

# 한국고유종 점줄종개 *Cobitis nalbanti*의 난발생 및 초기생활사

고명훈 · 방인철<sup>1,\*</sup>

고수생태연구소, <sup>1</sup>순천향대학교 생명시스템학과

**Egg Development and Early Life History of the Korean Endemic Sand Spine Loach, *Cobitis nalbanti* (Pisces: Cobitidae) by Myeong-Hun Ko and In-Chul Bang<sup>1,\*</sup>** (Kosoo Ecology Institute, Seoul 07952, Republic of Korea; <sup>1</sup>Department of Life Sciences and Biotechnology, Soonchunhyang University, Asan 31538, Republic of Korea)

**ABSTRACT** Egg development and early life history of the Korean endemic sand spine loach, *Cobitis nalbanti*, were investigated in the present study. Adult fish were sampled using spoon nets at the Yeongsan River in Seongam-ri, Bukha-myeon, Jangseong-gun, Jeollanam-do, Korea, June 2011. Eggs were obtained after injecting Ovarprim into females. Eggs were then artificially fertilized using the dry method in the laboratory. Mature eggs were transparent and slightly adhesive with light yellowish coloring, measured  $0.99 \pm 0.03$  mm (mean  $\pm$  SD) in diameter. And number of spawned eggs were  $1,527 \pm 410$  per individual. Hatching (50%) of the embryo occurred 52 hours after fertilization a water temperature of 25°C, and the average newly hatched larvae size was about  $4.2 \pm 0.22$  mm in total length. At fifth day after hatching, the larval total length reached  $6.0 \pm 0.34$  mm on average and their yolk sac had been completely absorbed. At fifteen day after hatching, larva entered the juvenile stage and reached  $10.8 \pm 0.45$  mm in total length. At 100th day after hatching, the formation of Gambetta's zone of four dotted line was complete and juveniles were similar in general appearance to adults, and they averaged  $41.1 \pm 2.95$  mm in total length.

**Key words:** *Cobitis nalbanti*, spine loach, egg development, early life history

## 서 론

잉어목(Cypriniformes), 미꾸리상과(Cobitoidea)에 속하는 미꾸리과(Cobitidae) 어류는 유라시아(Eurasia)의 강과 하천에 넓게 서식하는 저서성 소형어류로 21속 171종이 보고되었고(Kottelat, 2012; Nelson *et al.*, 2016), 우리나라에는 5속 16종이 서식하고 있다(Kim, 2009). 이 중 기름종개속 *Cobitis*에는 점줄종개 *Cobitis nalbanti*와 줄종개 *C. tetralineata*, 기름종개 *C. hankugensis*와 미호종개 *C. choii* 4종이 지리적으로 나뉘어져 서식하며 미호종개를 제외한 3종은 우리나라 고유종이다(Bogutskaya *et al.*, 2008; Kim, 2009; Vasil'eva *et al.*, 2016). 점줄종개는 이전에 학명을 *Cobitis taenia lutheri* (Rendahl, 1935; Kim, 1980) 또는 *C. taenia*로 사용되었으나(Mori, 1952; Chyung, 1977) Kim and Lee (1988)의 분류학적 검토를 통해

*C. lutheri*로 변경되었으며, 이후 2016년 우리나라 집단은 별도의 신종 *C. nalbanti*으로 보고되었다(Vasil'eva *et al.*, 2016).

점줄종개는 우리나라의 한강과 금강, 만경강, 동진강, 영산강, 탐진강 등의 서남해로 유입되는 하천에 서식하고 있으며(Vasil'eva *et al.*, 2016), 북한에도 서식할 것으로 추정되나 아직 조사된 바는 없다. 탐진강 집단은 성장함에 따라 수컷에서 암컷의 성비 비율이 높아지며 중간 크기에서는 정소와 난소가 동시에 나타나는 자웅동체(hermaphrodite) 개체가 보고되었으며(Kim and Park, 1992), 산란기에는 성적이형인 수컷에 반문변이가 나타나 암컷과 구별되며(Kim and Jeong, 1988), 서식환경과 섭식생태(Ko *et al.*, 2009b)와 성장과 산란생태(Ko and Park, 2011), 핵형분석(Kim and Lee, 1986), 난막구조(Park and Kim, 1997), 그리고 동진강에는 섬진강에서 넘어온 줄종개와 잡종을 형성한 줄종개-점줄종개 잡종집단이 보고되고 있다(Kim and Lee, 1984; Kim and Yang, 1993; Kwan *et al.*, 2014). 하지만 아직까지 점줄종개의 난발생 및 초기생활사에 대해서는 이루어지지 않았다.

\*Corresponding author: In-Chul Bang Tel: 82-41-530-1286,  
Fax: 82-41-530-1493, E-mail: incbang@sch.ac.kr

어류의 난발생 및 초기생활사 연구는 종의 산란기 특징과 난 발달 및 자·치어 발달과정의 각 단계별 이행시기 특징 등을 분석하여 생물학적 특징을 규명하고 근연종과 분류학적 유연관계를 밝히는데 적용되어 왔고(Balon, 1985; Shimizu *et al.*, 1998; Ko *et al.*, 2013, 2017; Ko and Bang, 2014; Ko and Won, 2015), 기초연구로 멸종위기종의 복원을 위한 인공증식 기술 확보의 일환으로 폭넓게 연구되고 있으며(Tanaka, 1973; ME, 2006; 2009; MLTL, 2010, 2011; NIBR, 2013), 미꾸리과 어류의 초기 생활사에서는 서식지에 따라 산란시기와 장소, 난경, 포란수, 부화시간, 후기자어기의 이행시간 등에 차이를 보이는 것으로 보고되었다(Shimizu *et al.*, 1998; Ko *et al.*, 2017).

본 연구는 한국고유종 점줄종개의 난발생 및 자·치어 발달과정을 조사하여 생물학적 특징을 밝히고 우리나라 *Cobitis*속 어류의 근연관계를 논의하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 친어확보 및 산란유도

점줄종개는 영산강 상류 북하천인 전남 장성군 북하면 성암리에서 2011년 6월에 족대(망목 4×4 mm)를 이용하여 친어를 채집하였으며, 이후 실험실로 운반하여 수온 25°C로 사육·관리하였다. 성숙한 암·수 개체에 1 kg당 Ovaprim (Syndel, Canada) 0.5 mL을 주사한 후, 12시간 경과 후에 암컷에서 성숙란을 채란하고 여기에 수컷에서 얻은 정액을 Ringer solution에 100배 희석시킨 후 건식법으로 수정시켰다. 개체당 산란수를 개수하였으며, 성숙난의 크기는 30개를 측정하여 평균치를 계산하였다.

### 2. 사육 및 관찰

수정된 수정란은 패트리디쉬(15 cm)에 분산 수용하여 난발생과 전기자어기를 진행시켰고, 치어기로 성장한 이후 수조(60×45×45 cm)에 옮겨 사육하였다. 사육수온은 25°C로 관리하였다. 먹이는 후기자어부터 부화 후 30일까지 알테미아(*Artemia* sp.) 유생을 공급하였고, 30일 후부터는 알테미아 유생에서 배합사료로 변경하면서 사육하였다. 수정란과 자·치어의 발달 과정은 Kim (1997)과 Charles *et al.* (1995)에 따라 구분하였고, 디지털카메라(Olympus DP72, Japan)가 부착된 해부현미경(Olympus SZX9, Japan)으로 촬영하고 관찰·측정하였다. 자·치어 크기는 각 발달단계별로 무작위 10개체를 선별한 후 마취제 MS-222 (Sindal, Canada)로 마취하여 전장을 측정하였다.

## 결 과

### 1. 성숙개체 크기 및 성숙란의 특징

채집된 점줄종개의 성숙한 암컷(n=7)은 전장 81~114 mm, 수컷(n=9)은 전장 70~75 mm였다. Ovaprim을 주사한 성숙한 암컷은 12시간 이내에 성숙란이 잘 배란되었으며 난질도 양호하였다. 성숙란은 분리침성란으로 맑은 황색이었으며, 산란수(n=7)는 1,527±410 (1,121~2,055)개, 난경(n=30)은 0.99±0.03 mm였다.

### 2. 난발생 과정

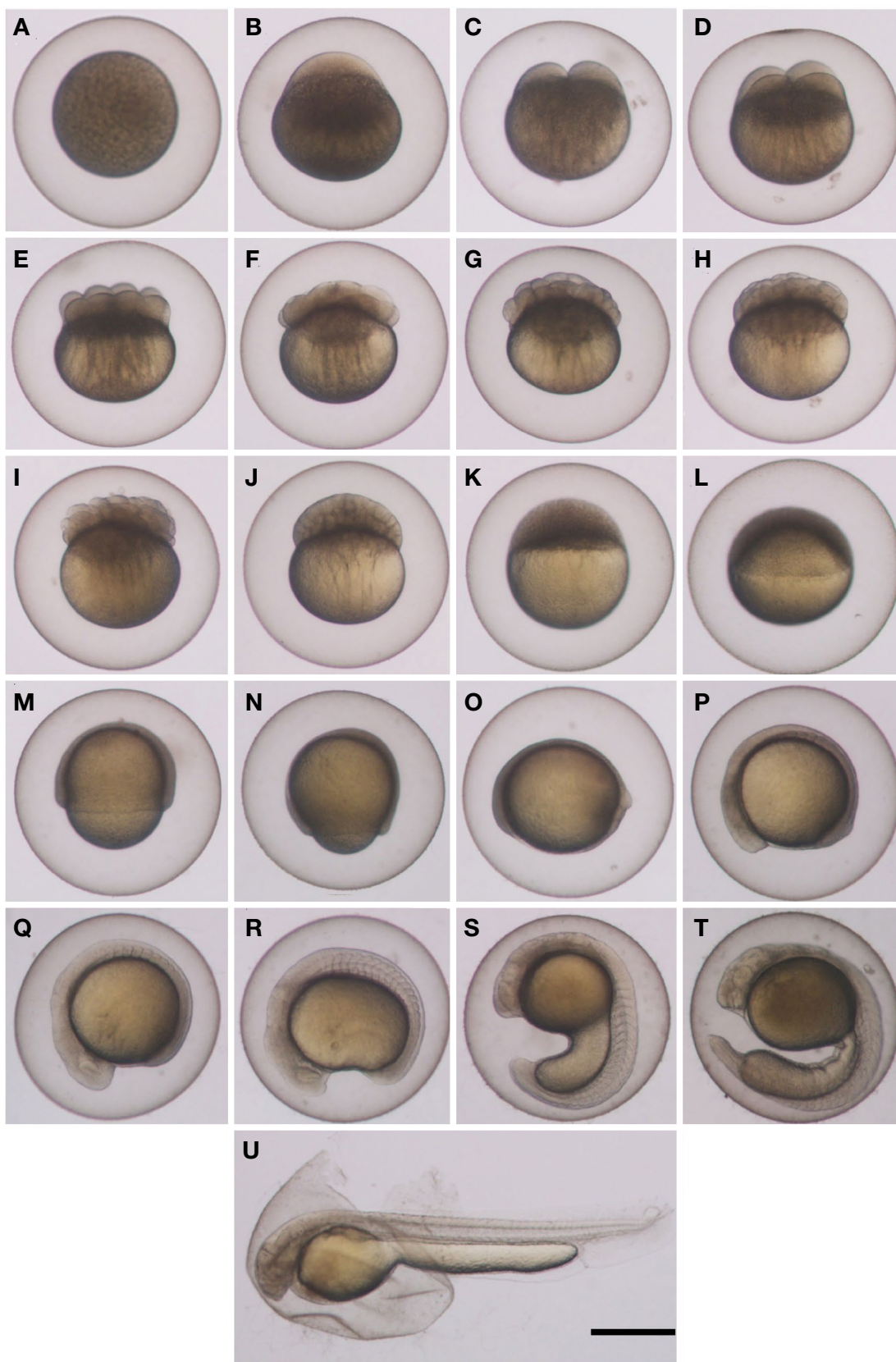
점줄종개의 수정난은 약한 점착성을 가지는 분리 침성난이었으며, 수정 후에 물을 흡수하여 20분 후에는 1.65±0.04 mm(n=20)로 팽창하였다(Fig. 1A). 수정 후 45분 후에 배반(blastodisc, 1세포기)이 형성되었으며(Fig. 1B), 2세포기는 1시간 후에 동물극(animal pole)에 난할이 일어나 형성되었고(Fig. 1C), 4세포기는 1시간 15분 후에 경할을 통하여(Fig. 1D), 8세포기는 1시간 30분 후에(Fig. 1E), 16세포기는 1시간 45분 후에(Fig. 1F), 32세포기는 2시간 후에(Fig. 1G), 64세포기는 2시간 15분 후에(Fig. 2H) 형성되었다. 128세포기는 2시간 30분 후에 형성되었고(Fig. 1I), 상실기(morula, 256 세포기)는 2시간 45분 후에 형성되었으며(Fig. 1J), 이후 난할을 계속하여 4시간 30분 후에는 포배기(blastula)가 형성되었다(Fig. 1K). 6시간 40분 후에는 낭배기(gastrula)가 형성되어 세포질이 식물극(vegetal pole) 쪽으로 뿔기 시작하였으며(배의 피포 50%, Fig. 1L), 이후 9시간 후에 낭배 중기(70%, Fig. 1M)로, 10시간 후에는 낭배 말기로 90% 이상을 덮었다(Fig. 1N). 11시간 20분 후에는 배체(embryo)가 형성되었으며(Fig. 1O), 13시간 20분 후에는 3~4개의 근절(myotomes)이 생기고 안포(optic vesicle)가 형성되었다(Fig. 1P). 14시간 40분 후에는 9~10개의 근절이(Fig. 1Q), 16시간 40분 후에는 17~18개의 근절과 이포(auditory vesicle), Kupper's vesicle이 형성되었다(Fig. 1R). 이후 꼬리가 난황에서 분리되면서 움직이 관찰되었고, 19시간 후에는 28~30 근절로 눈의 렌즈가 형성되고 뇌가 분화되었으며 Kupper's vesicle이 사라졌다(Fig. 1S). 25시간 후에는 심장이 형성되어 뛰기 시작하였다(Fig. 1T). 45시간 후부터 부화개체가 관찰되었고, 52시간 후에 50%가, 60시간 후에 100% 부화하였다(Fig. 1U).

### 3. 자어와 치어의 발달

발달단계는 전기자어기와 후기자어기, 치어기로 구분하였으며(Fig. 2), Fig. 3과 같이 성장하였다.

#### 1) 전기자어기

부화 직후의 전기자어는 전장 4.2±0.22 (4.0~4.5) mm



**Fig. 1.** Egg development and hatching of *Cobitis nalbanti* at 25°C of water temperature. Time required for each developmental stage is shown in Table 1. The bar indicates 1 mm.

**Table 1.** Egg development of *Cobitis nalbanti* at 25°C of water temperature

	Stage	Elaspsed	Characters	Fig. 1
Zygote period	Insemination	00 h 00 min	Sperm and egg are inseminated	-
	Swelling	00 h 20 min	Swelling	A
	Blastodisc	00 h 45 min	Blastodisc	B
Cell cleave period	2 cells	01 h 00 min	2 blastodisc is cleavage	C
	4 cells	01 h 15 min	2-2 array of blastomeres	D
	8 cells	01 h 30 min	2-4 array of blastomeres	E
	16 cells	01 h 45 min	4-4 array of blastomeres	F
	32 cells	02 h 00 min	4-8 array of blastomeres	G
	64 cells	02 h 15 min	8-8 array of blastomeres	H
Blastula period	128 cells	02 h 30 min	8-16 array of blastomeres	I
	Morula (256 cells)	02 h 45 min	16 regular tiers of blastomeres	J
	Blastula	04 h 30 min	Flattening produces an elliptical shape	K
Gastrula period	Early gastrulation	06 h 40 min	Early gastrulation (50% epiboly)	L
	Middle gastrulation	09 h 00 min	Middle gastrulation (70% epiboly)	M
	Late gastrulation	10 h 00 min	Late gastrulation (90% epiboly)	N
Embryonic period	Formation of the embryo	11 h 20 min	Formation of the embryo	O
	3-4 myotomes	13 h 20 min	3-4 myotomes, formation of optic vesicles	P
	9-10 myotomes	14 h 40 min	9-10 myotomes	Q
	17-18 myotomes	16 h 40 min	17-18 myotomes, formation of auditory vesicles and Kupffer's vesicles	R
	28-30 myotomes	19 h 00 min	28-30 myotomes, disappear Kupffer's vesicles, formation of eye lens, specialization of brain	S
	Formation of heart	25 h 00 min	Formation of heart (beating)	T
Hatching period		45 h 00 min	Hatching start	
		52 h 00 min	Hatching (50%)	U
		60 h 00 min	Hatching complete	

(n = 16)로 몸은 무색으로 앞쪽에 구형의 큰 난황이 있고 몸의 중후반부에는 막지느러미가 나타나며 입과 항문은 열리지 않았다(Fig. 2L<sub>1</sub>). 부화 후 1일째는 전장 5.2 ± 0.13 mm (n = 10)로 외새가 5쌍이 나타나고 눈이 검게 착색되었고 온몸에 흑색포가 침적되었다. 두부 뒤의 난황은 1/3이 흡수 되었으며, 가슴지느러미가 관찰되었다(Fig. 2L<sub>2</sub>). 부화 후 2일째는 전장 5.4 ± 0.32 mm (n = 10)로 난황이 2/3 이상 흡수되었고 뒤쪽의 막지느러미가 넓어졌으며 1쌍의 수염이 나타나기 시작하였다(Fig. 2L<sub>3</sub>). 부화 후 3일째에는 전장 5.6 ± 0.26 mm (n = 10)로 외새가 짧아지고 수염이 길어졌으며 흑색포가 침적되었다(Fig. 2L<sub>4</sub>). 부화 후 4일째에는 전장 5.6 ± 0.15 mm (n = 10)로 난황이 조금 남아있었고 꼬리지느러미 원기가 처음으로 관찰되고 입과 항문이 열리면서 처음으로 먹이(알테미아 부화 유생)를 섭식하였다(Fig. 2L<sub>5</sub>).

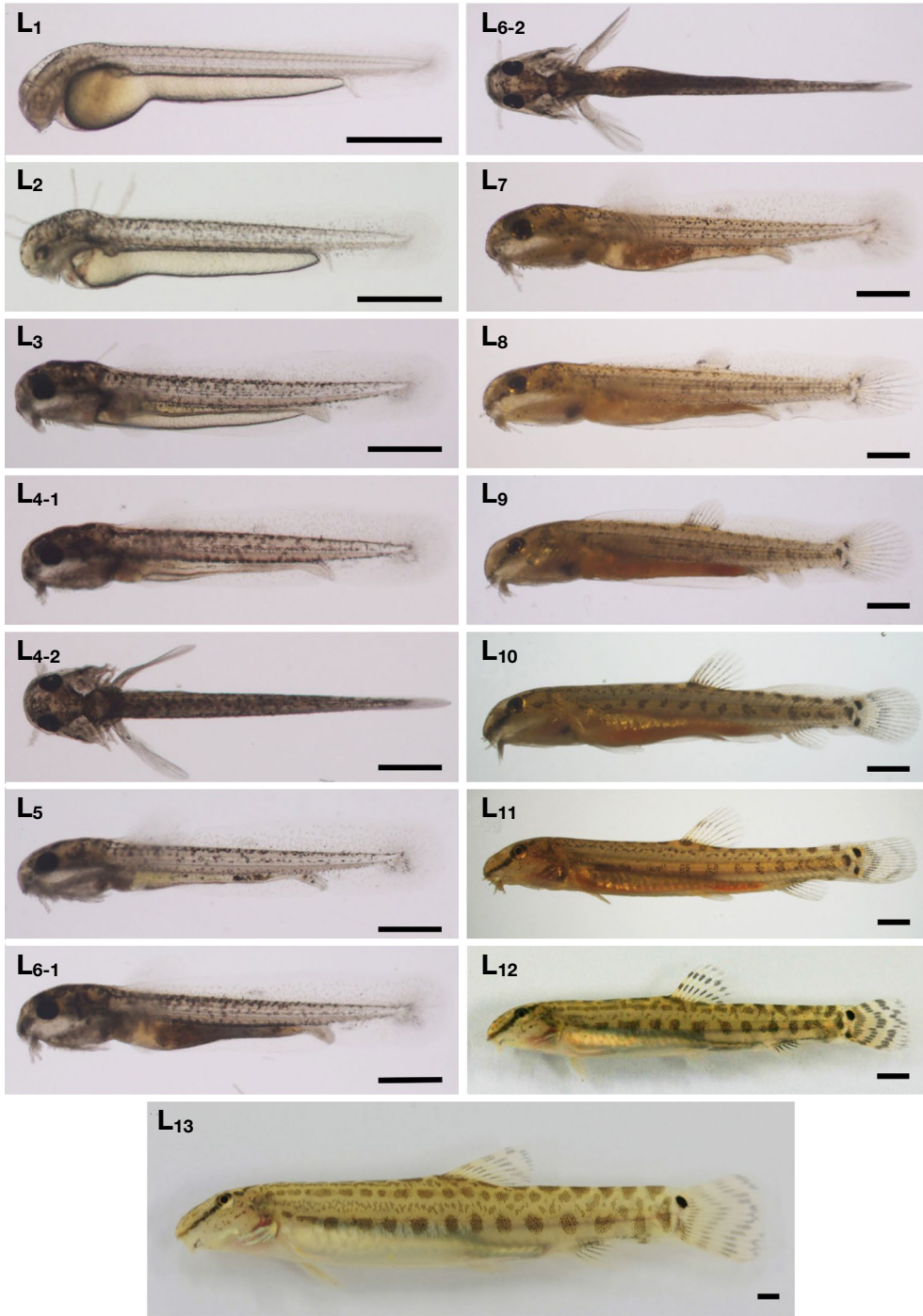
**2) 후기자어기**

부화 후 5일째에는 전장 6.0 ± 0.34 mm (n = 10)로 난황이 모두 흡수되어 후기자어기로 이행하였고, 외새가 짧아져 아가미 뚜껑속으로 거의 들어갔으며 먹이를 왕성하게 섭식하였다(Fig. 2L<sub>6</sub>). 부화 후 7일째에는 전장 6.5 ± 0.09 mm (n = 10)로 꼬리지느러미 기조 5~6개와 등지느러미와 뒷지느러미 원기, 수염 3쌍이 관찰되었다(Fig. 2L<sub>7</sub>). 부화 후 12일째에는 전장 7.7 ± 1.00

mm (n = 10)로 꼬리지느러미 기조는 8~10개가 관찰되었고 등지느러미 기조가 3~4개로 정수가 되었다. 체측 중앙과 상부에 흑색포가 모여 반점을 형성하기 시작하였고(Gambetta's zone 1, 4) 꼬리지느러미에 흐릿한 반문이 관찰되었다(Fig. 2L<sub>8</sub>).

**3) 치어기**

부화 후 15일째에는 전장 10.8 ± 0.45 mm (n = 10)로 등지느러미 기조(8개)와 뒷지느러미 기조가 정수(6개)로 나타나 치어기로 이행하였다. 체측 중앙과 상부에 9~12개의 반문이 나타나고 미병부에는 반점 3개가 나타났다(Fig. 2L<sub>9</sub>). 부화 후 20일째에는 전장 15.3 ± 1.00 mm (n = 10)로 체측 중앙과 등쪽 반문은 보다 선명해졌으며 막지느러미는 축소되어 등지느러미 뒤쪽에만 나타났다(Fig. 2L<sub>10</sub>). 부화 후 30일 후에는 전장 20.3 ± 1.24 mm (n = 10)로 체측 상부(Gambetta's zone 1) 아래에 점선의 반문(Gambetta's zone 2)이 이어져 나타났으며 흐릿하게 등지느러미에 1줄, 꼬리지느러미에 2줄의 반문이 나타났다(Fig. 2L<sub>11</sub>). 부화 후 60일째에는 전장 32.2 ± 3.03 mm (n = 10)로 체측의 Gambetta's zone 2가 진해졌으며 Gambetta's zone 2와 4 사이에 작은 점들의 Gambetta's zone 3이 나타나기 시작하였다. 등지느러미에는 뚜렷한 2~3개 줄이, 꼬리지느러미에는 3~4개의 줄이 나타났다. 부화 후 100일째에는 전장 41.1 ± 2.95 mm

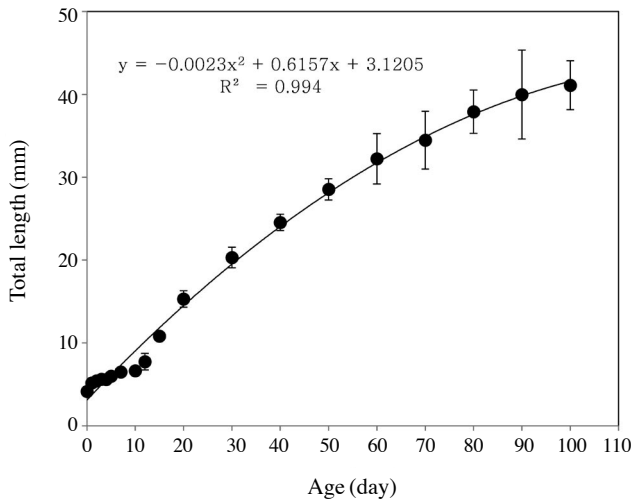


**Fig. 2.** Larva and juvenile development of *Cobitis nalbanti* at water temperature 25°C. The bar indicates 1 mm. L<sub>1</sub>: 0 day, prelarvae stage, 4.2±0.22 mm (TL); L<sub>2</sub>: 1 day, 5.2±0.13 mm; L<sub>3</sub>: 2 days, 5.4±0.32 mm; L<sub>4</sub>: 3 days, 5.6±0.26 mm; L<sub>5</sub>: 4 days, 5.6±0.15 mm; L<sub>6</sub>: 5 days, postlarvae stage, 6.0±0.34 mm; L<sub>7</sub>: 7 days, 6.5±0.09 mm; L<sub>8</sub>: 12 days, 7.7±1.00 mm; L<sub>9</sub>: 15 days, juvenile stage, 10.8±0.45 mm; L<sub>10</sub>: 20 days, 15.3±1.00 mm; L<sub>11</sub>: 30 days, 20.3±1.24 mm; L<sub>12</sub>: 60 days, 32.2±3.03 mm; L<sub>13</sub>: 100 days, 41.1±2.95 mm.

(n = 10)로 4줄의 Gambetta's zone이 완성되고 등지느러미는 3 줄이, 꼬리지느러미에는 4줄의 반문이 나타나 체측반문 및 외형이 성어와 비교적 유사하였다(Fig. 2L<sub>13</sub>).

## 고 찰

미꾸리과(Cobitidae)의 기름종개 *Cobitis*속은 1758년 Linna-



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

에 의해 신속으로 기재된 속으로 염색체 및 분자계통분석을 통해 다계통 속으로 보고되었고 현재 66종이 포함된다 (Kitagawa *et al.*, 2005; Šlechtová *et al.*, 2008; Kottelat, 2012; Perdices *et al.*, 2012). 우리나라 기름종개속 어류는 4종이 서식하는데, 모두 머리에 안하극(suborbital spine)과 수컷 가슴지느러미에 골질반을 가지고 있고 체측에 반문 Gambetta's zone 이 있으며 공통적으로 모래바닥에 서식하고 있어 참종개속 *Iksookimia*과 미꾸리속 *Misgurnus*, 새코미꾸리속 *Koreocobitis*, 좁수수치속 *Kichulchoia*속 어류와 구별된다 (Nalbant, 1993; Kim, 1997, 2009; Kim *et al.*, 2005; Kim and Park, 2007). 이 중 기름종개속 어류의 난발생 및 초기생활사 연구는 기름종개 (Ko and Park, 2012)와 줄종개 (Ko and Won, 2015), 미호종개 (Song *et al.*, 2008), *C. takatsuensis* (Shimizu *et al.*, 1998), *C. biwae* (Okada and Seishi, 1937; Saitoh and Hosoya, 1988) 5종에 대해 보고되어 있으며, 점줄종개와 비교하면 Table 2와 같다.

**Table 2.** Comparisons of early development among genus *Cobitis* species in Korea and Japan

Characters and stages	Species					
	<i>C. nalbanti</i>	<i>C. hankugensis</i>	<i>C. tetralineata</i>	<i>C. choii</i>	<i>C. takatsuensis</i>	<i>C. biwae</i>
Main bottom structure of habitat	Sand	Sand	Sand	Sand	Pebble	Sand
Spawning period	July	July	July	June~July	June~August	May~June
Mature eggs						
Number	1,527 ± 410 (1,121~2,055)	2,783 ± 1,543 (812~6,474)	2,646 ± 916 (1,494~4,096)	2,444 ± 838 (923~4,202)	150~300	668 ± 176 (423~980)
Color	Light yellowish	Light yellowish	Light yellowish	Light yellowish	Yellow	—
Egg size (mm)	0.99 ± 0.03	1.29 ± 0.07	1.04 ± 0.03	1.0 ± 0.08	1.5	1.1~1.2
Water temperature (°C)	25	23~25	25	23~25	18	23~26
Egg development						
Swelling egg size (mm)	1.65 ± 0.04	1.98 ± 0.06	1.88 ± 0.04	1.2 (1.1~1.3)	2.7 ± 0.2	2.11
Time until blastodisc	45 min	45 min	45 min	40 min	—	—
Morula (256 cell)	2 h 45 min	3 h 10 min	2 h 45 min	2 h 30 min	—	—
Blastula	4 h 30 min	4 h 30 min	4 h 25 min	4 h 50 min	—	—
Early gastrulation (50% epiboly)	6 h 40 min	7 h 00 min	7 h 00 min	6 h 30 min (2/3 epiboly)	19.5 h	—
Formation of the embryo	11 h 20 min	12 h 20 min	12 h 00 min	7 h 50 min	25.5 h	—
Formation of auditory vesicles	16 h 40 min	19 h 10 min	17 h 30 min	18 h 18 min	67.5 h	—
Beginning of heart (beating)	25 h 00 min	28 h 00 min	26 h 00 min	23 h 18 min	—	—
Hatching (50%)	52 (45~60) h	45~52 h	56 (45~65) h	24 h	4~6 d	2~3 d
Larva and juvenile						
Hatching size (mm)	4.2 ± 0.22	4.5 ± 0.24	4.6 ± 0.11	3.6	5.7	4.6
Outer gill filament	Present	Present	Present	Present	Present	Present
Days until postlarva	5	5	5	4	<16	5~6
Days until juvenile	15	25	25	35	38	—
References	Presnet study	Ko, 2009; Ko and Park, 2012	Kim <i>et al.</i> , 2006; Ko and Won, 2015	Song <i>et al.</i> , 2008; ME, 2011	Sakai <i>et al.</i> , 1989; Shimizu <i>et al.</i> , 1998	Okada and Seishi, 1937; Saitoh and Hosoya, 1988

우리나라에 서식하는 기름종개속 어류의 산란시기는 7월 또는 6~7월로, 산란된 난은 밝은 황색 또는 노란색으로 보고되어 비교적 유사하였다. 성숙란의 크기는  $0.99 \pm 0.03$  mm로 같은 속의 줄종개  $1.04 \pm 0.03$  mm (Ko and Won, 2015)와 미호종개  $1.0 \pm 0.08$  (Song *et al.*, 2008)와 비교적 유사하였으나 *C. biwae*  $1.1 \sim 1.2$  mm (Saitoh and Hosoya, 1988)와 기름종개  $1.29 \pm 0.07$  mm (Ko and Park, 2012), *C. takatsuensis*  $1.5$  mm (Shimizu *et al.*, 1998)보다 작았고, 미꾸리과 내에서는 얼룩새코미꾸리 *Koreocobitis naktongensis*  $1.0$  mm (Song *et al.*, 2009)와 비교적 유사하였으나 북방종개 *Iksookimia pacifica*  $1.09 \pm 0.04$  mm (Lee *et al.*, 2011), 부안종개 *I. pumila*  $1.27$  mm (Ko *et al.*, 2013), 참종개 *I. koreensis*  $1.37$  mm (Ko *et al.*, 2012), 왕종개 *I. longicorpa*  $1.5$  mm (Ko *et al.*, 2009a), 좁수수치 *Kichulchoia brevifasciata*  $1.5$  mm (Ko and Bang, 2014), 수수미꾸리 *K. multifasciata*  $1.8$  mm (Kim and Lee, 1995), *Niwaella delicata*  $2.7$  mm (Suzuki, 1966)보다는 작은 편이었다. 산란수는  $1,527 \pm 410$ 개 (전장  $81 \sim 114$  mm)로 나타나 Ko and Park (2011)의 포란수  $1,127 \pm 453$ 개보다 약간 많은 것으로 나타났는데, Ko and Park (2011)의 전장범위가  $67 \sim 112$  mm로 본 조사보다 작은 개체를 많이 포함하였기 때문에 포란수가 적게 나타난 것으로 판단된다. 이러한 포란수는 *C. biwae*  $668 \pm 176$  (Saitoh and Hosoya, 1988)과 *C. takatsuensis*  $150 \sim 300$ 개 (Shimizu *et al.*, 1998)보다는 많았으나 기름종개  $2,783 \pm 1,543$ 개 (Ko and Park, 2012), 줄종개  $2,646 \pm 916$ 개 (Ko and Won, 2015), 미호종개 *C. choii*  $2,444 \pm 838$ 개 (ME, 2011)보다는 적은 편이었다.

기름종개속의 난발생 과정은 점줄종개와 기름종개, 줄종개, 미호종개, *C. biwae*가 비교적 유사한 수온에서 진행되었는데 (Table 2), 배반부터 낭배기까지 도달한 시간은 비교적 유사하게 나타났으나 배발달기부터 심장형성까지는 종별로 약간씩 차이를 보였으며, 부화시간(50%)은 점줄종개가 52시간이 걸려 기름종개(45~52시간, Ko and Park, 2012), 줄종개(56시간, Ko and Won, 2015), *C. biwae* (2~3일, Saitoh and Hosoya, 1988)와 비교적 유사하였으나 미호종개(24시간, Song *et al.*, 2008)보다는 느리고 *C. takatsuensis* (4~7일, Shimizu *et al.*, 1998)보다는 빠르게 나타났다. 수정 후 물을 흡수하여 팽창한 수정란의 크기와 부화 직후의 전기자어 크기는 종의 성숙란 크기와 비교적 비례하여 나타났는데, 점줄종개는 수정 후 물을 흡수하여 팽창한 난의 크기와 부화 직후의 크기가 각각  $1.65 \pm 0.04$  mm,  $4.2 \pm 0.22$  mm로 비교적 줄종개  $1.88 \pm 0.04$  mm,  $4.6 \pm 0.11$  mm (Ko and Won, 2015)와 유사하였으나 미호종개  $1.2$  ( $1.1 \sim 1.3$ ) mm,  $3.6$  mm (Song *et al.*, 2008)보다는 컸고 *C. takatsuensis* 각각  $2.7 \pm 0.2$  mm,  $5.7$  mm (Shimizu *et al.*, 1998), 기름종개는  $1.98 \pm 0.06$  mm,  $4.5 \pm 0.24$  mm (Ko and Park, 2012), *C. biwae*  $2.11$  mm,  $4.6$  mm (Saitoh and Hosoya, 1988)보다는 작았다.

점줄종개의 난황흡수가 완료되어 후기자어로의 이행시기는

5일로 나타나 기름종개 (Ko and Park, 2012)와 줄종개 (Ko and Won, 2015), *C. biwae* (Saitoh and Hosoya, 1988)와 유사하였으나 미호종개 (Song *et al.*, 2008)보다는 느리고 *C. takatsuensis* (Shimizu *et al.*, 1998)보다는 빠른 편이었다. 치어기로의 이행시기는 15일로 나타나 다른 종들(25~38일)보다 빠른 편이었다. 점줄종개는 전기자어기에 외새가 나타났는데, 초기생활사가 밝혀진 미꾸리속과 참종개속, 기름종개속, 새코미꾸리속, 좁수수치속에 모두 동일하게 나타나는 것으로 보고되었으나 일본에 서식하는 *Niwaella delicata*는 나타나지 않는 것으로 보고되어 (Suzuki, 1966) 차이를 보였다 (Ko *et al.*, 2017). 기름종개속 어류는 체측에 4개의 점줄(또는 줄)인 Gambetta's zone이 나타나는데 (Linnaeus, 1758; Kawanabe, *et al.*, 1989; Kim, 2009), 줄종개와 기름종개는 공통적으로 Gambetta's zone 4, 1, 2, 3 순으로 형성되어 점줄종개(4와 1, 2, 3 순)와 형성순서가 비교적 유사하였으나 100일쯤 줄종개는 점줄이 줄로 이어져 점줄종개 및 기름종개와 차이를 보였다 (Ko and Park, 2012; Ko and Won, 2015).

전체적인 점줄종개의 초기생활사 특징은 성숙란과 부화직후의 자어 크기, 난발달 과정, 부화시간, 후기자어로의 이행시기 등에서 같은 속의 줄종개와 가장 유사하였지만 체측의 Gambetta's zone 형성과정은 기름종개와 보다 유사한 발달과정을 보였다. 우리나라 기름종개속 어류의 전체적 초기생활사 특징에 따른 근연도는 점줄종개와 줄종개가 가장 가깝고 그 다음으로 기름종개, 미호종개 순으로 판단되었는데, 이러한 결과는 Kwan *et al.* (2018)의 DNA 염기서열 분석에 따른 계통근연도 결과와 매우 유사한 편이었다.

## 요 약

한국고유종 점줄종개 *Cobitis nalbanti*의 난발생 및 초기생활사를 조사하였다. 성어는 2011년 6월 영산강 상류인 전남 장성군 북하면 성암리에서 족대를 이용하여 채집하였다. 채집된 성숙한 친어는 복강에 Ovaprim을 주사하고, 12시간 경과 후 복부압박법으로 채란하고 건식법으로 인공수정시켰다. 산란된 성숙란은 약한 점착성을 띤 밝은 황색의 분리침성난으로 난경은  $0.99 \pm 0.03$  mm이고 산란수는  $1,527 \pm 410$ 개였다. 수온  $25^\circ\text{C}$ 에서 수정 후 52시간 후에 50%가 부화하였으며, 크기는 전장  $4.2 \pm 0.22$  mm였다. 부화 5일 후에 전장  $6.0 \pm 0.34$  mm로 난황이 모두 흡수되어 후기자어로 이행하였으며, 15일 후에는 전장  $10.8 \pm 0.45$  mm로 지느러미 기조가 모두 정수로 되어 치어기로 이행하였다. 부화 후 100일 후에는 전장  $41.1 \pm 2.95$  mm로 4개의 점줄로 이루어진 Gambetta's zone이 뚜렷하고 외형은 성어와 비교적 유사하였다.

## 사 사

본 연구는 순천향대학교의 연구비 지원으로 수행되었다.

### REFERENCES

- Balon, E.K. 1985. Early life histories of fishes: New developmental, ecological and evolutionary perspectives. dr. W. Junk Publisher, Dordrecht, 280pp.
- Bogutskaya, N.G., A.M. Naseka, S.V. Shedko, E.D. Vasil'eva and I.A. Chereshev. 2008. The fishes of the Amur River: updated check-list and zoogeography. Ichthyol. Explor. Freshwaters, 19: 301-366.
- 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.
- Chyung, M.K. 1977. The Fishes of Korea. Illji Publishing, Seoul, 727pp. (in Korean)
- Kawanabe, H., N. Mizuno and K. Hosoya. 1989. Freshwater Fishes of Japan. YAMA-KEI Publishers Co., Ltd., Tokyo, 720pp.
- Kim, I.S. 1980. Systematic studies on the fishes of the fishes of the family Cobitidae (Order Cypriniformes) in Korea. 1. Three unrecorded species and subspecies of the genus *Cobitis* from Korea. Korean J. Zool. 23: 239-250.
- Kim, I.S. 1997. Illustrated Encyclopedia of Fauna & Flora of Korea, Vol. 37, Freshwater Fishes. Ministry of Education, Yeongi, 629pp. (in Korean)
- 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. Studies on early embryonic development of *Niwaella multifasciata* (Pisces: Cobitidae). Korean J. Limnol., 28: 455-462. (in Korean)
- Kim, I.S. and G.Y. Lee. 1988. Taxonomic study of the cobitid fish, *Cobitis nalbanti* Rendal and *C. striata* Ikeda (Cobitidae) from Korea. Korean J. Syst. Zool., 4: 91-102. (in Korean)
- Kim, I.S. and J.H. Lee. 1986. A chromosomal study on the genus *Cobitis* (Pisces: Cobitidae) in the southern part of Korea. Bull. Korean Fish. Soc., 19: 257-564. (in Korean)
- Kim, I.S. and J.Y. Park. 1992. Sex rations and hermaphroditism of *Cobitis lutheri* (Pisces, Cobitidae) from Korea. Korean J. Ichthyol., 4: 72-76.
- Kim, I.S. and J.Y. Park. 2007. Freshwater Fishes of Korea. Kyohak Publishing, Seoul, 465pp. (in Korean)
- Kim, I.S. and M.T. Jeong. 1988. Seasonal variation of the color pattern in the Cobitid fish *Cobitis taenia lutheri* from Korea. Korean J. Ecol., 77-82. (in Korean)
- Kim, I.S., M.H. Ko and J.Y. Park. 2006. Population ecology of Korean sand loach *Cobitis tetralineata* (Pisces; Cobitidae) in the Seomjin River, Korea. J. Ecol. Field Biol., 29: 277-286. (in Korean)
- Kim, I.S. and W.O. Lee. 1984. Effects of stream modification in the Seomjin River on the fish communities of the Dongjin River in Korea. Bull. Korean Fish. Soc., 17: 549-556. (in Korean)
- Kim, I.S., Y. Choi, C.L. Lee, Y.J. Lee, B.J. Kim and J.H. Kim. 2005. Illustrated Book of Korean Fishes. Kyohak Publishing Co. Ltd., Seoul, 615pp. (in Korean)
- Kim, J.H. and S.Y. Yang. 1993. Systematic studies of the genus *Cobitis* (Pisces: Cobitidae) in Korea IV. Introggressive hybridization between two spined loach subspecies of the genus *Cobitis*. Korean J. Zool., 36: 535-544.
- Kitagawa, T., S.R. Jeon, E. Kitagawa, M. Yoshioka, M. Kashiwagi and T. Okazaki, 2005. Genetic relationships among the Japanese and Korean striated spined loach complex (Cobitidae: Cobitis) and their phylogenetic positions. Ichthyol. Res., 52: 111-122.
- Ko, M.H. 2009. Reproductive mechanisms of the unisexual diploid-triploid hybrid complex between the spined loach *Cobitis hankugensis* and *Iksookimia longicorpa* (Teleostei, Cobitidae) in Korea. Doctoral Thesis, Chonbuk National University, Jeonju, 160pp. (in Korean)
- Ko, M.H. and I.C. Bang. 2014. Spawning character and early life history of the endangered Korean dwarf loach, *Kichulchoia brevifasciata* (Teleostei: Cobitidae). Korean J. Ichthyol., 26: 89-98. (in Korean)
- Ko, M.H. and J.Y. Park. 2011. Growth and spawning ecology of *Cobitis lutheri* (Teleostei: Cobitidae) in the Mangyeong river, Korea. Korean J. Ichthyol., 23: 158-162. (in Korean)
- Ko, M.H. and J.Y. Park. 2012. Eggs development and early life history of spine loach, *Cobitis hankugensis* (Pisces: Cobitidae), endemic to Korea. Korean J. Ichthyol., 24: 94-100. (in Korean)
- Ko, M.H., J.Y. Park and I.S. Kim. 2009a. 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., J.Y. Park and S.H. Kim. 2009b. Habitat environment and feeding habitat of *Iksookimia koreensis* and *Cobitis lutheri* (Pisces: Cobitidae) in the Mangyeong River, Korea. Korean J. Ichthyol., 21: 253-261. (in Korean)
- Ko, M.H., S.Y. Park and I.C. Bang. 2012. Eggs development and early life history of spine loach, *Iksookimia koreensis* (Pisces: Cobitidae). Korean J. Limnol., 45: 93-101. (in Korean)
- Ko, M.H., S.Y. Park and I.C. Bang. 2013. Eggs development and early life history of endangered spine loach, *Iksookimia pumila* (Pisces: Cobitidae). Korean J. Ichthyol., 25: 65-73. (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)
- Ko, M.H., Y.S. Jeon and Y.J. Won. 2017. Early life history of the eastern Korean tetraploid spined loach, *Iksookimia yongdokensis* (Pisces: Cobitidae). Folia Zool., 66: 153-162.
- Kottelat, M. 2012. Conspectus Cobitidum: An inventory of the loach-



- es of the World (Teleostei: Cypriniformes: Cobitoidei). *Raffles Bull. Zool.*, Suppl. 26: 1-199.
- Kwan, Y.S., D. Kim, M.H. Ko, W.O. Lee and Y.J. Won. 2018. Multi-locus phylogenetic analyses support the monophyly and the Miocene diversification of *Iksookimia* (Teleostei: Cypriniformes: Cobitidae). *Syst. Biol.*, 16: 81-88.
- Kwan, Y.S., M.H. Ko and Y.J. Won. 2014. Genomic replacement of native *Cobitis nalbanti* with introduced *C. tetralineata* through a hybrid swarm following the artificial connection of river systems. *Ecol. Evol.*, doi: 10.1002/ece3.1027.
- 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)
- Linnaeus, C. 1758. *Systema Naturae per Regna Tria Naturae*, Tomus I. Editio Decima, Reformata. Laurentius Salvius, Holmiae (Stockholm). 824pp.
- ME (Ministry of Environment). 2006. *Technology for Utilization and Control of Ecosystem*. Kunsan University, Kunsan, 537pp.
- ME (Ministry of Environment). 2009. *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). 2011. *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, 364pp. (in Korean)
- Mori, T. 1952. Check List of the Fishes in Korea. *Mem. Hyogo Univ. Agr.* 1 (3) Bio. ser. No. 1. 228pp.
- Nalbant, T.T. 1993. Some problems in the systematics of the genus *Cobitis* and its relative (Pisces: Ostariophysi, Cobitidae). *Rev. Roum. Biol. (Biol. Anim.)*, 38: 101-110.
- Nelson, J.S., T.C. Grande and M.V.H. Wilson. 2016. *Fishes of the World* (Fifth edition). John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, p. 190.
- NIBR (National Institute of Biological Resources). 2013. *Breeding Manual of Endangered Freshwater Fish*. Incheon, 239pp. (in Korean)
- Okada, Y. and R. Seishi. 1937. Morphological and ecological study on the larvae and juveniles of freshwater fishes in Japan (viii) *Cobitis biwae* Jordan and Snyder. *Bull. Fish. Res.*, 32: 549-554. (in Japanese)
- Park, J.Y. and I.S. Kim. 1997. Egg membrane in five cobitid species of *Cobitis* (Pisces: Cobitidae). *Korean J. Ichthyol.*, 9: 121-129.
- Perdices, A., V.P. Vasil'ev & E.D. Vasil'eva, 2012. Molecular phylogeny and intraspecific structure of loaches (genera *Cobitis* and *Misgurnus* from the Far East region of Russia and some conclusions on their systematics. *Ichthyol. Res.*, 59: 113-123.
- Rendahl, H. 1935. Ein paar neie unterarten von *Cobitis taenia*. *Mem. Soc. Fauna et Flora Fennica*, 10: 329-336.
- 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)
- Sakai, H., T. Yokoyama, Y. Sakaiet, S. Matsumoto and Z. Kubota. 1989. Notes on the life history of *Cobitis takatsuensis*, a spinous loach. *Bull. Biogeogr. Soc. Jpn.*, 44: 39-47. (in Japanese)
- Shimizu, T., H. Sakai and N. Mizuno. 1998. Embryonic and larval development of a Japanese spinous loach, *Cobitis takatsuensis*. *Ichthyol. Res.*, 45: 377-384.
- Šlechtová, V., J. Bohlen and H.H. Tan. 2008. Families of cobitoidea (teleostei; cypriniformes) as revealed from nuclear genetic data and the position of the mysterious genera *Barbucca*, *Psilorhynchus*, *Serpenticobitis* and *Vaillantella*. *Mol. Phylogenet. Evol.*, 44: 1358-1365.
- 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)
- 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)
- Suzuki, R. 1966. Artificial spawning and early development of the loach, *Cobitis delicata* Niwa. *Bull. Freshwater Fish. Res. Lab.*, 15: 175-188. (in Japanese)
- Tanaka, S. 1973. Signification of Egg and Larval Surveys in the Studies of Population Dynamics of Fish. In: Blaxter, J.H.S. (ed.), *The Early Life History of Fish*. Springer-Verlag, pp. 151-157.
- Vasil'eva, E.D., D. Kim, V.P. Vasil'ev, D. Kim, V. Vasil'ev, M.H. Ko and Y.J. Won. 2016. *Cobitis nalbanti*, a new species of spined loach from South Korea, and redescription of *Cobitis lutheri* (Teleostei: Cobitidae). *Zootaxa*, 4208: 577-591.