

멸종위기어류 부안종개 *Iksookimia pumila*의 난 발생 및 초기 생활사

고명훈 · 박상용 · 방인철*

순천향대학교 생명시스템학과

Egg Development and Early Life History of the Endangered Korean Spine Loach, *Iksookimia pumila* (Pisces: Cobitidae) by Myeong-Hun Ko, Sang-Yong Park and In-Chul Bang* (Department of Life Sciences and Biotechnology, Soonchunhyang University, Asan 336-745, Korea)

ABSTRACT Egg development and early life history of the Korean spine loach, *Iksookimia pumila* was investigated to provide basic information regarding biological characteristics and restoration. Adult fish were sampled using spoon net in the Baek Stream, Sangseo-myeon, Buan-gun, Jeollabuk-do, Korea, 7 July 2010. Eggs and sperms were obtained from the females and male with Ovaprim injecting (0.5 mL/kg) and then fertilized using the dry method in the laboratory. Number of spawned eggs were 1,107 (352~1,440). Spawned eggs were slightly adhesive, light yellowish coloring and measured 1.3 ± 0.04 mm (mean \pm SD) in diameter. Spawned eggs hatched out 52 (47~55) hours after fertilization at water temperature of 23°C, and newly hatched larvae an average were 4.7 ± 0.14 mm in total length. At 5 days after hatching, larvae averaged 7.1 ± 0.20 mm in total length and their yolk sacs had been completely absorbed. Beginning at 17 days after hatching, fish entered the juvenile stage and reached 11.0 ± 0.50 mm in total length. At 100 days after hatching, the band patterns and external form of juvenile fish were similar to those of adults, and they averaged 31.3 ± 3.98 mm in total length.

Key words : *Iksookimia pumila*, egg development, early life history, endangered species

서 론

잉어목(Cypriniformes)에 속하는 미꾸리과(Cobitidae) 어류는 아시아와 유럽, 아프리카에 서식하는 소형 담수어류로 26속 177종이 보고되었고(Nelson, 2006), 우리나라에는 5속 16종이 서식하고 있으며, 이 중 *Iksookimia*속은 우리나라 고유속으로 체측 상반부에는 구름모양의 불규칙적인 반문이 있고 하반부에는 갈색 횡반문을 가지는 특징을 보이며 6종이 지리적으로 나뉘어져 분포하고 있다(김, 1997; 김 등, 2005; 김과 박, 2007, Kim, 2009). 이 중 본 연구종인 부안종개 *Iksookimia pumila*는 Kim and Lee (1987)에 의해 크기 및 반문수와 형태, 척추골수 등의 차이를 근거로 신아종 *Cobitis koreensis pumila*로 발표되었고, 이후 Nalbant (1993)

는 신속 *Iksookimia*를 발표하면서 여기에 포함된 독립된 종 *I. pumila*로 보고하였다. 하지만 Yang *et al.* (1989)은 부안종개를 포함한 참종개 *I. koreensis* 집단의 형태형질 분석과 전기영동법에 의한 유전적 변이 연구에서 차이가 발견되지 않아 지역적 변이로 보고한 바 있다.

부안종개는 우리나라의 전라북도 부안군 변산반도의 백천에서만 서식하는 것으로 알려졌으며, 1996년 백천에 부안댐이 건설되면서 서식범위가 급격히 좁아졌다(김, 1997). 그리고 이들에 관한 연구는 형태와 생태(김과 이, 1984)와 생식주기(강, 1994), 염색체 및 핵형분석(Lee, 1988), 난막구조(Park and Kim, 2003), 분자계통(Kim *et al.*, 2000; Šlechtová *et al.*, 2008) 등의 연구가 이루어졌다. 하지만 아직까지 인공 증식 및 초기생활사에 대한 연구는 진행된 바 없다.

한편 환경부는 멸종위기에 처한 야생생물을 멸종위기종으로 지정하여 법적보호를 하고 있는데, 부안종개는 1998

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

년 환경부 보호야생동·식물로 지정되었으며, 이후 2005년에는 환경부 멸종위기 야생동·식물에서 제외되었으나(환경부, 2005), 2012년에 환경부 멸종위기 야생생물 II급으로 지정되어 현재 법적 보호를 받고 있다(환경부, 2012).

어류의 초기생활사 연구는 종의 특징을 규명하고 유사종과의 분류학적 유연관계를 밝히는 데 이용되어 왔으며(Blaxter, 1974), 최근 멸종위기 어류의 복원 사업이 활발히 진행되면서 초기생활사 연구도 함께 포함되어 진행되고 있다(환경부, 2006, 2009; 국토해양부, 2010, 2011).

따라서 본 연구에서는 부안종개의 난발생 및 초기생활사를 조사하여 생물학적 특징 및 *Iksookimia* 속의 발생학적 유연관계를 밝히고 인공증식의 기초자료를 확보하고자 한다.

재료 및 방법

부안종개 *Iksookimia pumila*는 2010년 7월 7일에 전라북도 부안군 상서면의 백천에서 족대(망목 4×4 mm)를 이용하여 채집하였으며, 이후 실험실로 운반하여 수온 $23 \pm 1^\circ\text{C}$ 로 사육·관리하였다. 채집된 개체 중 성숙한 개체들을 골라 암·수 모두 1 kg당 Ovaprim (Syndel, Canada) 0.5 mL를 주사한 후, 12시간 경과 후에 암컷의 복부를 압박하여 채란하고, 여기에 수컷으로부터 얻은 정액을 Ringer solution에 100배 희석시켜 건식법으로 수정시켰다. 산란수는 개체별로 모두 계수하였으며, 난경은 암컷 친어 5마리를 이용하여 개체 당 성숙란 30개씩을 측정하였다.

수정란은 직경 15 cm 패트리디쉬에 분산 수용하여 난발생과 전기자어기를 관찰하였으며, 이후 수조 (60×45×45 cm)에 옮겨 사육하면서 후기자어기와 치어기를 관찰하였다. 난황흡수가 끝난 자어부터 부화 후 30일까지는 브라인 슈림프 유생 (*Artemia* sp.)을 공급하였고, 31일 이후부터는 배합사료와 실지렁이를 순차적으로 공급하여 사육하였다. 사육용수는 매일 1/2씩 환수하였으며, 사육수온은 23°C 로 관리하였다.

난발생 과정과 자치어의 발달과정은 디지털카메라 (Olympus DP72, Japan)가 부착된 해부현미경 (Olympus SZX9, Japan) 하에서 관찰하고 촬영하였다. 자·치어는 부화 직후부터 부화 후 100일까지 각 단계별 무작위로 10개체를 선별한 후 마취제 MS-222 (Sindal, Canada)로 마취하여 관찰 및 전장과 체중을 측정하였다.

결 과

1. 성숙개체 크기 및 성숙란의 특징

채집한 부안종개 *Iksookimia pumila*의 수컷(n=15)은 전

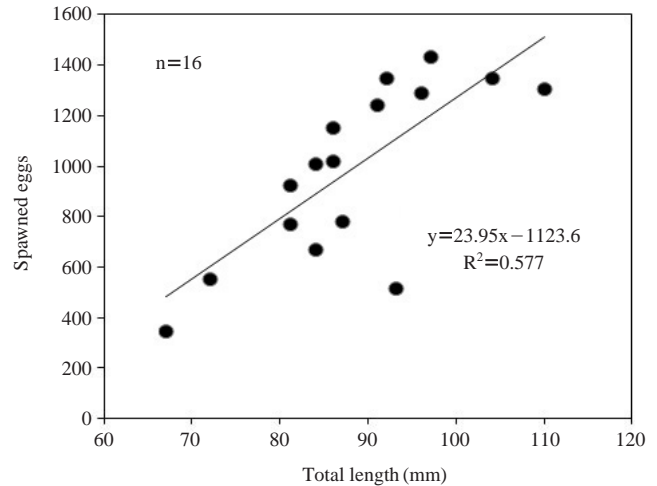


Fig. 1. Number of spawned eggs according to total length of *Iksookimia pumila*.

장 65~85 mm로 모두 정액을 가지고 있었고, 암컷은 전장 67~110 mm로 모두 52개체가 채집되었는데 산란을 하지 않은 개체는 16개체 (30.7%)로 비교적 적었다. Ovaprim을 주사하여 산란된 성숙란은 엷은 노란색의 약한 점착성을 가진 분리 침성란이었으며, 산란수(n=16)는 $1,017 \pm 334$ (352~1,440)개였고(Fig. 1), 난경(n=5)은 1.27 ± 0.02 (1.21~1.36) mm였다.

2. 난발생 과정

부안종개의 수정란은 수정 15분 후에 물을 흡수하여 직경 2.4 ± 0.03 mm (n=20)으로 팽창하였다(Fig. 2A, Table 1). 수정 후 45분 후에 세포질이 동물극(animal pole)쪽으로 끌려 배반(blastodisc, 1세포기)이 형성되었으며(Fig. 2B), 2세포기는 1시간 5분 후에 배반에 난황이 일어나 형성되었다(Fig. 2C). 4세포기는 1시간 25분 후에 경할을 통하여 형성되었고(Fig. 2D), 8세포기는 1시간 45분 후에 난황을 통하여(Fig. 2E), 16세포기는 2시간 5분 후에 경할을 통하여 형성되었다(Fig. 2F). 32세포기는 2시간 25분 후에(Fig. 2G), 64세포기는 2시간 45분 후에 형성되었으며(Fig. 2H), 상실기(morula)인 128세포기는 3시간 5분, 256세포기는 3시간 20분 후에 형성되었고(Fig. 2I), 이후 난황을 계속하여 4시간 10분 후에는 포배기(blastula)가 되었다(Fig. 2J). 7시간 40분 후에는 낭배기(gastrula)가 형성되어 식물극(vegetal pole) 쪽으로 덮기 시작하였으며(Fig. 2K), 이후 10시간 40분 후에 낭배 중기에, 12시간 후에는 90% 이상을 덮어 낭배 말기에 도달하였다(Fig. 2L). 14시간 40분 후에는 원구(blastopore)가 폐쇄되어 배(embryo)가 형성되었으며(Fig. 2M), 16시간 20분 후에는 근절(myotomes)이 3~4개가 생기고 안포(optic vesicle)가 형성되었다(Fig. 2N). 18시간 40

Table 1. Egg and embryonic development of *Iksookimia pumila* at water temperature 23°C

Stage	Elapsed time	Characters	Fig. 2
Zygote period			
Insemination	0 h 00 min	Sperm and egg are inseminated	
Swelling	0 h 15 min	Swelling	A
Blastodisc	0 h 45 min	Blastodisc	B
Cell cleave period			
2 cells	1 h 05 min	2 blastodisc is cleavage	C
4 cells	1 h 25 min	2-2 array of blastomeres	D
8 cells	1 h 45 min	2-4 array of blastomeres	E
16 cells	2 h 05 min	4-4 array of blastomeres	F
32 cells	2 h 25 min	4-8 array of blastomeres	G
64 cells	2 h 45 min	8-8 array of blastomeres	H
Blastula period			
128 cells	3 h 05 min	8~16 array of blastomeres	
Morula (256 cells)	3 h 20 min	16 regular tiers of blastomeres	I
Blastula	4 h 10 min	Flattening produces an elliptical shape	J
Gastrula period			
Early gastrulation (50% epiboly)	7 h 40 min	Early gastrulation	K
Middle gastrulation (75% epiboly)	10 h 40 min	Middle gastrulation	
Late gastrulation (90% epiboly)	12 h 00 min	Late gastrulation	L
Embryonic period			
Formation of the embryo	14 h 40 min	Formation of the embryo	M
3~4 myotomes	16 h 20 min	3~4 myotomes, formation of optic vesicles	N
9~10 myotomes	18 h 40 min	9~10 myotomes	O
20~21 myotomes	21 h 30 min	17~18 myotomes, formation of auditory vesicles and Kupffer's vesicles	P
34~40 myotomes	24 h 00 min	28~30 myotomes, disappear Kupffer's vesicles, formation of eye lens, specialization of brain	Q
Beginning of heart beating	33 h 00 min	Beginning of heart beating	R
Hatching period			
Start hatching	47 h 00 min	Start hatching	
50% hatching	52 h 00 min	50% hatching	S
100% hatching	55 h 00 min	100% hatching	

분 후에는 근절이 9~10개가 형성되었으며 (Fig. 2O), 21시간 30분 후에는 근절이 20~21개이고 이포 (auditory vesicle) 와 Kupper's vesicle이 형성되었다 (Fig. 2P). 이후 꼬리가 난황에서 분리되면서 움직이기 시작하였으며, 24시간 후에는 근절이 34~40개가 생기고 눈의 렌즈가 형성되며 뇌가 분화하였고 Kupper's vesicle이 사라졌다 (Fig. 2Q). 33시간 후에는 심장이 형성되어 뛰기 시작하였다 (Fig. 2R). 47시간 후부터 꼬리를 이용하여 난막 (chorion)을 뚫고 부화하였고, 52시간 후에 50%, 55시간 이내에 모두 부화하였다 (Fig. 2S).

3. 자어와 치어의 발달

1) 전기자어기

부화 직후의 자어는 전장 4.7 ± 0.14 (4.5~4.9) mm (n=10)로 몸이 약간 휘어져 있었으며 가슴지느러미가 형성되기 시작하였다. 몸은 무색으로 입과 항문은 열리지 않았고 앞쪽에 구형의 난황이 있으며 몸의 중앙과 뒤쪽에 막지느러미가 형성되었다 (Fig. 3A). 부화 후 1일째의 자어는 전장

5.7 ± 0.12 mm (n=10)로 몸이 곧게 펴지고 외새 (external gill)가 5쌍이 나타났으며 난황이 많이 흡수되어 축소되었다. 눈은 검게 착색되었고 온몸에 흑색포가 침적되었으며 수영이 나타나기 시작하였다 (Fig. 3B). 부화 후 2일째는 전장 6.0 ± 0.24 mm (n=10)로 난황이 1/2 이상 흡수되었고, 뒤쪽의 막지느러미가 넓어졌다 (Fig. 3C). 부화 후 3일째에는 전장 6.3 ± 0.28 mm (n=10)로 온몸에 보다 많은 흑색포가 침적되었고 수영이 보다 길어졌다 (Fig. 3D). 부화 후 4일째에는 전장 6.6 ± 0.26 mm (n=10)로 난황이 대부분 흡수되었고 꼬리지느러미 원기가 나타나기 시작하였으며 입과 항문이 열리면서 처음으로 먹이 (알테미아 부화 유생)를 섭식하였다 (Fig. 3E).

2) 후기자어기

부화 후 5일째에는 전장 7.1 ± 0.20 mm (n=10)로 외새가 짧아져 아가미 뚜껑 속으로 들어갔으며 난황을 모두 흡수하였다. 또한 수영이 3쌍이 관찰되었으며 등지느러미 원기가 나타나기 시작하였다 (Fig. 3F). 부화 후 8일째에는 전장 8.8 ± 0.33 mm (n=10)로 뒷지느러미 원기가 나타나고 꼬리

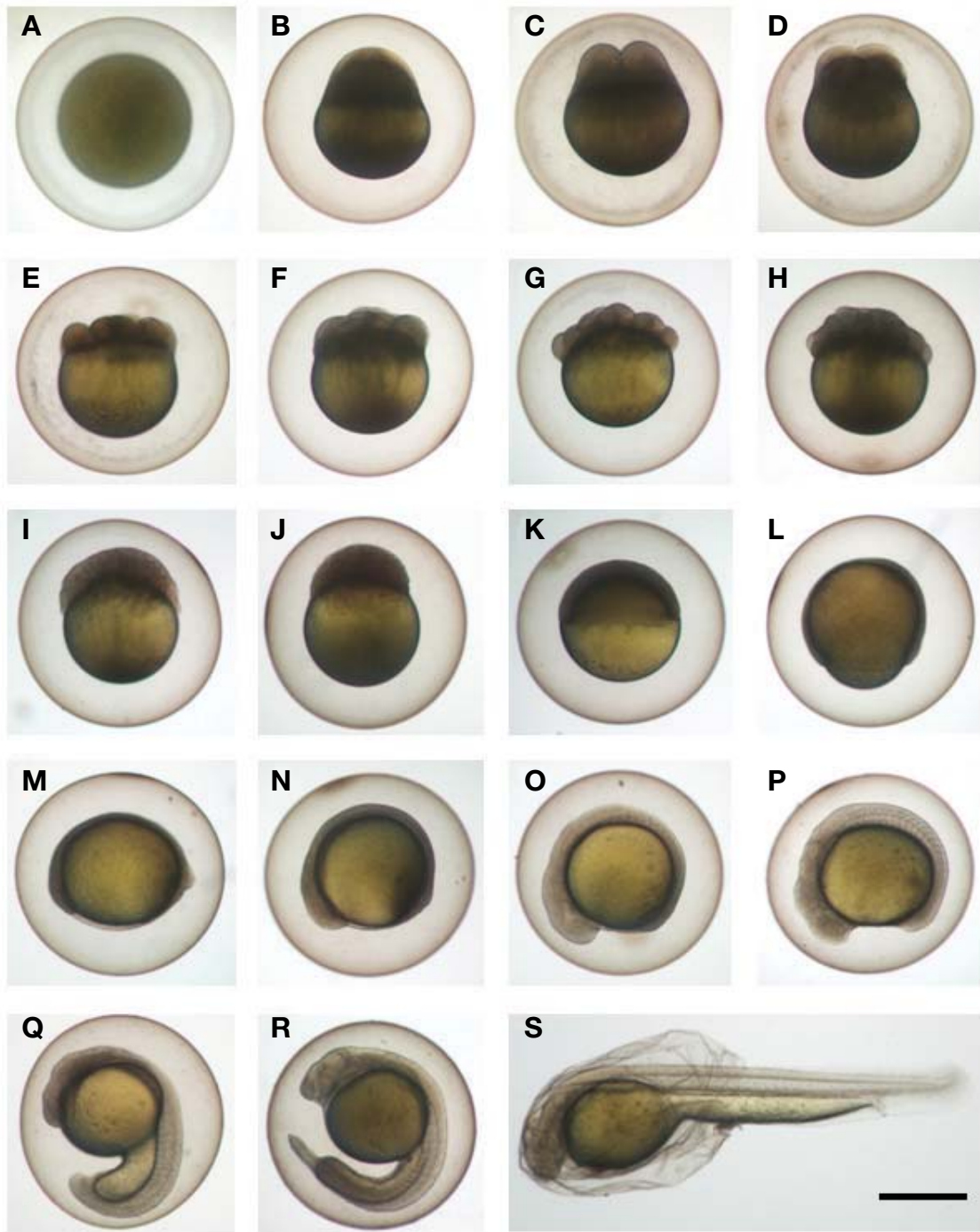


Fig. 2. Egg development and hatching of *Iksookimia pumila* at water temperature 23°C. Time required for each developmental stage is shown in Table 1. The bar indicates 1 mm.

지느러미 기조는 7~10개가 관찰되었으며 수염이 길게 신장되었다(Fig. 3G). 부화 후 10일째에는 전장 8.9 ± 0.21 mm (n=10)로 등지느러미 원기가 2~4개 나타나고 꼬리지느러미 기조는 12~15개가 관찰되었다. 부화 후 15일째에는 전장 9.9 ± 0.70 mm (n=10)로 등지느러미 기조가 7개로 정수

가 되었다(Fig. 3H).

3) 치어기

부화 후 17일째에는 전장 11.0 ± 0.50 mm (n=10)로 뒷지느러미 기조가 정수(5개)로 나타나 치어기로 이행하였다.



Fig. 3. Larval and juvenile development of *Iksookimia pumila*. The bars indicate 1 mm. A: 0 day, Total length 4.7 ± 0.14 mm (mean \pm SD); B: 1 day, 5.7 ± 0.12 mm; C: 2 days, 6.0 ± 0.024 mm; D: 3 days, 6.3 ± 0.28 mm; E: 4 days, 6.6 ± 0.26 mm; F: 5 days, 7.1 ± 0.20 mm; G: 8 days, 8.8 ± 0.033 mm; H: 15 days, 9.9 ± 0.70 mm; I: 17 days, 11.0 ± 0.50 mm; J: 30 days, 16.3 ± 1.62 mm; K: 50 days, 21.4 ± 1.79 mm; L: 100 days, 31.3 ± 3.98 mm.

또한 체측 증상부에 흑색 반점들이 모여 반문을 형성하기 시작하였다(Fig. 3I). 부화 후 30일 뒤에는 전장 16.3 ± 1.62 mm ($n=10$)로 체측 상부와 중앙부에 7~10개의 흑색 반문이 나타나고 미병부에 뚜렷한 검은점이 나타났다(Fig. 3J).

부화 후 50일 뒤에는 전장 21.4 ± 1.79 mm ($n=10$)로 성장하였고 반문이 보다 뚜렷하였으며 등지느러미에 1줄, 꼬리지느러미에 2줄의 반문이 나타나기 시작하였다(Fig. 3K). 부화 후 100일 뒤에는 전장 31.3 ± 3.98 mm ($n=10$)로 체측

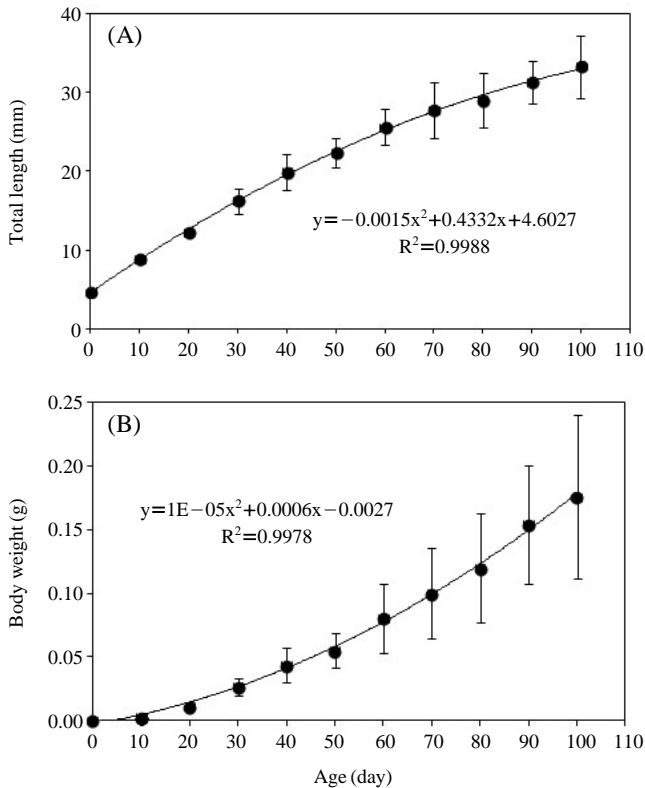


Fig. 4. Growth of total length and body weight during the culture period of *Iksookimia pumila*. Vertical lines show standard deviation.

상부에 10~12개, 체측중앙부에 9~11개의 반문이 뚜렷하게 나타나고 등지느러미와 꼬리지느러미에 2줄의 검은 줄무늬가 나타났으며 배쪽은 은백색을 띠어 성어와 유사하였다 (Fig. 3L).

4. 성장

부화 직후 자어는 전장 4.7 ± 0.14 mm, 0.0001 g이었고 이후 급격한 성장을 보여 10일에 전장 8.9 ± 0.21 mm, 0.003 ± 0.0001 g, 30일에 전장 16.3 ± 1.62 mm, 0.03 ± 0.007 g, 50일 전장 22.4 ± 1.79 mm, 0.06 ± 0.014 g, 80일에는 전장 29.1 ± 3.48 mm, 0.12 ± 0.036 g이었으며 100일에는 전장 33.3 ± 3.98 mm, 0.18 ± 0.064 g으로 성장하였다. 초기 전장성장식은 $Y = -0.0015X^2 + 0.4332X + 4.6027$ ($R^2 = 0.9988$)이었고 (Fig. 4A), 초기 체중성장식은 $Y = 1E-05X^2 + 0.0006X - 0.0027$ ($R^2 = 0.9978$)으로 나타났다 (Fig. 4B).

고 찰

미꾸리과 (Cobitidae) 어류 중 부안종개를 포함한 *Iksookimia*속은 1993년 Nalbant에 의해 신속으로 기재되었고 체

측 상반부에 구름무늬를 가지고 중앙에는 횡반문이 배열되어 있다. 가슴지느러미는 새의 부리 모양을 하고 있는 특징을 가지며 참종개 *Iksookimia koreensis*와 부안종개 *I. pumila*, 왕종개 *I. longicorpa*, 남방종개 *I. hugowolfeldi*, 동방종개 *I. yongdokensis*, 북방종개 *I. pacifica* 6종이 포함된다 (Nalbant, 1993; 김, 1997; Kim, 2009). 이 중 초기생활사 연구는 왕종개와 참종개, 북방종개 3종이 보고되어 (Ko et al., 2009; Lee et al., 2011; Ko et al., 2012) 이들과 부안종개의 난발생과 초기생활사 특징을 비교하면 Table 2와 같다. 본 연구에 사용된 개체는 7월 7일에 채집하였는데, 산란을 하지 않은 비율이 30.7%로 비교적 낮아 산란기 말기로 판단되었으며, 부안종개의 산란성기는 GSI변화를 통하여 5월로 보고된 바 있어 (김과 이, 1984; 강, 1994) 비교적 산란기가 긴 것으로 판단된다. 성숙한 암컷의 전장범위는 67~110 mm이고 포란수 ($n=16$)는 $1,017 \pm 334.3$ 개 (범위 352~1,440개)로 나타나 김과 이 (1984)의 전장 61~85 mm에 포란수 329개 (범위 142~878개), 강 (1994)의 전장 60~74 mm에 포란수 504개 (범위 246~913개)보다 전장 범위가 넓고 포란수가 많았다. 그러나 유연종인 참종개 *I. koreensis*의 포란수는 만경강 집단이 1,138개 (범위 811~2,023개; 김, 1978), 동진강 집단 1,579개 (범위 1,260~1,880개; 김과 이, 1984), 섬강 집단 2,020개 (범위 1,339~2,635개; Ko et al., 2012)보다는 비교적 적었으며, 또한 왕종개 *I. longicorpa* 1,992개 (범위 717~3,862개; Ko et al., 2009), 북방종개 *I. pacifica* 2,968개 (Lee et al., 2011)보다 적었다.

성숙란은 밝은 노란색을 띠어 참종개 (Ko et al., 2012) 및 왕종개 (Ko et al., 2009)와 유사하였으나 옅은 흰색을 띠는 북방종개 (Lee et al., 2011)와는 차이를 보였다. 난경은 1.27 ± 0.02 (1.21~1.36) mm로 개체 간의 큰 차이가 없었으며, 참종개 (섬강 집단) 1.4 mm (Ko et al., 2012)와 왕종개 1.5 mm (Ko et al., 2009)보다 약간 작았으나 북방종개 1.1 mm (Lee et al., 2011)보다는 컸다. 부안종개의 성숙란 (개체를 포르말린에 고정 후 절개하여 측정)은 김과 이 (1984)가 1.35 ± 0.08 mm, 강 (1994)은 1.30 ± 0.06 mm로, 참종개의 성숙란은 동진강 집단이 1.10 ± 0.08 mm (김과 이, 1984), 만경강 집단은 1.11 ± 0.05 mm (강, 1994)로 보고하면서 부안종개가 더 큰 것으로 알려졌다. 하지만 본 연구의 초기생활사에 대한 결과에서는 부안종개와 참종개 (섬강 집단)에 있어 큰 차이를 보이지 않고 오히려 참종개가 약간 더 큰 것으로 나타났다 (Table 2). 일반적으로 미꾸리과 어류의 난경은 암컷의 크기와 상관없이 균일한 것으로 보고되고 있으나 (강, 1994; 최, 2003; 김과 고, 2005; 김 등, 2006; 고와 박, 2011; Ko et al., 2012), 다른 어류에서는 환경요인 및 연령에 따라 난경이 달라지는 것으로 보고한 바 있고 (Pitman, 1979; Johnston and Leggett, 2002; Abdoli et al., 2005), 지리적 차이에 의한 영향도 고려할 필요가 있다. 따라서 참종개

Table 2. Comparisons of early life historical characteristics of the genus *Iksookimia* species

Stages	Species			
	<i>Iksookimia pumila</i>	<i>I. koreensis</i>	<i>I. longicorpa</i>	<i>I. pacifica</i>
Matured egg				
Number of spawned eggs	1,017±334 (352~1,440)	2,020±518 (1,339~2,635)	1,992±925 (717~3,862)	2,968±502
Egg size (mm)	1.3±0.02 (1.2~1.4)	1.4±0.02 (1.3~1.5)	1.5±0.07 (1.4~1.7)	1.09±0.04
Color of eggs	light yellowish	light yellowish	light yellow	faint white
Egg development				
Water temperature	23°C	23°C	23~25°C	21~24°C
Time until blastodisc	45 min	50 min	40 min	45 min
Time until morula (256 cell)	3 h 20 min	3 h	3 h	3 h 30 min
Time until blastula	4 h 10 min	4 h 5 min	4 h	4 h 30 min
Time until early gastrulation (50% epiboly)	7 h 40 min	7 h 5 min	7 h 10 min	8 h 30 min
Time until formation of the embryo	14 h 40 min	13 h 40 min	15 h	15 h 10 min
Time until formation of auditory vesicles	21 h 30 min	20 h	20 h	17 h 50 min
Time of beginning of heart beating	33 h	31 h	30 h	30 h
Time of hatching (mean)	47~55 (52) h	45~60 (50) h	50~72 h	48 h
Larva and juvenile				
Hatching size (mm)	4.5~4.9 (4.7)	4.6~5.0 (4.7)	4.8~5.2 (5.1)	2.8~2.9 (2.9)
Appearance period (day) of outer gill filament	1~5	1~5	2~5	2~7
Days until postlarva	5	5	4	7
Days until juvenile	17	17	25	26
References	Present study	Ko <i>et al.</i> , 2012	Ko <i>et al.</i> , 2009	Lee <i>et al.</i> , 2011

한강 집단과 만경강 및 동진강 집단 간 난경 차이를 보임으로써, 추후 수계별로 성숙한 참종개를 대상으로 암컷 연령/크기에 대한 난경을 비교하는 후속 연구가 필요한 것으로 판단된다.

난발달의 각 단계별 시간을 참종개 (Ko *et al.*, 2012)와 왕종개 (Ko *et al.*, 2009), 북방종개 (Lee *et al.*, 2011)와 비교하면, 배반형성 (blastodisc)과 상실기 (morula), 포배기 (blastula) 등은 각각 45분, 3시간 20분, 4시간 10분으로 북방종개와 왕종개, 참종개와 비교적 유사하였으며, 낭배초기는 7시간 40분으로 참종개와 왕종개보다는 느렸지만 북방종개보다는 빨랐다. 배 (embryo) 형성시기는 왕종개와 북방종개와 비교적 유사하였으나 참종개보다는 1시간 느렸고, 이후 이포 (auditory vesicles) 형성시기와 심장형성 (박동) 시기는 각각 21시간 30분, 33시간으로 다른 종보다 약간 느렸다. 또한 부화시간은 52 (47~55)시간으로 참종개와 북방종개와 비교적 유사하였으나 왕종개보다는 빠른 편이었다.

부화 직후 자어 크기는 성숙란의 크기와 매우 밀접한 관련이 있는데, 부안종개의 자어 크기는 4.7 (4.5~4.9) mm로 나타나 성숙란의 크기가 비슷한 참종개 (Ko *et al.*, 2012)와 같았고, 성숙란의 크기가 약간 큰 왕종개의 5.1 mm (Ko *et al.*, 2009)보다는 작았으며, 북방종개와는 성숙란 크기 (1.1 mm)뿐만 아니라 부화 직후 자어 크기 2.9 mm보다는 컸다 (Lee *et al.*, 2011).

미꾸리과 어류 중 일본에 서식하는 *Niwaella delicata*

(Suzuki, 1966)를 제외하고는 모두 자어기에 외새 (external gill)가 나타나는 것으로 보고하고 있는데 (Uchida, 1939; Okada, 1959~1960; 김 등, 1987; Saitoh and Hosoya, 1988; 김과 이, 1995; Shimizu *et al.*, 1998; 송 등, 2008; 송 등, 2009; Ko *et al.*, 2009; Lee *et al.*, 2011; Ko *et al.*, 2012), 부안종개도 부화 후 1일부터 5일까지 외새가 5쌍이 관찰되어 외새 수와 출현기간에 있어 참종개 (Ko *et al.*, 2012) 및 왕종개 (Ko *et al.*, 2009)와 비교적 유사하였으나 북방종개 (Lee *et al.*, 2011)와는 외새 수는 동일하나 출현기간이 2~7일로 차이를 보였다.

어류의 발달단계에서 전기자어와 후기자어의 구별은 난황의 유무로 판단하는데 (김, 1997; 김 등, 2005), 부안종개는 부화 후 5일 만에 난황을 모두 흡수하여 참종개와 동일하였으나, 왕종개 4일보다는 느리고 북방종개 7일보다는 빠른 편이었다. 또한 치어기로의 이행시기는 17일로 나타나 참종개 (Ko *et al.*, 2012)와 유사하였으나 왕종개 (Ko *et al.*, 2009) 25일, 북방종개 (Lee *et al.*, 2011) 26일보다는 빨랐다.

부안종개의 난발생 및 초기생활사 특징을 *Iksookimia*속 어류와 비교·요약하여 보면, 부안종개는 참종개, 왕종개, 북방종개 순으로 유사한 특징을 보였는데, 특히 참종개와는 포란수와 난경에서만 차이를 보일 뿐 난경과 난발달 단계별 시간, 부화시간, 부화 직후 크기, 외새 출현기간, 자·치어기 이행시기 등이 대체로 유사하여 매우 밀접한 유연관계를 가지는 것으로 판단된다.

요 약

우리나라 고유종이며 멸종위기어류인 부안종개 *Iksookimia pumila*의 발생생물학적 특성을 밝히고 복원의 기초자료를 확보하기 위하여 난발생 및 초기생활사 연구를 수행하였다. 성숙한 친어는 2010년 7월 7일 전라북도 부안군 상서면에서 죽대를 이용하여 채집하였으며, 이후 친어의 복강에 Ovaprim (0.5 mL/kg)을 주사하여 12시간 경과 후 복부압박법으로 채란하여 전식법으로 인공수정시켰다. 산란된 난은 1,107 (352~1,440)개로 약간의 점착성을 띤 옅은 노란색의 분리침성난이었으며, 난경은 1.3 ± 0.04 mm였다. 수온 23°C에서 수정 후 52 (47~55) 시간에 부화하였으며, 크기는 전장 4.7 ± 0.14 mm였다. 부화 후 5일에는 전장 7.1 ± 0.25 mm로 난황을 모두 흡수하여 후기자어로 넘어갔으며, 부화 후 17일에는 전장 12.2 ± 1.10 mm로 지느러미 기조가 모두 정수로 되어 치어기로 이행하였다. 부화 후 100일에는 전장 31.0 ± 3.98 mm로 성장하고 외부형태 및 체측반문이 성어와 비교적 유사하였다.

인 용 문 헌

- 강상희. 1994. 참종개 (*Cobitis koreensis koreensis*)와 부안종개 (*Cobitis koreensis pumila*)의 생식주기에 관한 연구. 전북대학교 대학원 석사학위논문. 전주, 31pp.
- 고명훈 · 박종영. 2011. 만경강 삼천에 서식하는 점줄종개 *Cobitis lutheri*의 성장과 산란생태. 한국어류학회지, 23: 158-162.
- 국토해양부. 2010. 4대강 수계 멸종위기어종 증식 및 복원. 순천향대학교, 아산, 489pp.
- 국토해양부. 2011. 4대강 수계 멸종위기어종 증식 및 복원 연구 (II). 순천향대학교, 아산, 364pp.
- 김용억 · 김동수 · 박양성. 1987. 미꾸라지의 난발생과 자치어. 한국수산학회지, 20: 16-23.
- 김익수. 1978. 전주천 참종개 *Cobitis koreensis*의 생태. 한국생태학회지, 2: 9-14.
- 김익수. 1997. 한국 동식물 도감 제37권 동물편 (담수어류). 교육부, 연기, 629pp.
- 김익수 · 고명훈. 2005. 섬진강에 서식하는 왕종개 *Iksookimia longicorpa* (Cobitidae)의 개체군 생태. 한국어류학회지, 17: 112-122.
- 김익수 · 고명훈 · 박종영. 2006. 줄종개 *Cobitis tetralineata* (Pisces; Cobitidae)의 개체군 생태. 한국생태학회지, 29: 277-286.
- 김익수 · 박종영. 2007. 한국의 민물고기. 교학사, 서울, 467pp.
- 김익수 · 이완옥. 1984. 백천에 서식하는 참종개 *Cobitis koreensis* KIM 개체군의 형태와 생태. 한국생태학회지, 7: 10-20.
- 김익수 · 이은희. 1995. 수수미꾸리의 초기 발생에 관한 연구. 한국어류학회지, 4: 455-462.
- 김익수 · 최 윤 · 이충렬 · 이용주 · 김병직 · 김지현. 2005. 한국어류대도감. 교학사, 서울, 615pp.
- 송하윤 · 김우중 · 이완옥 · 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 nakdongensis* (Cobitidae)의 난 발생 및 자치어 형태 발달. 한국어류학회지, 21: 247-252.
- 최은경. 2003. 남방종개 *Iksookimia hugowolfeldi* (Pisces, Cobitidae)의 생물학적 연구. 전북대학교 교육대학원 석사학위논문, 42pp.
- 환경부. 2005. 야생동 · 식물보호법 (법률 제7167호).
- 환경부. 2006. 멸종위기에 처한 한국특산어류의 종 보존과 복원 및 증식기술개발. 군산대학교, 군산, 537pp.
- 환경부. 2009. 멸종위기어류 미호종개의 유전 다양성 분석, 인공 증식 및 생태계 복원기술 개발에 관한 연구. 순천향대학교, 아산, 506pp.
- 환경부. 2012. 야생생물 보호 및 관리에 관한 법률 (법률 제10977호).
- Abdoli, A., D. Pont and P. Sagnes. 2005. Influence of female age, body size and environmental conditions on annual egg production of the bullhead. J. Fish Biology, 67: 1327-1341.
- Blextter, J.H.S. 1974. The Early life History of Fish. Springer-Verlag, Berlin, 765pp.
- Johnston, T.A. and W.C. Leggett. Maternal and environmental gradients in the egg size of an iteroparous fish. Ecology, 83: 1777-1791.
- Kim, I.S. 2009. A review of the spined loaches, family Cobitidae (Cypriniformes) in Korea. Korean J. Ichthyol., 21 Supplement: 7-28.
- Kim, I.S. and W.O. Lee. 1987. A new subspecies of cobitid fish (Pisces: Cobitidae) from the Paikcheon stream, Chollabuk-do, Korea. Korean J. Syste. Zool., 3: 57-62.
- Kim, S.Y., I.S. Kim, K.Y. Jahng and M.H. Chang. 2000. Molecular phylogeny of Korean loaches inferred from mitochondrial DNA Cytochrome *b* Sequences. Korean J. Ichthyol., 12: 223-229.
- Ko, M.H., J.Y. Park and I.S. Kim. 2009. Development of eggs and early life history of *Iksookimia longicorpa* (Pisces: Cobitidae) from Nakdong River of Korea. Korean J. Ichthyol., 21: 15-22. (in Korean)
- Ko, M.H., S.Y. Park and I.C. Bang. 2012. Egg development and early life history of Korean spined loach, *Iksookimia koreensis* (Pisces: Cobitidae). Korean J. Limnol., 45: 93-101. (in Korean)
- Lee, H.S. 1988. Karyotype analysis of the genus *Cobitis* from Korea. Inha University Doctoral Thesis, 76pp.
- Lee, W.O., K.H. Kim, J.M. Baek, Y.J. Kang, H.Z. Jeon and C.H. Kim. 2011. Embryonic development and early life history of the northern loach, *Cobitis pacifica* (Pisces: Cobitidae). Korean J. Limnol., 44: 1-8. (in Korean)
- Nalbant, T.T. 1993. Some problems in the systematics of the genus

- Cobitis* and its relative (Pisces: Ostariophysii, Cobitidae). Rev. Roum. Biol. (Biol. Anim.), 38: 101-110.
- Nelson, J.S. 2006. Fishes of the World. John Wiley & Sons, Inc., pp. 139-143.
- Okada, Y. 1959-1960. Studies on the fresh water fishes of Japan. J. Fac. Fish. Mie Pref. Univ., 4: 433-568.
- Park, J.Y. and I.S. Kim. 2003. Variability of egg envelopes in Korean spined loaches (Cobitidae). Folia Biol., 51 Supplement: 187-192.
- Pitman, R.W. 1979. Effects of female age and egg size on growth and mortality in rainbow trout. Progressive Fish-Culturist, 41: 202-204.
- Saitoh, K. and K. Hosoya. 1988. *Cobitis biwae* Jordan et Synder. Page 159 in M. Okiyama, ed. An atlas of the early stage fishes in Japan. Tokai Univ. Press. Tokyo, ?+1154 pp. (in Japanese)
- Shimizu, T., H. Sakai and N. Mizuno. 1998. Embryonic and larval development of a Japanese spinous loach, *Cobitis takatsuenensis*. Ichthyol. Res., 45: 377-384.
- Šlechtová, V., J. Bohlen and A. Perdices. 2008. Molecular phylogeny of the freshwater fish family Cobitidae (Cypriniformes: Teleostei): Delimitation of genera, mitochondrial introgression and evolution of sexual dimorphism. Molecular Phylogenetics and Evolution, 47: 812-831.
- Suzuki, R. 1966. Artificial spawning and early development of the loach, *Cobitis delicata* Niwa. Bull. Freshwater Fish. Res. Lab., 15: 175-188. (in Japanese)
- Uchida, K. 1939. The fishes of Tyosen. Part I. Numatognathi, Eventognathi. Bull. Fish Exp. Sta. Gov. Gener. Tyosen, 428-458. (in Japanese)
- Yang, S.Y., B.S. Park, J.H. Kim and J.H. Kim. 1989. Systematic studies of the genus *Cobitis* (Pisces: Cobitidae) in Korea. I. Geographic variations and classification of *Cobitis koreensis*. Korean J. Zool., 32: 242-251.