

한국 고유종 기름종개 *Cobitis hankugensis*의 난발생 및 초기생활사

고명훈 · 박종영*

전북대학교 자연과학대학 생물과학부

Eggs Development and Early Life History of Spine Loach, *Cobitis hankugensis* (Pisces: Cobitidae), Endemic to Korea by Myeong-Hun Ko and Jong-Young Park* (Faculty of Biological Science, College of Natural Science, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea)

ABSTRACT The spine loach, *Cobitis hankugensis* endemic to Korea were collected at the Nokdong River, Unbong-eup, Namwon-si, Jeollabuk-do during June 2007 for study its eggs development and early life history. The eggs were obtained by injecting gonadotropin (LHRH-1) to female and were fertilized by dry method in the laboratory condition. The matured eggs were separative, demersal and light yellowish with 1.29 ± 0.07 mm in diameter average. Under $23 \sim 25^\circ\text{C}$, the eggs were hatched in 45~52 hours after fertilization, and just hatching larvae were 4.5 ± 0.24 mm in total length. On 5 days after hatching, they were 6.6 ± 0.13 mm in total length and their yolk sacs were completely absorbed. From 25 days after hatching, they became the juvenile stage with 9.0 ± 0.49 mm in total length. On the 100 days after hatching, their external forms and band patterns were similar to those of adults with average 27.3 ± 2.82 mm in total length.

Key words : *Cobitis hankugensis*, egg development, early life history

서 론

미꾸리과(Cobitidae) 어류는 유럽과 아시아, 아프리카에 분포하는 저서성 담수어류로 16속 120여종이 분포하는 것으로 알려졌다(Nalbant, 2002). 우리나라에는 5속 16종이 서식하는 것으로 알려져 있으며(Kim, 2009), 이중 *Cobitis* 속은 지리적으로 4종이 나뉘어져 분포하며, 이중 기름종개 *Cobitis hankugensis*는 한국 고유종으로 낙동강과 형산강, 회야강 및 남해와 동해로 유입되는 일부하천에 서식하는 것으로 알려졌다(김 등, 2005; Kim, 2009). 기름종개는 Uchida (1939)에 의해 처음으로 *Cobitis taenia*로 보고되었으나, 이후 Kim and Jeong (1987)은 체측과 체측의 반분, 안하극의 위치 및 염색체 수의 차이를 들어 *C. sinensis*로 정정 하였고, 최근 Kim *et al.* (2003)은 *C. sinensis*의 type specimens를 검토한 후 *C. hankugensis*로 신종 발표하였다.

본 연구종인 기름종개가 서식하는 낙동강에는 왕종개 *Iksookimia longicorpa*, 수수미꾸리 *Niwaella multifasciata*, 얼룩새코미꾸리 *Koreocobitis naktongensis*, 미꾸라지 *Misgurnus mizolepis*, 미꾸리 *M. anguilicaudatus* 등이 혼서하고 있고(김 등, 2005), 특히 왕종개와 함께 혼서하는 곳에서는 이들을 기원으로 하는 *C. hankugensis-longicorpa* complex가 출현하고 있는데, 이들은 독특한 생식양상인 단성생식(unisexual reproduction)을 하며 2배체와 3배체가 존재하는 것으로 알려져 주목되고 있다(Kim and Lee, 1990; Kim and Lee, 1995; Kim and Lee, 2000; 고, 2009).

어류에서 초기 생활사에 관한 연구는 종의 특징을 규명하고 유사종과의 분류학적 유연관계를 밝히는 데 이용되어 왔으며(Blaxter, 1974), 우리나라 미꾸리과 어류 16종 가운데 초기생활사에 대한 연구는 미꾸리(Uchida, 1939), 미꾸라지(김 등, 1987), 수수미꾸리(김과 이, 1995), 미호종개 *C. choii*(송 등, 2008), 왕종개(Ko *et al.*, 2009), 얼룩새코미꾸리(송 등, 2009) 등의 어류에서 이루어졌다.

기름종개에 관한 연구는 난막구조(Park and Kim, 1997)와 핵형(김과 이, 1986), 세포유전학 및 유전학적 연구(이,

*교신저자: 박종영 Tel: 82-63-270-3344, Fax: 82-63-270-3362, E-mail: Park7877@jbnu.ac.kr

1992; Saitoh *et al.*, 2004) 등이 연구된 바 있고, 초기생활사에 대한 연구는 Uchida(1939)에 의해 일부 보고된 바 있으나 난발생 및 자치어의 세부 발달 단계별 조사는 이루어지지 않았다.

따라서 본 연구에서는 기름종개의 난발생 및 초기 생활사를 세부 발달 단계별로 조사하여 발생학적 특징을 밝히고 미꾸리과 어류들과 비교 논의하고자 한다.

재료 및 방법

실험에 사용된 개체는 2007년 6월에 낙동강 상류인 전라북도 남원시 운봉읍 람천에서 족대(망목 4×4 mm)와 투망(망목 7×7 mm)을 사용하여 채집하였다. 채집된 개체 중 성숙한 개체들을 골라 암·수 모두 체중 1 g당 LHRH-1 (Lu-teinizing hormone releasing hormone, Sigma, USA)를 2.5 µg을 주사하였으며, 12~18시간 이후 암컷은 복부 압박법으로 채란하고 여기에 수컷으로부터 얻은 정액을 Ringer solution에 100배 희석시켜 수정시켰다.

수정란은 15 cm의 페트리디쉬에 분산·수용하였고, 부화된 자어는 소형 사각 수조(18×12×8 cm)에 옮겨 30일간 사육하였으며, 이후 순환여과식 수조(42×28×25 cm)로 옮겨 사육하였다. 먹이는 brine shrimp (*Artemia nauplii* 유생)와 초기사료(Love Larva, Japan), 배합사료를 성장에 따라 순차적으로 공급하였으며, 실험기간 중 수온은 23~25°C로 유지하였다. 난발생 과정과 자어의 발달과정은 실체현미경(Nikon SMZ-U, Japan)과 디지털카메라(Olympus C-4100 Zoom, Korea)를 이용하여 촬영 및 관찰하였으며, 수정란과 자치어의 크기는 시기별로 10개체를 임의로 선택하여 측정하였다.

수정란과 부화율, 초기생존률, 기형률은 난질이 좋았던 3회의 실험결과를 사용하였다. 수정란은 수정 후 3시간에 전체 난수 중 사란수를 제외하고 배체가 형성된 난수를 백분률로 나타내었으며, 부화율은 전체 난수에 대한 부화 개체수의 백분률로 측정하였다. 초기 생존률은 부화 후 5일까지 부화한 개체수에 대한 생존 개체수의 백분률로 측정하였으며, 기형률은 부화된 개체 중 5일까지 기형 개체수의 백분률로 측정하였다.

결 과

1. 성숙개체의 크기 및 성숙난의 특징

성숙한 기름종개의 암컷(n=35)은 전장 83~127 mm였고, 수컷(20)은 전장 71~103 mm였다. 암컷(n=10)의 생식소

성숙도는 $18.8 \pm 8.35\%$ 였으며, 포란수(n=35)는 $2,783 \pm 1,543$ (812~6,474)개였다. 성숙란은 구형으로 회색빛의 약한 점착성을 띤 분리침성난으로, 난경은 1.29 ± 0.07 (1.18~1.42) mm (n=20)였다.

2. 난 발생

기름종개의 성숙란은 수정 후 10분 후에 물을 흡수하여 1.98 ± 0.06 mm (n=20)로 커졌고(Fig. 1A), 수정 후 45분 뒤에 배반(blastodisc, 1세포기)을 형성하였으며(Fig. 1B), 1시간 후에 배반이 나뉘어져 2세포기를 형성하였다(Fig. 1C). 1시간 30분 후 경찰에 의해 4세포기를 형성하였으며(Fig. 1D), 1시간 45분 후에 8세포기에 도달하였다(Fig. 1E). 2시간 10분 후에는 16세포기로(Fig. 1F), 2시간 25분 후에 32세포기로(Fig. 1G), 2시간 40분 후에 64세포기로 분열하였다(Fig. 1H). 이후 3시간 30분 후에 상실배기(morula)에 도달하였으며(Fig. 1I), 4시간 30분 후에 포배기(blastula)를 형성하였다(Fig. 1J). 7시간 후에 초기 낭배기(early gastrulation)에 도달하여 배반엽이 식물극(vegetal pole) 쪽으로 확장되며 난황을 덮었고(Fig. 1K), 12시간 20분 후에는 배반이 난황의 대부분을 덮으며 난황 위에 유백색의 배체가 형성되어 나타났다(Fig. 1L). 14시간 50분 후에는 원구가 폐쇄되고 배체(embryo)의 윤곽이 뚜렷해졌다(Fig. 1M). 17시간 30분 후에는 근절(myotomes)이 3~4개가 나타나고 안포(optic vesicle)가 형성되었고(Fig. 1N), 19시간 10분 후에는 9~10개의 근절이 나타나고 이포(auditory vesicle)가 형성되었으며(Fig. 1O), 21시간 40분 후에 근절수가 18~19개로 늘어났다(Fig. 1P). 25시간 후에는 근절수가 29~30개로 증가하였고 눈의 렌즈가 형성되고 뇌가 분화하기 시작하였으며 꼬리가 난황으로부터 분리되며 길어졌다(Fig. 1Q). 28시간 후에는 심장이 형성되었으며 꼬리는 더욱 길어져 움직임이 활발하였다(Fig. 1R). 43시간 후에 처음으로 꼬리를 이용하여 난막을 뚫고 부화하였으며 대부분 45~52시간에서 부화하였다(Fig. 1S).

3. 자어와 치어의 발달

자어와 치어의 성장추이(전장)는 Fig. 3과 같다.

1) 전기자어기

부화 직후의 자어는 전장 4.5 ± 0.24 (4.3~4.8) mm (n=10)로 난황이 앞쪽에 구형으로 있었고 체색은 무색이었으며 입과 항문은 열려있지 않았다. 또한 꼬리쪽에 막지느러미가 형성되어 나타나기 시작하였다(Fig. 2L₁). 부화 후 1일째의 자어는 전장 5.1 ± 0.37 mm (n=10)로 구형의 난황이 점점 뒤쪽으로 이동하고 흡수되면서 점점 작아졌고 막지느러미가 넓게 신장되었으며 가슴지느러미가 발달하기 시작하였다

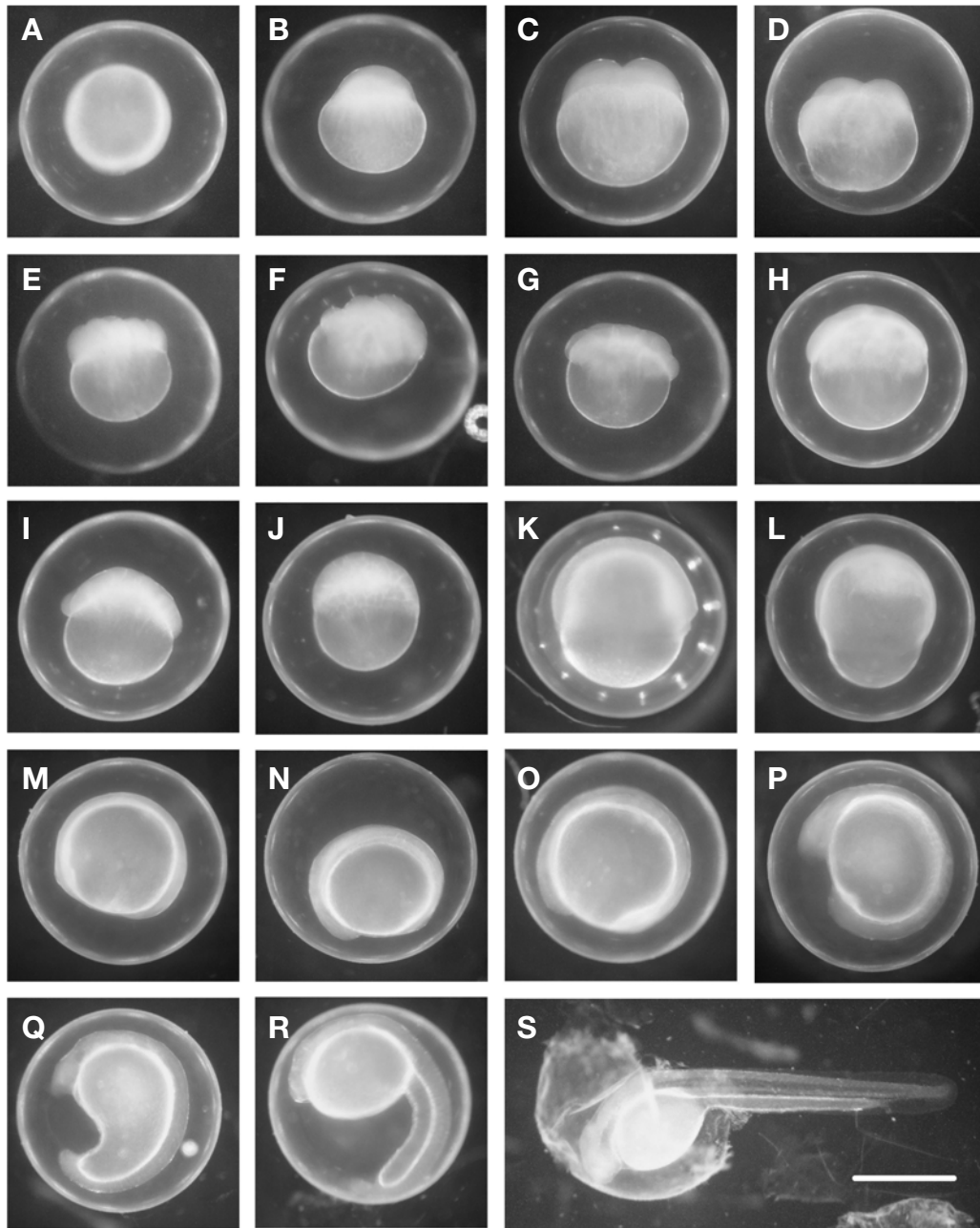


Fig. 1. The egg development and hatching of *Cobitis hankugensis* at water temperature 23~25°C. The bar indicates 1 mm. A: Formation of perivitelline space, 10 mins; B: Formation of blastodisc, 45 min; C: 2 cells stage, 1 h; D: 4 cells stage, 1 h 30 min; E: 8 cells stage, 1 h 45 min; F: 16 cells stage, 2 h 10 min; G: 32 cells stage, 2 h 25 min; H: 64 cells stage, 2 h 40 min; I: Morula stage, 3 h 30 min; J: Blastula stage, 4 h 30 min; K: Beginning of gastrulation, 7 h; L: Post gastrulation stage, 12 h 20 min; M: Formation of the embryo, 14 h 50 min; N: 3~4 myotomes stage, formation of optic vesicles, 17 h 30 min; O: 9~10 myotomes stage, formation of auditory vesicles and Kupffer's vesicles, 19 h 10 min; P: 18~19 myotomes stage, disappearance of Kupffer's vesicles 21 h 40 min; Q: 29~30 myotomes stage, formation of eye lens, specialization of brain, 25 h; R: formation of heart, 28 h; S: Hatching of embryo, 45~52 h.

(Fig. 2L₂). 부화 후 2일째의 자어는 전장 5.7 ± 0.27 mm (n=10)로 눈 뒤에 3쌍의 외새(external gill)가 나타나고 눈에 색소포가 착색되어 검게 변하였으며 머리 일부에 색소포가 연하게 착색되었다. 또한 주둥이 아래에 수염 1쌍이 나타났으며 가슴지느러미가 점점 커졌다 (Fig. 2L₃). 부화 후 3일째의

자어는 전장 6.1 ± 0.31 mm (n=10)로 5쌍의 외새가 길게 신장되어 나타나고 색소포가 거의 온몸에 착색되었으며 꼬리지느러미 원기가 2~3개 관찰되었다 (Fig. 2L₄₋₁, L₄₋₂). 부화 후 4일째의 자어는 전장 6.3 ± 0.30 mm (n=10)로 등지느러미 원기가 나타났고 난황이 거의 흡수되었으며 brine shrimp

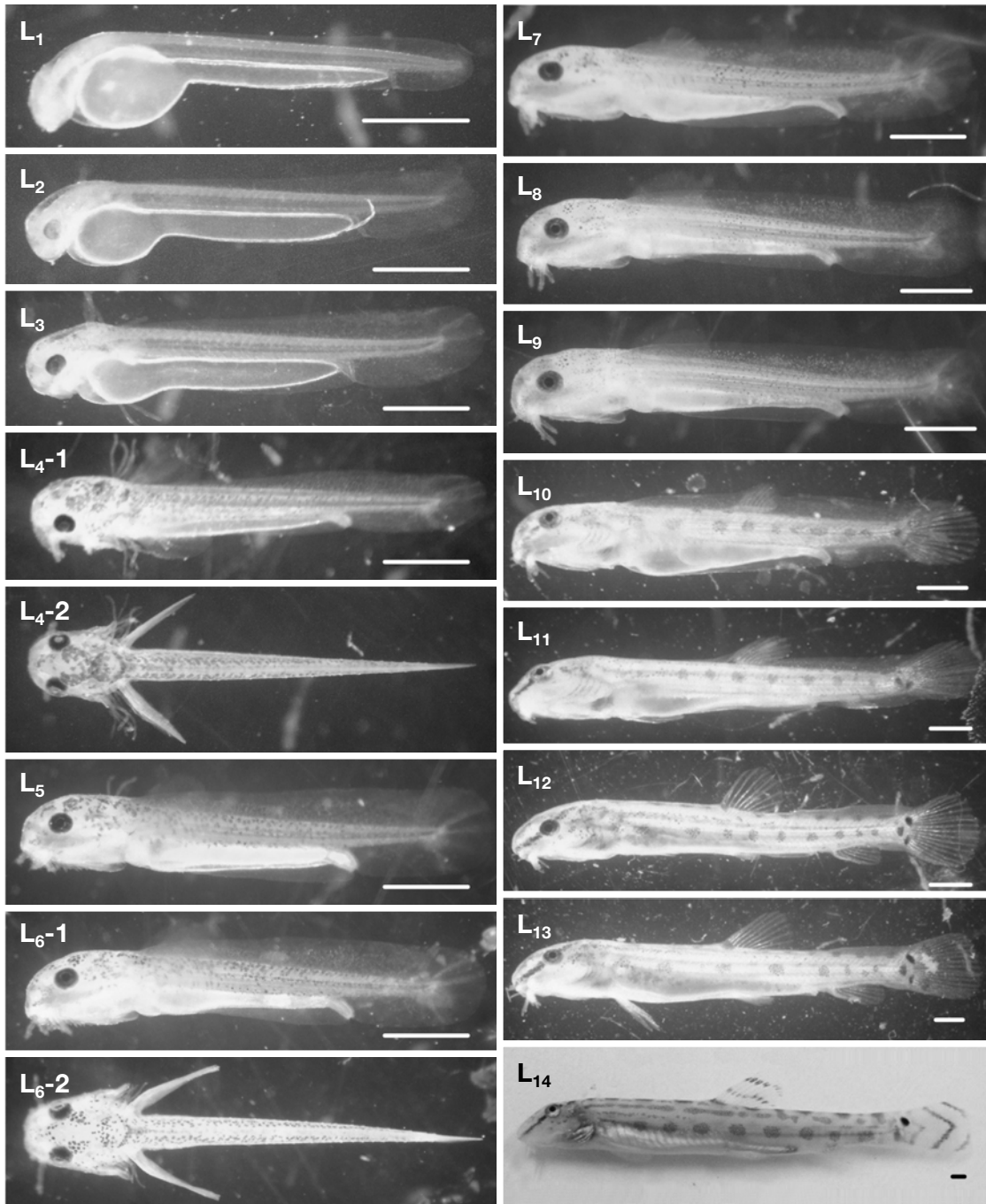


Fig. 2. Larva and juvenile development of *Cobitis hankugensis* at water temperature 23~25°C. Scale bars are 1 mm. L₁: Newly hatched prelarva, 4.3 mm (in total length); L₂: 1 days after hatching, 5.1 mm; L₃: 2 days after hatching, 5.7 mm; L₄-1: 3 days after hatching, 6.1 mm; L₄-2: 3 days after hatching, seen from above; L₅: 4 days after hatching, 6.3 mm; L₆-1: 5 days after hatching, 6.6 mm; L₆-2: 5 days after hatching, seen from above; L₇: 8 days after hatching, 6.8 mm; L₈: 10 days after hatching, 6.9 mm; L₉: 15 days after hatching, 7.5 mm; L₁₀: 20 days after hatching, 8.1 mm; L₁₁: 25 days after hatching, 9.0 mm; L₁₂: 40 days after hatching, 13.5 mm; L₁₃: 50 days after hatching, 15.1 mm; L₁₄: 100 days after hatching, 28.3 mm.

를 섭식하기 시작하였다 (Fig. 2L₅).

2) 후기자어기

부화 후 5일 후에는 전장 6.6 ± 0.13 mm (n=10)로 성장하

였으며 난황이 모두 흡수되었다. 외세는 매우 작아져 아가미뚜껑으로 덮였고 색소포는 작은 검은점으로 바뀌었으며 뒷지느러미 원기가 관찰되었다 (Fig. 2L₆-1, L₆-2). 부화 후 8일째의 치어는 전장 6.8 ± 0.40 mm (n=10)로 수염이 3쌍으

Table 1. Fertilization, hatching, incidence abnormal larva and early survival rate of *Cobitis hankugensis* at water temperature 23~25°C

Exp. number	Fertilization rate (%)*	Hatching rate (%)	Early survival rate (%)**	Abnormal larva incidence (%)**
1	96.6	92.6	99.2	0.6
2	99.6	93.2	97.6	1.5
3	99.9	67.3	99.2	0.7

* 3 hour after fertilization; ** From hatching to 5 days.

로 늘어났으며 꼬리지느러미의 기초 6~7개가 관찰되었다 (Fig. 2L₇). 부화 후 10일째의 치어는 전장 6.9 ± 0.21 mm로 성장하였으며 (Fig. 2L₈), 부화 후 15일째의 치어는 전장 7.5 ± 0.32 mm (n=10)로 성장하였다 (Fig. 2L₉). 부화 후 20일째의 치어는 전장 8.1 ± 0.61 mm (n=10)로 성장하였고 막지느러미가 점점 좁아졌으며 등지느러미가 점점 융기하기 시작하였다. 또한 꼬리지느러미 기초가 11~13개, 등지느러미 기초가 8~9개가 관찰되었으며, 체측반문이 7~10개 관찰되기 시작하였다 (Fig. 2L₁₀).

3) 치어기

부화 후 25일째의 치어는 9.0 ± 0.49 mm (n=10)로 성장하였고 뒷지느러미 기초가 7~8로 정수가 되면서 치어기로 넘어갔으며 눈과 입 사이에 검은 줄이 나타났다 (Fig. 2L₁₁). 부화 후 40일째의 치어는 12.1 ± 1.18 mm (n=10)로 성장하였으며 체측반문이 좀더 진해졌고 등쪽 반문이 나타나기 시작하였다. 또한 꼬리 미병부쪽에 3개의 뚜렷한 검은점이 나타났다 (Fig. 2L₁₂). 부화 후 50일째의 치어는 14.5 ± 1.71 mm (n=10)로 성장하였으며 체측반문은 좀더 선명해졌고 등지느러미와 꼬리지느러미에 무늬가 나타나기 시작하였다 (Fig. 2L₁₃). 부화 후 100일 후에는 27.3 ± 2.82 mm (n=10)로 성장하였으며 체측반문과 체형이 성어와 유사하였다.

4. 수정률과 부화율, 초기생존율, 기형률

수정률, 부화율, 초기생존율, 기형률은 Table 1과 같다. 수정률은 1차에 99.6%, 2차에 99.6%, 3차에 99.9%로 매우 높게 나타났고, 부화율은 1차에 92.6%, 2차에 93.2%, 3차에 67.3%로 나타나 1차와 2차는 높게 나타났지만 3차는 비교적 낮았다. 초기생존율은 1차에 99.2%, 2차에 97.6%, 3차에 99.2%로 모두 높게 나타났으며, 기형률은 1차에 0.6%, 2차에 1.5%, 3차에 0.7%로 모두 2% 미만이었다.

고 찰

어류에서 초기 생활사에 관한 연구는 종의 특징을 규명하고 유사종과의 분류학적 유연관계를 밝히는데 이용되어 왔다 (Blaxter, 1974). 미꾸리과의 초기생활사에 대한 연구는 우리나라 미꾸리과 (Cobitidae) 어류 가운데 미꾸라지 *Misgur-*

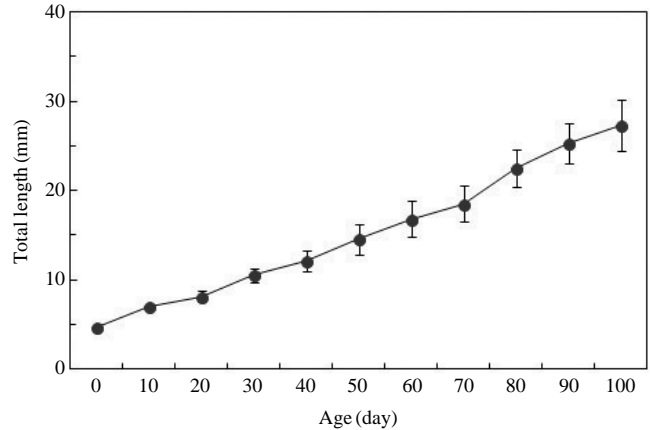


Fig. 3. Early growth of *Cobitis hankugensis* after hatching at water temperature 23~25°C. Vertical lines show SD.

nus mizolepis (김 등, 1987), 수수미꾸리 *Kichulchoia multifasciata* (김과 이, 1995), 미꾸리 *M. anguillicaudatus* (Uchida, 1939), 미호종개 *C. choii* (송 등, 2008), 왕종개 *Iksookimia longicorpa* (Ko et al., 2009), 얼룩새코미꾸리 *Koreocobitis nakdongensis* (송 등, 2009) 등에 대해 이루어졌으며 일본은 *C. biwae* (Okada, 1959~1960), *C. takatsuensis* (Shimizu et al., 1998), *N. delicata* (Suzuki, 1966) 등에 대해 연구되었다.

산란시기는 기름종개가 6월부터 7월로 나타나 왕종개 6월 (Ko et al., 2009)과 *C. biwae* 5~6월 (Saitoh and Hosoya, 1988)로 대체적으로 비슷하였으나 수수미꾸리 12월 (김과 이, 1995)과 *N. delicata* 11~1월 (Suzuki, 1966), 얼룩새코미꾸리 4월 (송 등, 2009) 보다는 느렸다.

기름종개의 성숙란은 엷은 회색의 분리침성란으로 여러 미꾸리과 어류와 유사하였으며, 난경은 1.2~1.4 (1.3) mm로 얼룩새코미꾸리 1.0~1.2 (1.1) mm (송 등, 2009), 미호종개 1.1~1.3 (1.2) mm (송 등, 2008), *C. biwae* 1.1~1.2 mm (Okada, 1959~1960), 미꾸라지 1.0~1.2 (1.2) mm (김 등, 1987) 보다 컸고 *C. takatsuensis* 1.5 mm (Shimizu et al., 1998)와 왕종개 1.4~1.7 (1.5) mm (Ko et al., 2009), 수수미꾸리 1.5~1.9 (1.8) mm (김과 이, 1995), *N. delicata* 2.7 mm (Suzuki, 1966) 보다는 작았다.

기름종개의 부화시간은 수정 후 45~50 시간 (23~25°C) 사이에 대부분 부화하여 Uchida (1939)의 3¹/₂일 (20~23°C) 보다 빨랐으나 이는 수온 차이에 의해 기인된 것으로 판단

Table 2. Compositions of egg development and early life history between *Cobitis hankugensis* and *Iksookimia longicorpa*

Species	Egg size (mm)	Hour of hatching (23~25°C)	Hatching size (mm)	Days until full yolk absorption (day)	Days until juvenile (day)	Lateral line formation (day)	Size of 100 day (mm)	Reference
<i>C. hankugensis</i>	1.29±0.07	45~52	4.5±0.24	4	25	20	27.3±2.82	Present study
<i>I. longicorpa</i>	1.53±0.07	50~72	5.1±0.23	4	25	40	39.2±2.95	Ko <i>et al.</i> (2009)

된다. 유연종과 비교하여 보면 23~26°C에서 발생한 *C. biwae* 48시간(Okada, 1959~1960)과 유사하였으나 미꾸리 20시간(28~32°C, Uchida, 1939)과 미꾸라지 24시간(25°C, 김 등, 1987), 미호종개 24시간(23~25°C, 송 등, 2008), 얼룩새코미꾸리 38시간(20±1°C, 송 등, 2009) 보다는 느렸고 왕종개 50~72시간(23~25°C, Ko *et al.*, 2009) 보다는 빨랐다. 또한 부화 직후의 자어 크기는 기름종개는 4.5±0.24 mm로 나타나 *C. biwae* 4.6 mm(Okada, 1959~1960)와 비슷하였으나 미꾸리 2.7 mm(송 등, 2009), 미호종개 3.5~4.0 mm(송 등, 2008), 미꾸리 3.4~4.3 mm(Uchida, 1939), 미꾸라지 2.6~2.8 mm(김 등, 1987) 보다는 컸고, *C. takatsuensis* 5.6~5.8 mm(Shimizu *et al.*, 1998), 왕종개 4.8~5.2(5.1) mm(Ko *et al.*, 2009) 보다는 작았다.

난황은 기름종개가 5일에 모두 흡수되어 왕종개(Ko *et al.*, 2009)와 미호종개(송 등, 2008), 미꾸리(Uchida, 1939), 미꾸라지(김 등, 1987), *C. biwae*(Okada, 1959~1960) 등과 대체로 비슷하였으나 *C. takatsuensis* 16일 이하(Shimizu *et al.*, 1998), 수수미꾸리 16일 이하(김과 이, 1995), *N. delicata* 90일 이하(Suzuki, 1966) 등 보다는 빨랐다.

낙동강 및 태화강, 회야강, 남해로 흐르는 일부 하천에서는 본 연구종인 기름종개와 왕종개가 서식하고 있으며 이들이 혼서하는 곳에는 이들을 기원으로 하는 *C. hankugensis-longicorpa* complex가 서식하고 있는 것으로 알려져 왔으며, 거의 대부분이 암컷으로서 척추동물에서 독특한 생식양상으로 알려진 단성생식(unisexual reproduction) 집단으로서 2배체와 3배체가 같이 출현하며, 독특한 생식모드를 가지는 것으로 보고되고 있다(Kim and Lee, 1990; 이, 1992; 김과 박, 1993; 이, 1995; Kim and Lee, 1995; Kim and Lee, 2000; Saitoh *et al.*, 2004; 고, 2009). *C. hankugensis-longicorpa* complex의 부모종인 기름종개와 왕종개의 초기생활사를 비교하면(Table 2) 난 성숙기 및 난황흡수시기, 치어기로의 전환 시기 등은 대체로 비슷하였으나 성숙난과 부화 직후의 자어크기에 있어 왕종개가 다소 크고 부화시간이 기름종개가 약간 빠르고 체측반문 형성은 기름종개가 약 20일 가량 빨랐으나 전체적인 성장은 왕종개가 빠른 것으로 나타났다. 추후 *C. hankugensis-longicorpa* complex의 세 type에 대한 초기생활사 연구가 진행되어 부모종과 비교 논의 된다면 이들의 생식양상 및 발현 양상에 대한 경향을 찾을 수 있을 것으로 판단된다.

요 약

우리나라 고유종인 기름종개의 난발생 및 초기생활사를 연구하기 위해 2007년 6월에 전라북도 남원시 운봉읍의 낙동강에서 성숙한 개체를 채집하였다. 채집된 개체는 LHRH-1을 주사하여 전식법으로 인공수정시켰다. 성숙란은 분리침성란으로 맑은 회색이었으며, 난경은 1.29±0.07 mm였다. 수정란은 수온 23~25°C에서 수정 후 45~52시간 사이에 부화하였으며 크기는 전장 4.5±0.24 mm였다. 부화 후 5일 후에 난황이 모두 흡수 되어 후기자어로 이행하고 전장 6.6±0.13 mm로 성장하였으며, 부화 후 25일에는 지느러미 기조가 모두 정수로 되어 치어기로 이행하였고 전장 9.0±0.49 mm로 성장하였다. 부화 후 100일 후에 반문모양과 외부형태가 성어와 유사하였고 전장 27.3±2.82 mm로 성장하였다.

인 용 문 헌

고명훈. 2009. 한국산 미꾸리와 어류 기름종개 *Cobitis hankugensis* 와 왕종개 *Iksookimia longicorpa* 사이 단성생식 2배체-3배체 복합집단의 생식기구. 전북대학교 대학원 박사학위논문, 160pp.

김용억 · 김동수 · 박양성. 1987. 미꾸라지의 난발생과 자치어. 한국수산학회지, 20: 16-23.

김익수 · 박종영. 1993. 잠종기원의 *Cobitis sinensis-longicorpus* complex (Pisces, Cobitidae)에 대한 생식소의 조직학적 연구. 한국어류학회지, 5: 226-234.

김익수 · 이은희. 1995. 수수미꾸리의 초기 발생에 관한 연구. 한국육수학회지, 4: 455-462.

김익수 · 이지현. 1986. 한국 남부지방에 서식하는 기름종개속(*Cobitis*) 어류의 핵형 비교. 한국수산학회지, 19: 257-264.

김익수 · 최 윤 · 이충렬 · 이용주 · 김병직 · 김지현. 2005. 한국 어류대도감. 교학사, 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.

이은희. 1995. 기름종개속 어류 *Cobitis sinensis-longicorpus* complex의 교잡 실험을 통한 단성 생식 양상에 관한 연구. 전북

- 대학교 대학원 박사학위논문, 92pp.
- 이지현. 1992. 한국산 기름종개 (*Cobitis*)속 어류의 단성집단의 계통에 관한 연구. 전북대학교 대학원 박사학위논문, 103pp.
- Blexter, J.H.S. 1974. The Early life History of Fish. Spring-Verlag, Berlin, 765pp.
- 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 E.H. Lee. 1995. Interspecific hybridization between triploid hybrid fish, *Cobitis sinensis-longicorpus* and two diploid species from Korea. Korean J. Ichthyol., 7: 71-78.
- Kim, I.S. and E.H. Lee. 2000. Hybridization experiment of diploid-triploid cobitid fishes, *Cobitis sinensis-longicorpus* complex (Pisces, Cobitidae). Folia Zool., 49: 17-22.
- Kim, I.S. and J.H. Lee. 1990. Diploid-triploid hybrid complex of the spined loach *Cobitis sinensis* and *C. longicorpus* (Pisces, Cobitidae). Korean J. Ichthyol., 2: 203-210.
- Kim, I.S. and M.T. Jeong. 1987. *Cobitis sinensis* (Pisces, Cobitidae) form Nakdong River. Korean J. Zool., 30: 71-78.
- Kim, I.S., J.Y. Park, Y.M. Son and T.T. Nalbant. 2003. A review of the loaches, genus *Cobitis* (Teleostomi: Cobitidae) from Korea, with the description of a new species *Cobitis hankuensis*. Korean J. Ichthyol., 15: 1-11.
- 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.
- Nalbant, T.T. 2002. The tribe Cobitini: a monophyletic assemblage. II International Conference: Loaches of the genus *Cobitis* and related genera. P. 51. Program & Book of abstracts. Sep. 9-13, 2002. Olsztyń. Poland.
- 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. 1997. Egg membrane in five cobitid species of *Cobitis* (Pisces, Cobitidae). Korean J. Ichthyol., 9: 121-129.
- Saitoh, K., I.S. Kim and E.H. Lee. 2004. Mitochondrial gene introgression between spined loaches via hybridogenesis. Zool. Science, 21: 795-798.
- 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, xii+1154pp. (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.
- 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, Even-tognathi. Bull. Fish Exp. Sta. Gov. Gener. Tyosen, 428-458. (in Japanese)