5~18°C)	8	20 days (14)	—	Choi and Baek, 1970
<i>H. longirostris</i>	—	1.5~1.8	—	5.8	5 day (7.5)	—	Uchida, 1939
<i>H. labeo</i>	—	1.6~1.9 (1.8)	195 h (12.5~18.5°C)	6.5~6.8 (6.6)	—	—	He <i>et al.</i> , 1999

미의 기조가 4~5개 관찰되면서 모든 지느러미 기조가 정수로 되어 치어기로 이행하였다(Fig. 2I). 30일 후에는 전장 18.1±0.61 mm (n=10)로 등지느러미 기저부와 체측 중앙, 뒷지느러미 기저부, 꼬리지느러미 기저부에 검은 무늬가 나타나기 시작하였다(Fig. 2J). 50일 후에는 전장 22.2±0.74 mm (n=10)로 등지느러미 상부에 검은 무늬가 생성되었으며 등과 측선을 따라 반문이 점 형태로 5개가 나열되어 짙어졌다(Fig. 2K). 100일 후에는 전장 33.0±4.25 mm (n=10)로 입에 1쌍의 수염이 생성되기 시작하였으며 지느러미 무늬와 체측 반문이 보다 선명해졌다(Fig. 2L).

고 찰

천연기념물 어류인 *Hemibarbus mylodon*는 금강에서 1990년대 이후 더 이상 확인되지 않아 절멸된 것으로 추정되었고(ME, 2006; NIBR, 2011), 이를 복원하기 위하여 연구가 진행되면서 인공증식기술이 개발되어 금강 및 한강(홍천강)에 2004년부터 지금까지 지속적으로 치어가 방류되고 있다(ME, 2006; CHA, 2012). 하지만 치어 생산에 사용되는 성숙한 친어는 자연에서 채집하여 사용되어 왔기 때문에 안정적인 치어생산 및 자연개체군의 영향 등의 문제점이 제기되었다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 자연에서 채집된 어류치료를 FRP 수조에서 산란기의 광주기 및 수온에서 사육한 결과, 처음으로 성숙이 유도되는 것을 확인하였고 난 발생 및 자·치어 발달도 정상적으로 진행되었다. 따라서 추후 이러한 방법은 성숙한 어류치료를 안정적으로 확보할 수 있기 때문에 대량 치어 생산이 가능할 것으로 판단된다.

어류치의 성숙란은 불투명한 회색의 침성점착란으로 수정 후 쉽게 난끼리 부착되어 난괴를 형성하였으며, 산란수는 4,309±1,038 (n=4)개였다. Choi and Baek (1970)는 어류치가 여울부에 산란탕을 만들며 산란하는데, 난은 포도송이 모양의 난괴로 1,200~2,300개가 있다고 보고하여 난괴를 형성하

는 것은 유사하였지만 난수에 있어서는 큰 차이를 보였다. 이러한 차이는 어류치의 산란이 하나의 산란탕에 모두 산란하는 것이 아니라 산란을 여러 개의 산란탕에 하거나 또는 같은 산란탕에 시기를 달리하여 산란하기 때문으로 추정되나 추후 확인이 필요하다. 산란된 성숙란은 난막이 얇아 외부 충격에 쉽게 손상되었다. 하지만 자연에서는 산란탕을 만들고 탕 안의 난은 서로 부착하여 난괴를 형성하기 때문에, 산란탕이 외부의 충격이나 포식자의 섭식으로부터 보호받고 유속에 의해 난이 산란장 밖으로 유실되는 것을 막아주는 기능적 역할을 하는 것으로 판단된다. 같은 속의 속하는 누치 *H. labeo*와 참마자 *H. longirostris*는 모래와 자갈 바닥에 포도송이 모양으로 알을 붙이는 것으로 알려져 본 종과 산란습성에 차이를 보인다(Uchida, 1939; Kim 1997; He *et al.*, 1999). 성숙란은 비교적 균일하였으며 크기는 2.8±0.09 mm이고 수정 이후 물을 흡수하여 3.9±0.09 mm까지 커지는 것으로 나타나, Choi and Baek (1970)의 산란탕 안의 수정란 크기 3.0~3.2 mm보다는 큰 편이었다. 같은 속의 참마자는 1.5~1.8 mm (Uchida, 1939), 누치는 1.6~1.9 (1.8) mm (He *et al.*, 1999)로 보고되어 어류치의 난경이 이들보다 큰 편이었다.

어류치 난은 불투명하여 난 발달과정을 직접적으로 관찰할 수 없어 Park *et al.* (2001)에 따라 15%의 아황산나트륨(Na₂SO₃) 수용액에 넣어 젤리층을 제거하였는데, 5분간 처리된 난이 발달과정을 가장 잘 관찰할 수 있었다. 추후 이러한 방법은 점착성이 강하거나 난막이 두꺼워 직접 관찰하지 못하는 동자개과(Bagridae)나 종개과(Balitoridae) 등의 종들에 유용하게 사용될 것으로 판단된다.

부화시간은 수온 20.0±1°C에서 78시간(50%)이 소요되어 Choi and Baek (1970)의 16.5~18°C에서 5일(120시간)과 큰 차이를 보였다. 일반적으로 수온이 낮으면 부화시간도 느려지는 것으로 보고되고 있어(Han and Cho, 2007; Lee *et al.*, 2010, 2011) 수온 차이가 중요한 원인으로 생각되나 Choi and Baek (1970)의 연구가 자연에서 진행되었기 때문에 정확한 부화시간을 추정하기 어려웠을 가능성도 있다. 같은 속의 누치는

12.5~18.5°C에서 부화시간이 195시간이 소요된다고 보고되어(He *et al.*, 1999) 수온을 감안하더라도 어름치는 누치보다는 부화시간이 빠른 것으로 추정되었다.

부화직후의 자어 크기는 평균 6.7 mm로 나타나 Choi and Baek (1970)의 평균 8 mm보다 작게 나타났다. 이러한 차이는 측정시기 및 측정방법의 차이에 의한 것으로 추정되는데(Choi and baek, 1972; Ko *et al.* 2011), 특히 부화 직후의 자어는 몸이 S자로 휘어져 있다 몸이 점점 펴지기 때문에 부화직후 측정하지 않으면 크기 차이를 보일 수 있다. 같은 속의 누치는 평균 6.6 mm(He *et al.*, 1999), 참마자가 평균 5.8 mm(Uchida, 1939)로 보고되어 누치와는 유사하였으나 참마자 보다는 큰 편이었다. 또한 후기자어로의 이행시기는 14일로 나타나 Choi and Baek(1970)의 20일과 차이를 보였는데, 부화시간과 마찬가지로 수온의 차이에 따른 결과로 판단되며, 유연종 참마자가 5일 걸린다고 보고되어(Uchida, 1939) 좀 더 느린 편이었다. 치어기로의 이행시기는 근연종에서 연구되지 않아 비교가 불가능하였다.

사 사

채집에 도움을 주신 보령민물생태관 조성장 사장님께 감사드립니다.

요 약

천연기념물 어름치 *Hemibarbus mylodon*의 복원학적, 발생학적 특징을 밝히기 위하여 난 발생 및 초기생활사 연구를 실시하였다. 자연에서 친어를 채집한 후 실험실로 옮겨 사육하면서 약 15개월 후에 암·수의 인공 성숙에 성공하였다. 성숙한 암컷과 수컷은 Ovaprim(0.5 mL/kg)을 주사하여 산란을 유도하였고 건식법으로 인공수정시켰다. 산란된 성숙란(n=30)은 2.21±0.06 mm이었으며, 접착성을 띤 불투명한 회색이었다. 수정란은 수온 20±1°C에서 수정 후 78시간(50%)만에 부화하였으며, 부화 직후의 자어는 전장 6.6±0.75 mm(n=10)이었다. 부화 후 14일에 전장 13.5±0.23 mm(n=10)로 난황 흡수가 완료되어 후기자어로 이행하였다. 부화 후 21일에는 전장 14.8±0.45 mm(n=10)로 모든 지느러미 기조가 정수가 되어 치어기로 이행하였다. 100일 후에 전장 33.0±4.25 mm(n=10)로 1쌍의 입수염이 나타나고 체측의 반문과 체형이 비교적 성어와 유사하였다. 본 연구에서 얻어진 사육 기술 및 초기생활사 특징은 어름치의 보전생물학적 측면에 도움이 될 것으로 사료되었다.

REFERENCES

- Aoyama, S. and T. Doi. 2011. Morphological comparison of early stages of two Japanese species of eight-barbel loaches: *Lefua echigonia* and *Lefua* sp. (Nemacheilidae). *Folia Zool.*, 60: 355-361.
- Balon, E.K. 1985. The theory of fsaltatory ontogeny and life history models revisited. In: Balon, E.K. (ed.), *Early Life Histories of Fishes: New developmental, ecological and evolutionary perspective*. DR W. Junk Publishers, pp. 13-30.
- Bang, I.C., Y.A. Lee and W.O. Lee. 2008. Cytogenetic analysis of three *Hemibarbus* species (Cypriniformes) from Korea. *Aquaculture*, 21: 259-264. (in Korean)
- Bang, I.C., Y.H. Lim, Y.S. Cho, S.Y. Lee and Y.K. Nam. 2007. Survey of expressed wequence tags from tissue-specific cDNA libraries in *Hemibarbus mylodon*, an endangered fish species. *Aquaculture*, 20: 248-254. (in Korean)
- Charles, B.K., W.B., William, R.K. Seth, U. Bonnie and F.S. Thomas. 1995. Stages of embryonic development of the Zebrafish. *Dev. Dyn.*, 203: 253-310.
- CHA(Cultural Heritage Administration). 2009. *Habitat Status Basic Research of Natural Monument fish*. Institute of Biodiversity, 117pp. (in Korean)
- CHA(Cultural Heritage Administration). 2012. *Culture and Restoration Research of Natural Monument, Hemibarbus mylodon*. Soonchunhyang University, Asan, 48pp. (in Korean)
- CHA(Cultural Heritage Administration). 2014. *Natural Monument Designation*. Retrieved from <http://www.cha.go.kr>. version (09/2014).
- Choi, K.C. and Y.K. Baek. 1970. On the life-history *Gonoproktopterus mylodon* (Berg). *Korean J. Limnol.*, 3: 21-33. (in Korean)
- Choi, K.C. and Y.K. Baek. 1972. On the life-history of *Gobiobotia macrocephalus* Mori. *Korean J. Limnol.*, 5: 45-57. (in Korean)
- Froese, R. and D. Pauly (Eds). 2014. *FishBase*. World Wide Web electronic publication. Retrieved from <http://www.fishbase.org>. version (09/2014).
- Han, K.H. and J.K. Cho. 2007. Effect of water temperature on the embryonic development of panther puffer *Takifugu pardalis*. *Aquaculture*, 20: 265-269. (in Korean)
- He, J., X. He and T. Yan. 1999. Observations on the embryonic development of *Hemibarbus labeo* (Pallas) in lower reaches of Fujiang river. *J. Southwest China Nor. Univ.*, 24: 225-231. (in Chinese)
- Kim, I.S. 1997. *Illustrated Encyclopedia of Fauna & Flora of Korea*, Vol. 37, *Freshwater Fishes*. Ministry of Education, Yeongi, 329pp. (in Korean)
- Kim, I.S. and J.Y. Park. 2007. *Freshwater Fishes of Korea*. Kyohak Publishing, Seoul, 467pp. (in Korean)
- Kim, W.J., Y.A. Lee and I.C. Bang. 2007. Isolation and characterization of polymorphic microsatellite markers for the endan-

- gered Korean freshwater fish *Hemibarbus mylodon*. Mol. Eco. Notes, 7: 516-518.
- Ko, M.H., W.J. Kim, S.Y. Park and I.C. Bang. 2011. Egg development and early life history of the endangered species *Gobiobotia macrocephala* (Cyprinidae). Koran J. Ichthyol., 23: 198-205. (in Korean)
- Ko, M.H. and Y.J. Won. 2015. Egg development and early life history of the Korean spine loach, *Cobitis tetralineata* (Pisces: Cobitidae). Korean J. Ichthyol., 27: 95-103. (in Korean)
- Lee, C.S., C.H. Lee and K.S. Kim. 2011. Effect of water temperature on the egg development and early growth of *Oncorhynchus masou*. Fish. Manage., 1: 41-47. (in Korean)
- Lee, S.H., H. Ju, I.H. Yeon, W.K. Lee and K.H. Han. 2010. Effect of water temperature on the egg development and early life history of *Pseudopungtungia nigra*. Environ. Resear., 10: 89-96. (in Korean)
- Lee, Y.A., Y.E. Yun, Y.K. Nam and I.C. Bang. 2008. Genetic diversity of endangered fish *Hemibarbus mylodon* (Cyprinidae) assessed by AFLP. Aquaculture, 21: 196-200. (in Korean)
- ME (Ministry of Environment). 2006. Studies on the genetic diversity, artificial propagation and *ex situ* restoration of a threatened national monument fish *Hemibarbus mylodon*. Soonchunhyang University, Asan, 520pp. (in Korean)
- ME (Ministry of Environment). 2009a. Development of Genetic Diversity Analysis, Culture and Ecosystem Restoration Techniques for Endangered Fish, *Iksookimia choii*. Soonchunhyang University, Asan, 537pp. (in Korean)
- ME (Ministry of Environment). 2009b. Culture and Restoration Research of *Pseudobagrus brevicarpus*. Inland Culture Research Center, National Institute of Fisheries Science, 75pp. (in Korean)
- ME (Ministry of Environment). 2011a. Development of Culture Techniques and Construction of Monitoring System for Released Seedlings of Endangered Fish *Koreocobitis naktongensis*. Soonchunhyang University, Asan, 250pp. (in Korean)
- ME (Ministry of Environment). 2011b. Culture and Restoration Research of Endangered Freshwater Fish (four species include *Liobagrus obesus*). Soonchunhyang University, Asan, 359pp. (in Korean)
- 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. (in Korean)
- 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, 363pp. (in Korean)
- Nelson, J.S. 2006. Fishes of the World. John Wiley & Sons, Inc., pp. 139-143.
- NIBR (National Institute of Biological Resources). 2011. Red Data Book of Endangered Fishes in Korea. Ministry of Environment, Incheon, 202pp. (in Korean)
- Park, S.Y., Y.A. Lee, K.C. Choi, E.J. Kang and I.C. Bang. 2001. Early gonadogenesis and sex differentiation in the bagrid catfish, *Leiocassis ussuriensis*. Korean J. Ichthyol., 13: 248-253. (in Korean)
- 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.
- Shimizu, T., H. Sakai and N. Mizuno. 1998. Embryonic and larval development of a Japanese spinous loach, *Cobitis takatsuensis*. Ichthyol. Res., 45: 377-384.
- Song, H.Y., W.J. Kim, W.O. Lee and I.C. Bang. 2008. Morphological development of egg and larvae of *Iksookimia choii* (Cobitidae). Korean J. Limnol., 41: 104-110. (in Korean)
- Song, H.Y., H. Yang, E.M. Cho, H.C. Shin and I.C. Bang. 2009. Morphological development of egg and larvae of *Koreocobitis naktongensis* (Cobitidae). Korean J. Ichthyol., 21: 247-252. (in Korean)
- Uchida, K. 1939. The fishes of Tyosen. Part I. Numatognathi, Even-tognathi. Bull. Fish Exp. Sta. Gov. Gener. Tyosen, pp. 182-191. (in Japanese)