

멸종위기 어류 꾸구리 *Gobiobotia macrocephala*의 난발생 및 초기생활사

고명훈 · 김우중 · 박상용 · 방인철*

순천향대학교 해양생명공학과

Egg Development and Early Life History of the Endangered Species *Gobiobotia macrocephala* (Cyprinidae) by Myeong-Hun Ko, Woo-Joong Kim, Sang-Yong Park and In-Chul Bang* (Department of Marine Biotechnology, Soonchunhyang University, Asan 336-745, Korea)

ABSTRACT Early life history of the endangered species, *Gobiobotia macrocephala* was investigated to provide baseline data for biological characteristics and recovery. Adult fish were sampled by spoon net at Hongcheon-gun, Gangwon-do, Korea in April to June 2010. The female's eggs were obtained by injecting Ovaprim and fertilized by dry method in the laboratory. The mature eggs were slightly adhesive and transparent with greyish and average 0.89 ± 0.04 mm in diameter. The hatching of the embryo took place in about 107 hours after fertilization under water temperature of 23°C and newly hatched larvae were average 4.6 ± 0.16 mm in total length. At 4 days after hatching, they were average 6.1 ± 0.20 mm in total length and their yolk sacs were completely absorbed. From 15 days after hatching, they entered the juvenile stage and reached at 8.6 ± 0.67 mm in total length. At the 100 days after hatching, their band patterns and external form were similar to those of adults, and they averaged 31.5 ± 3.32 mm in total length.

Key words : Endangered fish, *Gobiobotia macrocephala*, egg development, early life history

서 론

잉어과 (Cyprinidae) 어류는 북아메리카와 아프리카, 유라시아에 널리 서식하며 220속 2,420종이 서식하는 것으로 보고되었으며 (Nelson, 2006), 우리나라에는 6아과 35속 74종이 있고, 이 중 모래무지아과에 속하는 꾸구리속 *Gobiobotia* 어류는 꾸구리 *G. macrocephala*, 돌상어 *G. brevibarba*, 흰수마자 *G. nakdongensis* 3종이 서식하고 있으며 특별한 서식조건을 갖는 것으로 알려져 왔다 (김과 박, 2007; 국토해양부, 2010). 최근 환경오염과 댐건설, 하천개발 등으로 인해 서식지가 교란되고 파괴됨에 따라 개체수가 줄어들고 있어 환경부는 3종 모두 멸종위기종으로 지정하여 보호하고 있

다 (환경부, 2005; 김과 박, 2007).

이 중 꾸구리는 우리나라 고유종으로 임진강, 한강, 금강의 물살이 빠르고 자갈이 많이 깔린 중·상류 지역에 서식하는 저서성 소형 어류이다 (김 등, 2005; 김과 박, 2007). 본 종은 멸종위기종 II급에 속하는 어류임에도 불구하고 식성 (최 등, 2004)과 핵형분석 (Song and Park, 2005), 생활사 (Choi and Beak, 1972) 등의 일부 연구만 보고되었을 뿐이다. 또한 Choi and Beak (1972)의 생활사에 관한 연구는 자연에서 채집한 꾸구리 수정란을 대상으로 일부 생활사에 대한 내용만 기술하고 있어, 단계별 소요시간과 체계적인 난발생 및 자치어 발달과정을 이해하는 데에는 제한적이다.

어류의 초기생활사 연구는 유사종과의 분류학적 유연관계를 밝힐 뿐만 아니라 종의 생물학적 특징을 규명하는 데 이용되어 왔으며 (Blaxter, 1974), 최근 멸종위기 어류의 복원 연구가 활발히 진행되면서 복원연구의 일환으로 난발생 및

*교신저자: 방인철 Tel: 82-41-530-1286, Fax: 82-41-530-1493,
E-mail: incbang@sch.ac.kr

초기생활사 연구도 활발히 진행되고 있다(환경부, 2006, 2009; 국토해양부, 2010).

본 연구에서는 멸종위기어류 꾸구리의 난발생 및 초기생활사를 체계적으로 조사하여 생물학적 특징 및 근연종과의 유연관계를 밝히고 본 종의 복원 및 인공종묘 생산기술의 기초자료로 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

꾸구리의 친어는 원주지방환경청의 포획허가(허가번호 제2010-07)를 받은 후, 2010년 4월부터 6월까지 강원도 홍천군 북면 노일리 일대에서 족대(망목 4×4 mm)를 이용하여 암컷과 수컷을 포획하였다. 채집된 개체 중 성숙한 개체들을 골라 암·수 모두 1 kg당 Ovaprim (Syndel, Canada) 0.5 mL을 주사한 후, 12시간 경과 후에 암컷을 복부압박법으로 채란하고 여기에 수컷으로부터 얻은 정액을 Ringer solution에 100배 희석시켜 건식법으로 수정시켰다. 산란수는 25개체를 조사하였으며, 성숙란의 크기는 무작위로 30개를 선정하여 측정하였다.

수정란은 15 cm 패트리디쉬에 분산 수용하여 난발생과 전기자어기를 관찰하였으며, 이후 수조(60×45×45 cm)에 옮

겨 후기자어기와 치어기를 관찰하였다. 난황흡수가 끝난 자어부터 부화 후 30일까지는 brine shrimp (*Artemia* sp.) 유생을 공급하였고, 31일 이후부터는 배합사료와 실지렁이를 순차적으로 공급하여 사육하였다. 사육용수는 매일 1/2 환수하였으며, 사육수온은 23°C로 관리하였다.

난과 자치어의 발달 과정은 해부현미경 (Olympus SZX9, Japan) 하에서 관찰 및 디지털카메라 (Olympus DP72, Japan) 로 촬영하였다. 자치어 발달과정은 부화 직후부터 부화 후 100일까지 각 단계별 무작위로 10개체를 선별한 후 마취제 MS-222 (Sindell, Canada)로 마취하여 형태관찰 및 전장과 체중을 측정하였다.

결 과

1. 성숙개체 크기 및 성숙란의 특징

성숙란을 포란한 꾸구리는 4월 말부터 6월 중순까지 채집되었으며, 성숙한 암컷 (n=25)은 체장 46.1~80.4 mm, 체중 1.9~10.2 g이었으며, 수컷 (n=10)은 체장 55.2~70.3 mm, 체중 2.8~5.3 g이었다. 산란수 (n=25)는 평균 1,271±908 (205~3,361)개였고, 성숙란의 크기는 0.89±0.04 (0.83~0.94, n=30) mm였으며, 산란 유도된 성숙란은 약한 접착성

Table 1. Egg development of *Gobiobotia macrocephala* at water temperature 23°C

Stage	Elapsed	Characters	Fig. 1
Zygote period			
Insemination	00 h 00 min	Sperm and egg are inseminated	
Swelling	00 h 15 min	Swelling	A
Blastodisc	00 h 55 min	Blastodisc	B
Cell cleave period			
2 cells	01 h 25 min	2 blastodisc is cleavage	C
4 cells	01 h 45 min	2~2 array of blastomeres	D
8 cells	02 h 05 min	2~4 array of blastomeres	E
16 cells	02 h 25 min	4~4 array of blastomeres	F
32 cells	02 h 50 min	4~8 array of blastomeres	G
64 cells	03 h 15 min	8~8 array of blastomeres	H
Morula (256 cells)	04 h 05 min	16 regular tiers of blastomeres	I
Blastula	07 h 20 min	Flattening produces an elliptical shape	J
Gastrula period			
Early gastrulation (50% epiboly)	09 h 00 min	Early gastrulation	K
Late gastrulation (90% epiboly)	14 h 00 min	Late gastrulation	L
Embryonic period			
Formation of the embryo	15 h 40 min	Formation of the embryo	M
4~5 myotomes	18 h 00 min	4~5 myotomes, formation of optic vesicles	N
9~10 myotomes	19 h 30 min	9~10 myotomes	O
20~21 myotomes	24 h 00 min	20~21 myotomes, formation of auditory vesicles and Kupffer's vesicles	P
34~40 myotomes	41 h 00 min	34~40 myotomes, formation of heart, disappear Kupffer's vesicles	Q
Black pigmentation in eyes	60 h 00 min	Black pigmentation in eyes, formation of pectoral fins	R
Hatching period	107 h 00 min	Hatching (50%)	S

을 띤 회색의 구형난이었다.

2. 난발생 과정

꾸구리 수정란은 약간의 점착성을 띤 분리 침성란이었으며, 수정 후 15분 후에 물을 완전히 흡수하여 1.08 ± 0.05 mm으로 팽창하였다(Fig. 1A). 수정 후 55분 후에 세포질이 동물극(animal pole)쪽으로 끌려 배반(blastodisc, 1세포기)을 형성하였으며(Fig. 1B), 2세포기는 1시간 25분 후에 배반에 난황이 일어나 형성하였다(Fig. 1C). 4세포기는 1시간 45분 후에 경할을 통하여 형성하였고(Fig. 1D), 8세포기는 2시간 05분 후에 난황을 통하여(Fig. 1E), 16세포기는 2시간 25분 후에 경할을 통하여 형성하였다(Fig. 1F). 32세포기는 2시간 50분 후에(Fig. 1G), 64세포기는 3시간 15분 후에 형성하였으며(Fig. 1H), 상실기(morula, 256 세포기)는 4시간 05분 후에 형성하였고(Fig. 1I), 이후 난황을 계속하여 7시간 20분 후에 포배기(blastula)를 형성하였다(Fig. 1J). 9시간 후에는 낭배기(gastrula)가 형성되어 동물극에서 식물극(vegetal pole) 쪽으로 덮기 시작하였으며(Fig. 1K), 이후 14시간 후에는 90% 이상을 덮어 낭배 말기에 도달하였다(Fig. 1L). 15시간 40분 후에는 원구(blastopore)가 폐쇄되고 배체(embryo)의 윤곽이 뚜렷해졌으며(Fig. 1M), 18시간 00분 후에는 근절(myotomes)이 4~5개가 생기고 안포(optic vesicle)가 형성되었다(Fig. 1N). 19시간 30분 후에는 9~10개의 근절이 형성되었으며(Fig. 1O), 24시간 후에는 근절이 20~21개이고 눈에 렌즈가 형성되며 이포(auditory vesicle)와 Kupper's vesicle이 형성되었다(Fig. 1P). 이후 꼬리가 신장되면서 움직이기 시작하였으며, 41시간 후에는 34~40 근절이 생기고 심장이 뛰기 시작하였으며 Kupper's vesicle이 사라졌다(Fig. 1Q). 60시간 후에는 눈이 검은색으로 착색되었으며 가슴지느러미가 형성되기 시작하였다(Fig. 1R). 수정 후 107시간에는 전체의 50%가 꼬리를 이용하여 난막(chorion)을 뚫고 부화하였다(Fig. 1S).

3. 자어와 치어의 발달

1) 전기자어기

부화 직후의 자어는 전장 4.6 ± 0.16 (4.4~4.8) mm (n=10)로 몸이 휘어져 있었고 몸은 무색으로 입과 항문은 열리지 않았으며 몸의 중앙과 뒤쪽에 막지느러미가 형성되었다(Fig. 2L₁). 1일 후의 자어는 전장 4.9 ± 0.11 mm (n=10)으로 몸이 일자로 펴졌고 가슴지느러미가 눈 지름의 2배 이상으로 발달하였으며 배쪽에 흑색포가 침착되었다(Fig. 2L₂). 2일 후는 전장 5.3 ± 0.34 mm (n=10)로 난황이 2/3 이상 흡수되었고 턱부분이 발달하면서 눈이 위쪽으로 올라갔으며 두부쪽으로 옅은 노란색이 착색되었다(Fig. 2L₃). 3일 후에는 전장 5.8 ± 0.29 mm (n=10)로 입과 항문이 열리면서 먹이(brine

shrimp 유생)를 섭식하기 시작하였다. 또한 난황이 대부분 흡수되었고 두부와 가슴쪽에 연한 노란색의 색소가 침착되었으며 체측 아래쪽으로 흑색포가 많이 침착되었다(Fig. 2L₄).

2) 후기자어기

4일 후에는 전장 6.1 ± 0.20 mm (n=10)로 난황을 모두 흡수하였고 몸 전체에 옅은 노란색의 색소가 침착되었으며 꼬리지느러미 원기가 관찰되었다(Fig. 2L₅). 5일 후에는 전장 6.1 ± 0.34 mm (n=10)로 등지느러미 원기가 나타나기 시작하였고 꼬리지느러미 기조 3~5개가 관찰되었다(Fig. 2L₆). 7일 후에는 전장 6.2 ± 0.37 mm (n=10)로 등지느러미 기조가 정수로 5~7개가 나타났고 꼬리지느러미 기조는 7~10개가 관찰되었으며 수염이 나타나기 시작하였다(Fig. 2L₇). 10일 후에는 전장 7.7 ± 0.58 mm (n=10)로 뒷지느러미 원기가 나타났으며 꼬리지느러미 기조는 15~20개가 관찰되었으며 뒷지느러미 기저부와 미병부에 흑색포가 침착되었다(Fig. 2L₈).

3) 치어기

15일 후에는 전장 8.6 ± 0.67 mm (n=10)로 뒷지느러미 기조가 정수(5~6개)로 나타나 치어기로 이행하였다. 또한 체측에 3~4개의 흑색포 무리가 모여 나타났고 등지느러미와 꼬리지느러미에 무늬가 나타나기 시작하였다(Fig. 2L₉). 20일 후에는 전장 10.0 ± 0.80 mm (n=10)로 체측과 지느러미의 무늬가 보다 진해졌으며 수염이 길게 신장되었다(Fig. 2L₁₀). 40일 후에는 전장 18.0 ± 1.20 mm (n=10)로 몸은 옅은 주황색을 띠었으며 체측 중앙에 비교적 진한 노란색 줄이 나타났으며 두부와 체측에 흑색포들이 모여 나타났다(Fig. 2L₁₁). 50일 후에는 전장 20.9 ± 1.40 mm (n=10)로 두부의 흑색포가 진해졌으며 체측에는 등쪽부터 배쪽까지 이어지는 진한 반문이 3~4개 나타났다. 100일 후에는 전장 31.5 ± 3.32 mm (n=10)로 체측 전체가 짙은 갈색을 띠면서 등쪽에서 배쪽으로 이어지는 반문이 보다 진해졌으며 배쪽은 흰색을 띠어 성어의 모습과 유사하였다.

4. 성장

부화직후 자어는 전장 4.6 ± 0.16 mm, 0.3 mg (n=10)이었고 이후 급격한 성장을 보여 10일에 전장 7.7 ± 0.58 mm, 2.2 mg (n=10), 30일에 전장 14.3 ± 1.12 mm, 0.013 ± 0.003 g (n=10), 50일 전장 20.9 ± 1.40 mm, 0.069 ± 0.013 g (n=10), 70일에는 전장 25.4 ± 1.83 mm, 0.135 ± 0.020 g (n=10)이었으며 100일에는 전장 31.5 ± 3.32 mm, 0.209 ± 0.050 g (n=10)이었다. 초기 길이성장식은 $y = -0.0011x^2 + 0.3881x + 3.9185$ ($R^2 = 0.9961$)로 나타났고(Fig. 3A), 초기 체중성장식은 $y = 2E - 05x^2 + 0.0004x$ ($R^2 = 0.9885$)로 나타났다(Fig. 3B).

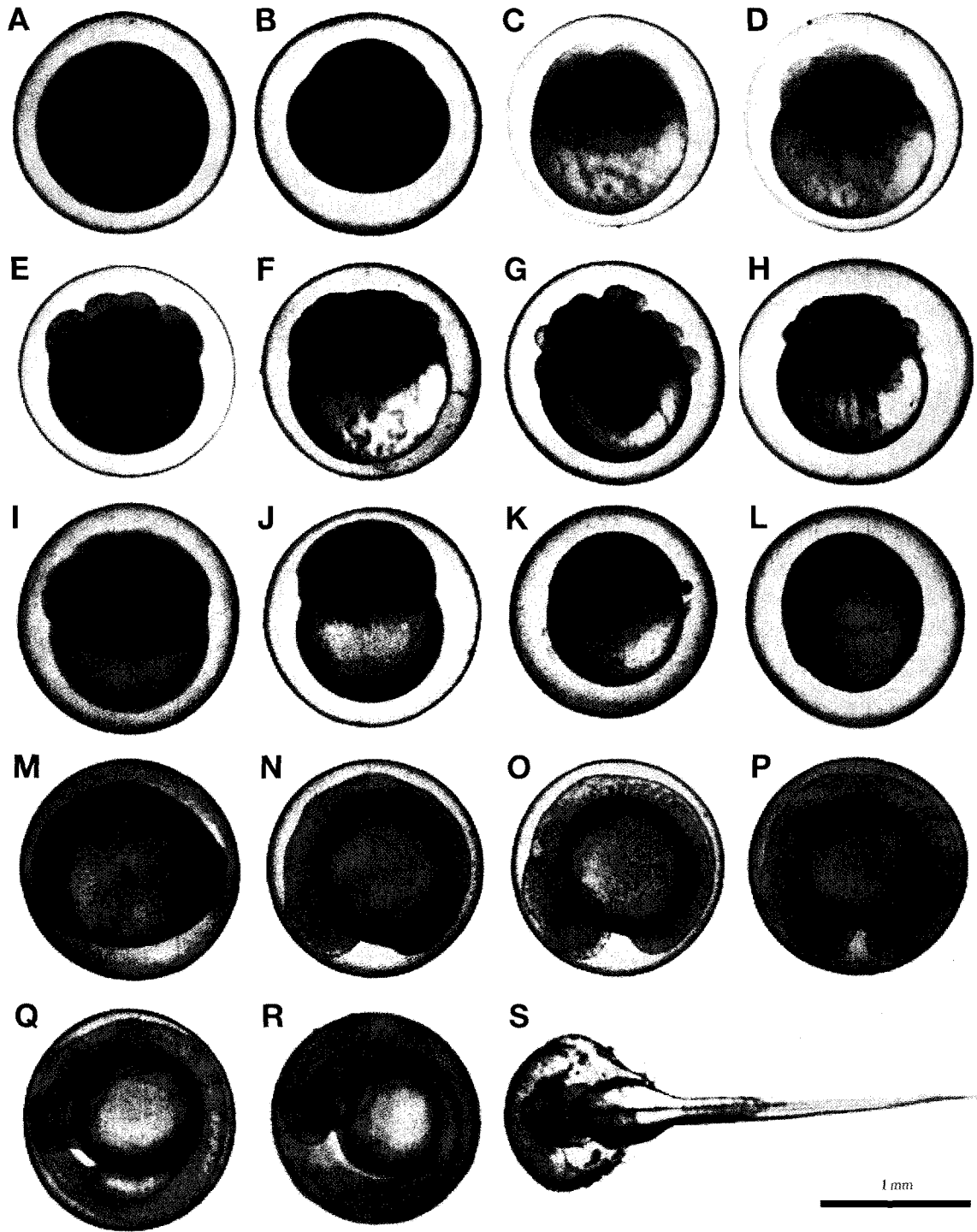


Fig. 1. Egg development and hatching of *Gobiobotia macrocephala* at water temperature 23°C. Time required for each developmental stage is shown in Table 1. The bar indicates 1 mm.

고 찰

꾸구리 *Gobiobotia macrocephala*의 생활사는 Choi and Baek (1972)에 의해 자연에서 채집된 난을 대상으로 연구

된 바 있는데, 본 실험결과와 일부 차이를 보이고 있어 모래무지아과에 속하는 유연종과 함께 비교하면 다음과 같았다(Table 2).

꾸구리의 성숙란은 약한 점착성을 가진 침성란으로 비교

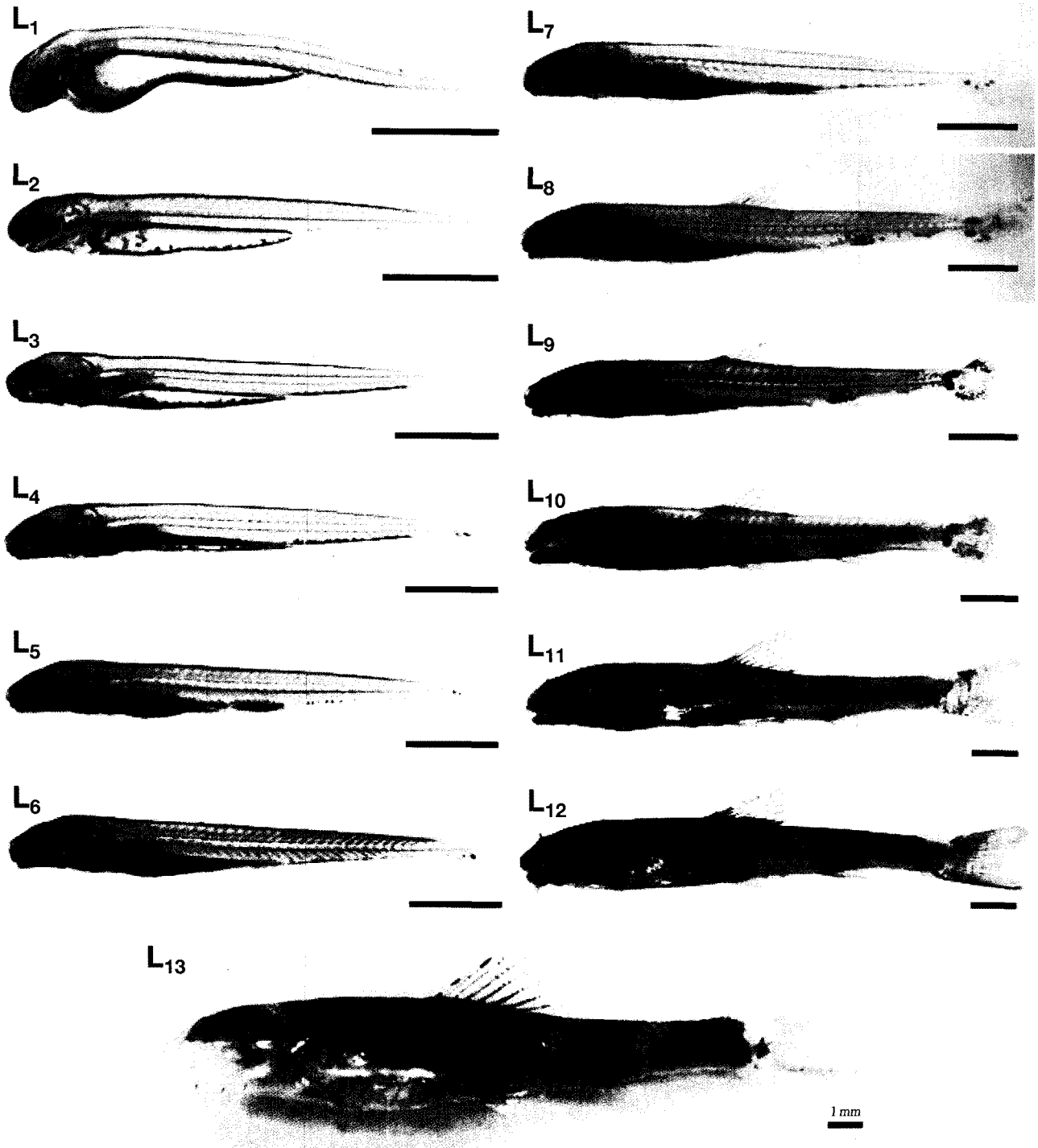


Fig. 2. Larva and juvenile development of *Gobiobotia macrocephala* at water temperature 23°C. The bars indicate 1 mm. L₁: Newly hatched pre-larva, 4.6±0.16 mm (TL); L₂: 1 day after hatching, 4.9±0.11 mm; L₃: 2 days, 5.3±0.34 mm; L₄: 3 days, 5.8±0.29 mm; L₅: 4 days, 6.1±0.20 mm; L₆: 5 days, 6.1±0.34 mm; L₇: 7 days, 6.2±0.37 mm; L₈: 10 days, 7.7±0.58 mm; L₉: 15 days, 8.6±0.67 mm; L₁₀: 20 days, 10.0±0.79 mm; L₁₁: 40 days, 18.0±1.20 mm; L₁₂: 50 days, 20.9±1.40 mm; L₁₃: 100 days, 31.5±3.32 mm.

적 돌상어 *G. brevibarba* (Shim, 1994; 최 등, 2001; Ko *et al.*, 2011)와 돌마자 *Microphysogobio yaluansis* (Baek, 1978), 모

래무지 *Pseudogobio esocunus* (Lee *et al.*, 2008)와 유사하였으나 강한 집착성을 가져 돌에 부착하는 감돌고기 *Pseudo-*

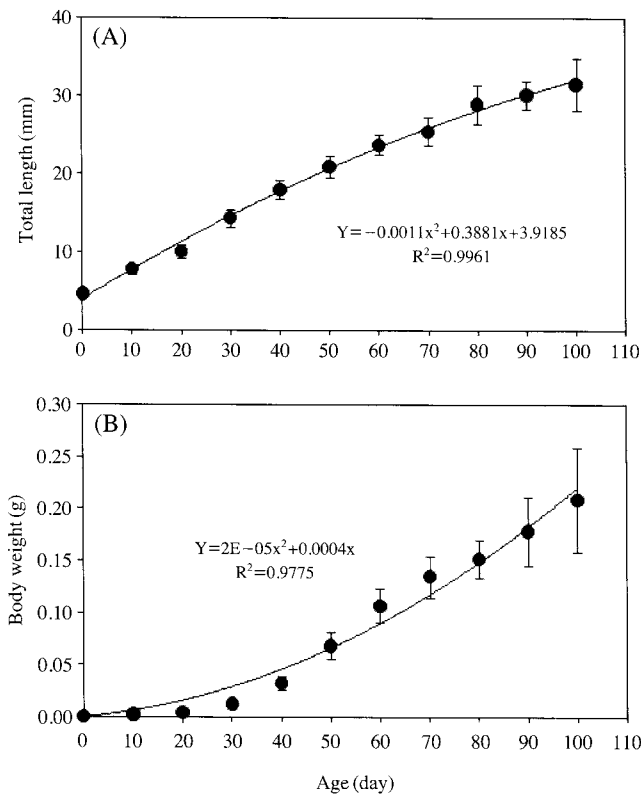


Fig. 3. Early growth of total length (A) and body weight (B) of *Gobiobotia macrocephala* after hatching at water temperature 23°C. Vertical lines show SD.

pugtungia nigra (Lee *et al.*, 2004), 돌고기 *Puntungia herzi* (Lee *et al.*, 2002), 쉬리 *Coreoleuciscus splendidus* (Song, 1977)나 수초에 붙이는 참붕어 *Pseudorasbora parva* (Han *et al.*, 2001)와는 차이를 보였다.

산란수(n=25)는 평균 1,271 ± 908 (205 ~ 3,361)개로 Choi and Baek (1972)의 포란수 120 ~ 1,300개보다 많았으며, 성숙란의 크기는 0.89 ± 0.04 (0.83 ~ 0.94, n=30) mm로 Choi and Baek (1972)의 0.8 mm보다 약간 컸다. 산란수와 성숙란의 크기를 유연종과 비교하여 보면, 산란수에서는 감돌고기(Lee *et al.*, 2004)와 돌고기(Lee *et al.*, 2002)와 대체로 비슷하였으나 돌상어(Shim, 1994; Ko *et al.*, 2011)와 돌마자(Baek, 1978), 참붕어(Han *et al.*, 2001), 쉬리(Song, 1977)보다는 많았다. 성숙란의 크기는 돌마자(Baek, 1978)보다 컸으나 돌상어(Shim, 1994)와 모래무지(Lee *et al.*, 2008), 감돌고기(Lee *et al.*, 2004), 돌고기(Lee *et al.*, 2002), 참붕어(Han *et al.*, 2001), 참중고기 *Sarcocheilichthys nigripinnis morii* (Kang *et al.*, 2007)보다 작았다.

꾸구리의 부화시간은 수온 23°C에서 107시간(4.5일)이 소요되어 Choi and Baek (1972)의 수온 18 ~ 21°C에서 3일이 소요된 것과는 차이를 보였는데, 본 실험이 수온 23°C로 높음에도 불구하고 부화시간이 더 소요된 것은 아마도 Choi and Baek (1972)이 실험한 수정란이 인공수정을 통해 얻어진 것이 아닌 산란장에서 채집한 수정란이었기 때문에 정확한 시간을 추정하는 것이 곤란하였기 때문으로 판단된다.

Table 2. Comparison of early life history of Gobininae species

Species	Egg diameter (mm, mean)	Spawned eggs (mean)	Time of hatching	Hatching size (mm, mean)	Days until postlarva	Days until juvenile	Reference
<i>Gobiobotia macrocephala</i>	0.8 ~ 0.9 (0.9)	205 ~ 3,361 (1,271)	107 h (23°C)	4.4 ~ 4.8 (4.6)	4	15	Present study
	0.8	120 ~ 1,300	3 days (18 ~ 21°C)	6	6	30	Choi and Baek, 1972
<i>G. brevibarba</i>	1.8 ~ 2.0	500 ~ 700	113 h (20°C)	6.4	5	—	Shim, 1994
	1.1 ~ 1.4 (1.2)	259 ~ 1,624 (744)	120 h (23°C)	4.9 ~ 5.8 (5.5)	4	15	Ko <i>et al.</i> , 2011
<i>Microphysogobio yaluansis</i>	— (0.5)	276 ~ 1,230	20 h (22 ~ 25°C)	0.7	11	31	Baek, 1978
<i>Pseudogobio esocunus</i>	1.8 ~ 2.2 (2.0)	—	164 h (19°C)	3.8 ~ 5.5	3	42	Lee <i>et al.</i> , 2008
<i>Pseudopugtungia nigra</i>	1.9 ~ 2.2 (2.2)	1400 ~ 1900 (1600)	189 h (19°C)	5.7 ~ 5.9 (5.8)	6	44	Lee <i>et al.</i> , 2004
<i>Puntungia herzi</i>	2.0 ~ 2.3 (2.1)	1400 ~ 1860 (1640)	186 h (19°C)	5.9 ~ 6.3 (6.0)	7 ~ 8	45	Lee <i>et al.</i> , 2002
<i>Pseudorasbora parva</i>	1.3 ~ 2.7 (1.9)	250 ~ 420	183 h (17.6°C)	4.5 ~ 5.5 (5.2)	3	65	Han <i>et al.</i> , 2001
<i>Sarcocheilichthys nigripinnis morii</i>	2.5 ~ 2.9 (2.6)	—	252 h (15 ~ 21°C)	9.6	3	10	Kang <i>et al.</i> , 2007
<i>Coreoleuciscus splendidus</i>	—	256	111 ~ 114 h (19 ~ 23°C)	5.2	—	—	Song, 1977

유연종에서의 부화시간 및 발달단계는 돌상어(Shim, 1994; Ko et al., 2011) 및 쉬리와 유사하였으나 돌마자(Baek, 1978) 보다는 느렸고 모래무지(Lee et al., 2008), 감돌고기(Lee et al., 2004), 돌고기(Lee et al., 2002), 참붕어(Han et al., 2001), 참중고기(Kang et al., 2007) 등의 어류보다는 빠른 편이었다.

난 발생 과정 중 말기에 꾸구리 눈은 검게 착색되는 특징은 일반적으로 부화시간이 1~2일로 비교적 짧은 어류인 돌마자(Baek, 1978)와 금강모치 *Rhynchocypris kumgangensis* (송과 최, 1997), 미호종개 *Cobitis choii* (송 등, 2008), 얼룩새코미꾸리 *Koreocobitis naktongensis* (송 등, 2009), 왕중개 *Iksookimia longicorpa* (고 등, 2009) 등에서는 부화 후 눈이 검게 착색되었으나, 부화시간이 5~8일로 비교적 긴 어류인 돌상어(Shim, 1994; Ko et al., 2011)와 감돌고기(Lee et al., 2004)와 돌고기(Lee et al., 2002), 참붕어(Han et al., 2001), 쉬리(Song, 1977) 등의 어류에서는 난 발생 과정 말기에 눈이 검게 착색되어 나타나는 특징을 보이는 것으로 보고된 바 있다.

부화 직후의 자어 크기는 종의 특징 및 먹이 생물의 크기를 결정짓는 중요한 의미를 내포하고 있는데, 꾸구리의 부화 직후의 자어크기는 4.6 mm로 나타나 Choi and Baek (1972)의 6 mm와 큰 차이를 보였다. Choi and Baek (1972)은 측정 방법에 특별한 언급이 없으나 본 실험에서는 모두 고배율의 해부현미경(Olympus SZX9, Japan)하에서 정밀하게 측정하였기 때문에 측정방법에 의해 생긴 차이로 추정된다. 유연종에서의 부화직후 자어크기는 모래무지(Lee et al., 2008)와 참붕어(Han et al., 2001), 쉬리(Song, 1977)와 비교적 유사하였으나 돌상어(Shim, 1994; Ko et al., 2011), 감돌고기(Lee et al., 2004), 돌고기(Lee et al., 2002), 참중고기(Kang et al., 2007)보다는 작았고 돌마자(Baek, 1978)보다는 큰 편이었다.

후기자어로의 이행시기는 Choi and Baek (1972)이 6일로 보고하였으나 본 조사에서는 4일로 나타나 차이를 보였으며, 비교적 돌상어(Ko et al., 2011)와 모래무지(Lee et al., 2008), 참붕어(Han et al., 2001), 참중고기(Kang et al., 2007)와 유사하였으나 돌마자(Baek, 1978)와 감돌고기(Lee et al., 2004), 돌고기(Lee et al., 2002)보다는 느린 편이었다.

치어기로의 이행시기는 15일로 Choi and Baek (1972)의 30일보다 매우 짧았으며, 유연종에서는 돌상어(Ko et al., 2011)와 동일하였으나 참중고기(Kang et al., 2007)보다는 느렸고 돌마자(Baek, 1978), 모래무지(Lee et al., 2008), 감돌고기(Lee et al., 2004), 돌고기(Lee et al., 2002), 참붕어(Han et al., 2001)보다는 빠른 편이었다.

꾸구리와 함께 같은 *Gobiobotia* 속에 속하며 금강과 한강의 빠른 여울에 비교적 많이 혼서하여 서식하는 돌상어의 초기생활사(Ko et al., 2011)를 비교하여 보면, 난의 특징에 있어 두종 모두 약한 접착성을 띠고 분리 침성난으로 유사

하였으나 포란수에 있어서는 꾸구리가 평균 1,271개로 돌상어 평균 744개보다 약 500개 정도 많았고, 난경은 꾸구리가 0.89 mm로 돌상어 1.2 mm보다 약 0.3 mm 작았다. 또한 이런 난경의 차이로 인해 부화직후의 자어 크기도 꾸구리가 4.6 mm로 돌상어 5.5 mm보다 0.9 mm가 작았다. 부화시간은 23°C에서 꾸구리가 107시간, 돌상어가 113시간으로 비교적 유사하였으며, 후기자어로의 이행시기와 치어로의 이행시기도 각각 4일, 15일로 거의 같게 나타났다.

요 약

멸종위기어류 돌상어의 생물학적 특성 및 복원을 위한 기초자료를 확보하기 위하여 초기생활사를 2010년 4월부터 6월까지 강원도 홍천군에서 성숙한 개체를 채집하여 조사하였다. 채집된 성숙한 암컷과 수컷은 Ovaprim을 주사한 후 건식법으로 인공 수정시켰다. 성숙란은 약한 접착성을 띤 투명한 회색난이었으며, 난경은 0.89 ± 0.04 mm였다. 수온 23°C에서 수정 후 107시간 만에 부화하였으며, 부화 직후 전기 자어 크기는 전장 4.6 ± 0.16 mm였다. 부화 후 4일에는 전장 6.1 ± 0.20 mm로 난황을 모두 흡수하여 후기자어로, 부화 후 15일에는 전장 8.6 ± 0.67 mm로 모든 지느러미 기조가 정수가 되어 치어기로 이행하였다. 부화 후 100일 후에는 31.5 ± 3.32 mm로 체측반분과 외부형태가 성어와 유사한 모습을 보였다.

인 용 문 헌

- 고명훈 · 김익수 · 박종영. 2009. 낙동강 왕중개 *Iksookimia longicorpa*의 난발생 및 초기생활사. 한국어류학회지, 21: 15-22.
- 국토해양부. 2010. 4대강 수계 멸종위기어종 증식 및 복원. 순천향대학교, 489pp.
- 김익수 · 박종영. 2007. 한국의 민물고기. 교학사, 467pp.
- 김익수 · 최승호 · 이흥현 · 한경호. 2004. 금강에 서식하는 감돌고기 *Pseudopungtungia nigra*의 탁란. 한국어류학회지, 16: 75-79.
- 김익수 · 최 윤 · 이충렬 · 이용주 · 김병직 · 김지현. 2005. 원색한 국어류대도감. 교학사, 615pp.
- 송하윤 · 김우중 · 이완욱 · 방인철. 2008. 미호종개 *Iksookimia choii* (Cobitidae)의 난 발생 및 자어 형태 발달. 한국하천호수학회지, 41: 104-110.
- 송하윤 · 양 현 · 조은미 · 신현철 · 방인철. 2009. 멸종위기에 처한 얼룩새코미꾸리 *Koreocobitis naktongensis* (Cobitidae)의 난 발생 및 자치어 형태 발달. 한국어류학회지, 21: 247-252.
- 송호복 · 최신석. 1997. 금강모치(*Moroco kumgangensis*)의 난 발

- 생과 자어의 성장. 한국육수학회지, 30: 67-74.
- 최재석 · 변화근 · 권오길. 2001. 돌상어 *Gobiobotia brevibarba* (Cyprinidae)의 산란생태. 한국어류학회지, 13: 123-128.
- 최재석 · 장영수 · 이광렬 · 권오길. 2004. 남한강에 서식하는 꾸구리(*Gobiobotia macrocephala*)의 식성. 한국어류학회지, 16: 165-172.
- 환경부. 2005. 야생동 · 식물보호법. 법률 제7457호(시행규칙 제2조).
- 환경부. 2006. 멸종위기에 처한 한국특산어류의 종 보존과 복원 및 증식기술개발. 군산대학교, 537pp.
- 환경부. 2009. 멸종위기어류 미호종개의 유전 다양성 분석, 인공 증식 및 생태계 복원기술 개발에 관한 연구. 순천향대학교, 506pp.
- Baek, W.G. 1978. On the life history of *Microphysogobio yaluensis* (Mori). Korean J. Limnol., 11: 43-49.
- Blextor, J.H.S. 1974. The early life history of fish. Spring-Verlag, Berlin, 765pp.
- Choi, K.G. and Y.K. Baek. 1972. On the life-history of *Gobiobotia macrocephalus* Mori. Korean J. Limnol., 5: 45-57. (in Korean)
- Han, K.H., S.H. Lee, W.I. Seo, D.J. Yoo, D.S. Jin, S.H. Oh and C.C. Kim. 2001. The spawning behavior and early life history of the false dace, *Pseudorasbora parva*. J. Inst. Sci. Yosu Natl. Univ., 3: 67-76. (in Korean)
- Kang, Y.J., H. Yang, H.H. Lee, E.H. Lee and C.H. Kim. 2007. Characteristics on spawning-host selection and early life history of *Sarcocheilichthys nigripinis morii* (Pisces, Cyprinidae). Korean J. Environ. Biol., 25: 370-377. (in Korean)
- Ko, M.H., S.Y. Park, I.R. Lee and I.C. Bang. 2011. Egg development and early life history of the endangered species *Gobiobotia brevibarba* (Pisces: Cyprinidae). Korean J. Limnol., 44: 136-143.
- Lee, S.H., G.N. Oh, K.S. Kim, Y.S. Oh, K.W. Kang, J.H. Hwang, B.I. Lee, W.K. Lee and K.H. Han. 2008. Embryonic and larval development of goby minnow, *Pseudogobio esocinus*. Dev. Reprod., 12: 283-288.
- Lee, S.H., K.H. Han and D.S. Hwang. 2002. The early life history and spawning behavior of the *Puntungia herzi*. J. Inst. Sci. Yosu Natl. Univ., 4: 115-126. (in Korean)
- Lee, S.H., K.H. Han, S.M. Yoon, D.S. Hwang, D.J. Yoo, C.L. Lee, I.S. Kim and Y.M. Son. 2004. Early life history and spawning behavior of *Pseudopuntungia nigra*. Korean J. Ichthyol., 16: 309-316.
- Nelson, J.S. 2006. Fishes of the world. John Wiley & Sons, Inc., pp. 139-143.
- Shim, J.H. 1994. Early embryonic development of *Gobiobotia brevibarba*, Korea endemic species. Chungam National University, Master of Science Thesis, 26pp.
- Song, H.B. and G.M. Park. 2005. Karyotypes of the species of *Gobiobotia* (Pisces: Cyprinidae) in Korea. Korean J. Ichthyol., 17: 159-166.
- Song, H.H. 1977. Studies on the spawning and early development of *Coreoleuciscus splendidus* Mori. J. Sci. Edu. Study (Jeonju University of Education), 3: 49-60. (in Korean)