

# 참갈겨니 *Zacco koreanus* (Pisces: Cyprinidae)의 난 발생과 초기생활사

이완옥\* · 김경환 · 백재민 · 송미영

국립수산과학원 중앙내수면연구소

**Egg Development and Early Life History of *Zacco koreanus* (Pisces: Cyprinidae) by Wan-Ok Lee\*, Kyeong-Hwan Kim, Jae-Min Back and Mi-Young Song** (Inland Fisheries Research Institute, NFRDI, Cheongpyeong 477-815, Korea)

**ABSTRACT** We investigated developmental stages of egg and early life history of the Korean indigenous fish, Korean Chub *Zacco koreanus* from the South Han River in 2011 for phylogenetic study and conservation of this species. Eggs of *Zacco koreanus* were artificially fertilized by the dry method in the laboratory. The fertilized eggs were demersal, almost spherical in shape, transparent and unpigmented, with a pale yellow yolk, and no oil globule and average  $3.09 \pm 0.07$  mm ( $n=10$ ) in diameter. The hatching of the embryo took place in about 68 hrs after fertilization under water temperature of  $20.0 \sim 23.0^\circ\text{C}$  and the newly hatched larvae were average  $10.30 \pm 0.40$  mm ( $n=10$ ) in total length (TL). Six days after hatching, the larvae grew up to  $16.12 \pm 0.42$  mm ( $n=8$ ) in TL and yolk sac absorption, mouth and anus opening were shown postflexion larvae stage. 17 days after hatching, most of fin-rays appeared at  $18.21 \pm 0.38$  mm ( $n=6$ ) in TL and brown spot appeared on the abdomen. 27 days after hatching, the larvae were brought up to  $20.01 \pm 1.12$  mm ( $n=5$ ) in TL and all their fin-rays were formed. 120 days after hatching, the larvae (juvenile) were  $23.29 \pm 3.12$  mm ( $n=10$ ) in TL and their body shape and color pattern were similar to the adult fish.

**Key words :** *Zacco koreanus*, egg development, early life history

## 서 론

잉어과 Cyprinidae의 피라미아과 Danioninae에 속하는 피라미속 *Zacco* 어류는 세계적으로 7종이 알려져 있으며, 주로 동북아시아인 중국, 대만, 일본과 우리나라에 분포하고 있는 1차 담수어이다(김과 박, 2002; Kim *et al.*, 2005). 우리나라에는 피라미 *Zacco platypus*, 갈겨니 *Z. temminckii*, 참갈겨니 *Z. koreanus* 3종이 분포하는 것으로 알려져 있으며, 이중에 *Z. koreanus*는 한강, 금강, 만경강, 동진강, 탐진강, 섬진강, 낙동강과 동해안으로 흐르는 대부분의 하천에 분포하는 한국고유종이다(Kim *et al.*, 2005; 서, 2005; Jeon *et al.*,

2011).

*Z. koreanus*는 *Z. temminckii*와 형태적으로 매우 유사하여 국내에서는 2005년까지 *Z. temminckii* 한 종으로 간주되어 왔다. 일본에서도 이 집단은 *Z. temminckii* 한 종으로 분류되어 왔으나, 2002년 *Z. temminckii*가 *Z. sieboldii*와 형태적으로 뿐 아니라 발생학적으로 차이를 보인다는 연구결과를 근거로 별도의 종으로 구분하였다(Sado and Kimura, 2002). 우리나라에서도 *Z. temminckii*와 체색과 일부 형질의 뚜렷한 차이를 근거로 별도의 새로운 종인 *Z. koreanus*가 구분되어 신종으로 보고되었다(Kim *et al.*, 2005).

우리나라에 분포하는 *Z. temminckii*에 대한 연구는 1980~90년대에 걸친 핵형 및 동위효소의 분석에 의한 집단의 유전적 연구(양 등, 1984; 이 등, 1986; 양과 민, 1987, 1989a, b; 이 등, 1988; 이와 이, 1988; 민, 1991; 민과 양,

\*Corresponding author: Wan-Ok Lee Tel: 82-31-589-5160  
Fax: 82-31-589-5151, E-mail: wolee@korea.kr

1993)가 집중적으로 수행되었다. 집단의 유전적 연구 이후 *Z. temminckii*는 9개 지리적 개체군의 형태적 분석연구 (Kim et al., 2003)를 통하여 두 종의 형태적 차이를 확인하게 되었고, 형태 및 채색 등의 차이가 신종으로 확인되어 *Z. temminckii*에서 새로운 종인 *Z. koreanus*를 구분하게 되었다 (Kim et al., 2005). 이후 다양한 수역에 분포하는 *Z. temminckii*에 채색과 일부 형태적 차이가 있는 집단이 발견되어 보고되었으며, 동일한 수계인 낙동강에도 다른 type의 *Z. koreanus* 개체군이 발견되어 새로운 분류학적 집단일 가능성에 대하여 지속적으로 연구되고 있다 (채와 윤, 2006, 2010).

생물에서 개체발생은 계통발생을 반복하기 때문에 분류학적으로 구분이 어려운 자매종이나 유사종 사이에 종을 구분하거나 유연관계를 연구하는데 있어서 초기생활사의 연구는 매우 유용하며, 특히 어류의 발생과정 중에 드러난 많은 형질들은 근연종들의 분류학적인 유연관계를 밝히는 데 중요한 기초자료를 제공하게 된다 (Blaxter, 1974; Balon, 1985). 난의 형태적, 생리적 특징과 배 발생 및 초기 성장 과정을 거치면서 종 고유 형질의 정보를 보여주기 때문에 발생학적 특징에 관한 연구는 중요하다. 또한 이를 토대로 어류의 종보존과 복원을 위한 중요 생산 기술을 확보하는 등 다양한 활용이 가능하게 된다 (송과 최, 2000). 그러나 난 발생과 초기생활사의 연구를 위하여 성적으로 성숙한 어미를 확보하거나 사육하여야 하는 등 친어의 확보와 산란유도 및 채란, 부화된 치어의 초기사육의 어려움 등으로 지금까지 많은 담수어류들의 난 발생과 초기생활사가 활발하게 연구되지 못하고 있는 실정이다. 최근 지속적인 하천의 개발 등으로 담수어류 중에 멸종위기종과 법적보호종을 중심으로 종의 보존과 복원의 중요성이 점차 인식되면서 많은 종들의 초기생활사에 대한 연구가 시도되고 있다 (송 등, 2009; 김 등, 2012; 고 등, 2012).

2005년 새롭게 기재된 우리나라 고유종인 *Z. koreanus*에 대한 연구는 서식생태 특성의 연구 (최 등, 2006a, b; 2011), 형태적 차이가 있는 집단의 서식지 분포 (채와 윤, 2006, 2010), 정자의 미세구조 (김, 2006), 탁도에 따른 조직의 변화 (신 등, 2008), 망막의 조직학적 연구 (유와 박, 2008), 물리적 서식조건에 관한 연구 (허와 서, 2011; 허 등, 2011), 성적이형 (Kim et al., 2008) 등으로 다양한 주제로 연구가 이루어지고 있다. 하지만 우리나라의 *Zacco*속 어류의 초기생활사 연구는 Uchida (1939)에 의하여 자연 하천에서 부화된 자·치어에 대한 관찰기록이 있을 뿐이며, 일본에서도 *Z. temminckii*와 *Z. sieboldii*의 종 구분을 위하여 난 발생과 초기생활사를 비교한 연구가 있을 뿐이다 (Sado and Kimura, 2002).

한반도의 고유종이면서 우리나라 대부분의 강 중·상류에서 우점종이나 아우점종으로 서식하고 있는 *Z. koreanus*는 최근 하천의 다양한 변형에 의하여 점차 개체군이 감소

하고 있어서 하천의 건강도를 파악하는데 중요한 비중을 차지하고 있다. 따라서 *Z. koreanus* 개체군의 보존과 다양한 형태적 type이 알려지고 있는 *Z. koreanus*의 개체군 간 유연관계를 밝히기 위하여 난 발생과 초기생활사를 조사하였으며, 본 종의 보존과 유연관계를 밝히기 위한 기초자료를 확보하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 시험어 확보 및 산란유도

본 시험에 사용한 참갈겨니 *Z. koreanus*의 친어는 2011년 6월 15일 충청북도 괴산군 청천면 후평리의 남한강 지류인 달천 중하류 수역에서 투망(망목 8×8 mm)과 족대(망목 6×6 mm)로 채집하였고, 채집 즉시 산소 포장하여 실험실로 운반하였다. 채집된 개체들 중에서 성숙한 개체를 선별하여 암컷 3마리의 복부를 압박하여 채란하였고, 여기에 수컷 4마리의 복부를 압박하여 채정하여 건식법으로 수정시켰으며, 부화관리를 위한 사육수온은 20.0~23.0°C로 유지하였다.

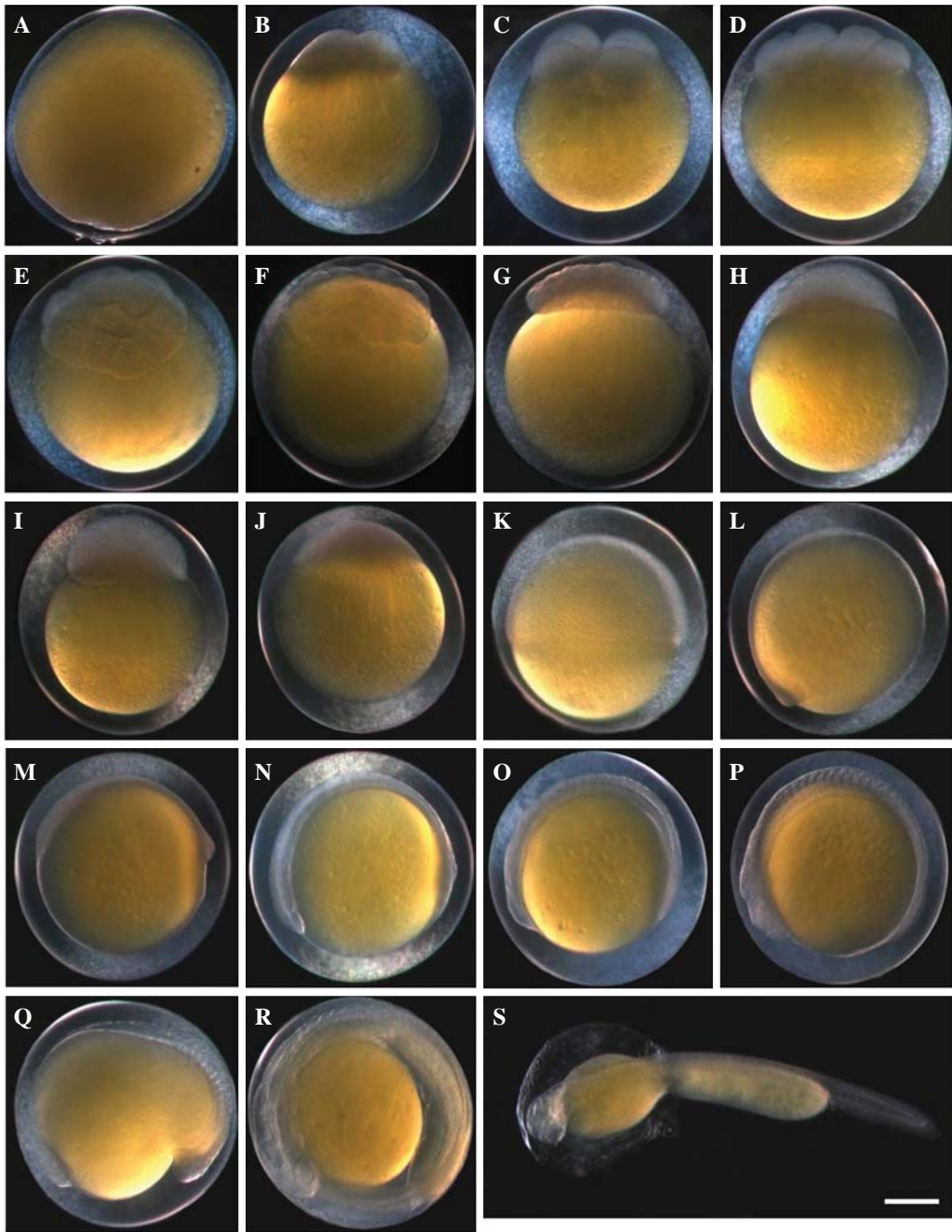
### 2. 난 및 자치어 관리 및 관찰

인공수정을 통하여 얻은 수정란은 직경 10 cm의 Petri dish 두 개에 각각 526개, 624개씩 분산 수용하였고, 부화 및 사육수온은 20.0~23.0°C로 유지하여 관리하였으며, 부화된 자어는 소형 사각 유리 수조에 옮겨 사육하였다. 부화 자어는 난황흡수가 완료되는 4일 후에 알테미아 (Brine shrimp)와 초기배합사료 (Tertra-min, Germany)를 공급하였으며, 이후 성장에 따라서 잉어용 배합사료를 공급하면서 사육하였다. 사육수의 관리는 1일 2회 1/2씩 환수하였다. 인공수정으로 얻은 수정란의 난배 발생과정은 Petri dish에 일부 난 (54개)을 수용하여 실체현미경 (Carl Zeiss, Germany)으로 10~50배의 비율로 관찰하고 디지털 카메라를 이용하여 촬영하였다. 수정란의 부화단계 구분은 Kimmel et al. (1995)을 따랐다. 부화 직후부터 부화 129일 후까지 자치어를 10마리 씩 MS-222 (Tricaine methane sulfonate; Sindel Co., Canada)로 마취하여 관찰하였다. 부화초기에는 1일 간격으로 성장하면서 점차 조사간격을 늘이면서 전장을 측정하였으며, 부화 1일에서 수십일 간격으로 실체현미경에 부착된 디지털카메라를 이용하여 촬영하였다.

## 결 과

### 1. 성숙란의 특징

초기생활사시험에 이용한 성숙한 *Z. koreanus* 암컷 (SL



**Fig. 1.** Egg development and hatching of *Zacco koreanus*. Time required for each embryonic stage in water temperature at 20.0~23.0°C is shown in Table 1. A, Formation of perivitelline space, 20 mins; B, 2-cell stage, 1 hr. 44 mins; C, 4-cell stage, 1 hr. 50 mins; D, 8-cell stage, 2 hrs. 8 mins; E, 16-cell stage, 2 hrs. 26 mins; F, 32-cell stage, 2 hrs. 45 mins; G, 64-cell stage, 3 hrs. 40 mins; H, Morula stage, 4 hrs. 26 mins; I, Blastula stage, 5 hrs. 25 mins; J, Early gastrula stage, 6 hrs. 5 mins; K, Middle gastrula stage, 8 hrs. 10 mins; L, Late gastrula stage, 16 hrs. 40 mins; M, Bud stage, 21 hrs. 38 mins; N, 4~5 myotomes stage, 24 hrs. 30 mins; O, 8~9 myotomes stage, 26 hrs. 20 mins; P, 21~22 myotomes stage, 28 hrs. 11 mins; Q, 25~30 myotomes stage, 35 hrs. 59 mins; R, Beginning of heart beating, 41 hrs. 20 mins; S, Hatching, 68 hrs 14 mins. The bar indicates 1 mm.

124±12.0 mm, BW 34.6±12.17 g, n=3)의 수정 가능한 성숙란의 수는 평균 383±110 (n=3)개였다. 성숙란은 구형에 가까운 연한 황색이며 분리침성란이었다. 수정 후 약간의 부착성을 가지고 있었으나 점착성은 바로 사라졌으며, 수정

란의 직경은 3.09±0.07 mm (n=10)였다. 난막은 무색으로 투명하고, 수정 후에 난막과 난황 사이에는 넓은 공간이 존재하였으나 유구(Oil globule)는 확인되지 않았다.

2. 난 발생 과정

수정란은 수정 후 바로 물을 흡수하기 시작하여 난이 확대되었으며, 수정 20분 후에는 물을 완전히 흡수하여 난막과 난황이 분리되었고, 동물극이 확인되었다(Fig. 1A). 수정 후 50분이 경과하면 동물극(Germinal pole)에 배반(Blastodisc)이 만들어졌으며, 1시간 40분 후에는 배반이 두 개로 나누어져 2세포기에 도달하였고(Fig. 1B), 1시간 50분 후에는 4세포기가 되었다(Fig. 1C). 수정 후 2시간 8분에는 8세포기에 도달하였으며(Fig. 1D), 2시간 26분 후에 16세포기로 분열하였고(Fig. 1E), 2시간 45분 후에는 32세포기가 되었다(Fig. 1F). 3시간 40분 후에는 64세포기에 도달하였으며(Fig. 1G), 4시간 26분 후에 상실기(Morula)에 도달하여 할구를 구분할 수 없었으며, 백색 투명한 반원 모양으로 변화하였다(Fig. 1H). 수정 5시간 25분 후 포배기(Blastula)에 도달하였고(Fig. 1I), 6시간 5분 후에는 배반엽이 식물극(Vegetal pole)으로 점차 확대되어 동물극 상단의 난황을 30% 가량 덮어 30% 외포(Epiboly)로 변화하였으며(Fig. 1J), 8시간 10분 후에는 50% 가량 덮어 초기 낭배기(Early gastrulation)에 이르렀다(Fig. 1K). 이후 수정 16시간 40분 후에는 외포가 난황의 90% 이상을 덮었고(Fig. 1L), 21시간 38분 후에 유백색의 배체(Embryo)가 난황위에 나타나 최종 낭배기(Late gastrulation)에 도달하였으며, 외포가 난황 전체를 덮어 원구가 폐쇄되었다(Fig. 1M). 수정 후 24시간 30분에 배체는 두부와 미부의 구분이 뚜렷해졌으며, 4~5개의 근절(Myotomes)이 형성되었다(Fig. 1N). 26시간 후에는 근절수가 8~9개로 늘어났으며(Fig. 1O), 28시간 후에는 근절수가 21~22개로 증가하였고, 안포와 이포가 형성되기 시작하였다(Fig. 1R). 수정 36시간 후 근절수가 25~30개로

늘어났으며, 난황의 형태가 부정형으로 변하면서 꼬리부분이 난황으로부터 분리되기 시작하면서 난내 운동을 시작하였다(Fig. 1Q). 수정 41시간 후 근절수가 34~40개로 증가하고 눈에 렌즈가 형성되었으며, 난막 안에서 활발하게 움직이기 시작하였다(Fig. 1R). 수정 68시간 후에 꼬리부분부터 난막을 뚫고 나와 부화하였으며, 이때부터는 자어의 움직임이 현저히 줄어들었다(Fig. 1S)(Table 1).

3. 자어 및 치어의 형태 발달 과정

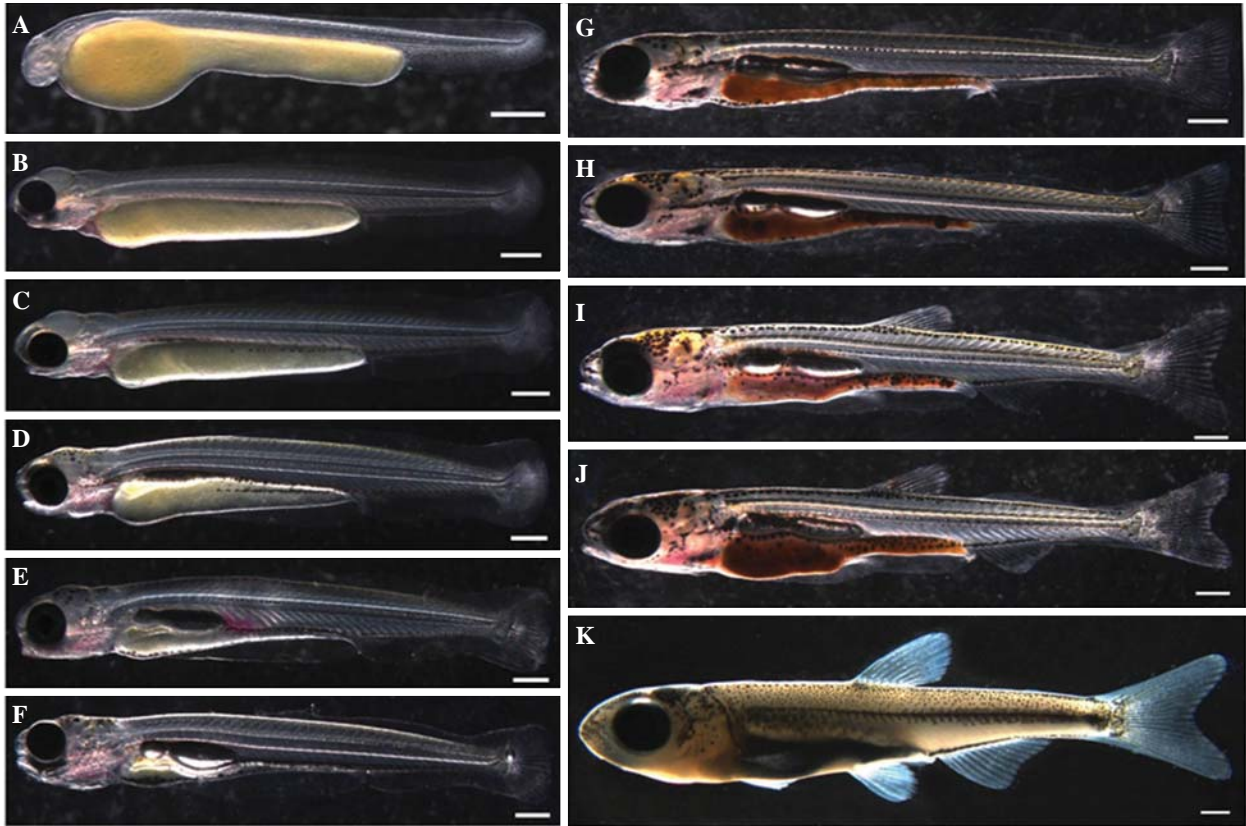
1) 전기자어

부화 직후 자어는 거의 투명하였으며, 크기는 전장 10.30 ± 0.40 mm (n=10)였다(Fig. 2A). 부화 2일 후에는 전장이 13.74 ± 0.35 mm (n=10)로 성장하였고, 눈에 흑색소포가 착색되어 검게 변하였고, 난황 주위로도 흑색소포가 관찰되었으며, 혈색소가 생성되어 심장이 붉게 관찰되었다(Fig. 2B). 부화 3일 후에는 전장 14.59 ± 0.27 mm (n=10)로 성장하였고, 두부와 체측 중앙에 흑색소포가 뚜렷하게 나타나기 시작하였다(Fig. 2C). 부화 4일 후에는 전장 15.31 ± 0.21 mm (n=5)로 성장하였고, 입과 항문이 열렸으며, 꼬리지느러미 기조와 부레가 형성되기 시작하였다(Fig. 2D). 부화 5일 후에는 전장 15.29 ± 0.29 mm (n=8)로 성장하였고, 꼬리지느러미의 기조가 18개로 늘어났으며, 난황은 현저히 줄어들고 부레가 점차 커지면서 두 개로 나누어져 크기가 비슷해졌다(Fig. 2E). 부화 6일 후에는 전장 16.12 ± 0.42 mm (n=8)로 성장하였고, 난황이 거의 흡수되었으며, 꼬리지느러미의 기조가 발달되면서 꼬리지느러미의 끝이 편평하게 되어 후기자어기로 변화되기 시작하였다(Fig. 2F).

Table 1. Embryonic development of *Zacco koreanus* at water temperature 20.0~23.0°C

Time (hours : min.)	Developmental stages	Corresponding figure
0:00	Formation of perivitelline membrane	A
1:44	2-cell stage	B
1:50	4-cell stage	C
2:08	8-cell stage	D
2:26	16-cell stage	E
2:45	32-cell stage	F
3:40	64-cell stage	G
4:26	Morula stage	H
5:25	Blastula stage	I
6:05	Early gastrula stage (10~20% epiboly)	J
8:10	Middle gastrula stage (50% epiboly)	K
16:40	Late gastrula stage (90% epiboly)	L
21:38	Bud stage (formation of the embryo)	M
24:30	4~5 myotomes stage	N
26:02	8~9 myotomes stage	O
28:11	21~22 myotomes stage	P
35:59	25~30 myotomes stage (elongation tail)	Q
41:20	34~40 myotomes	R
68:14	Hatching	S





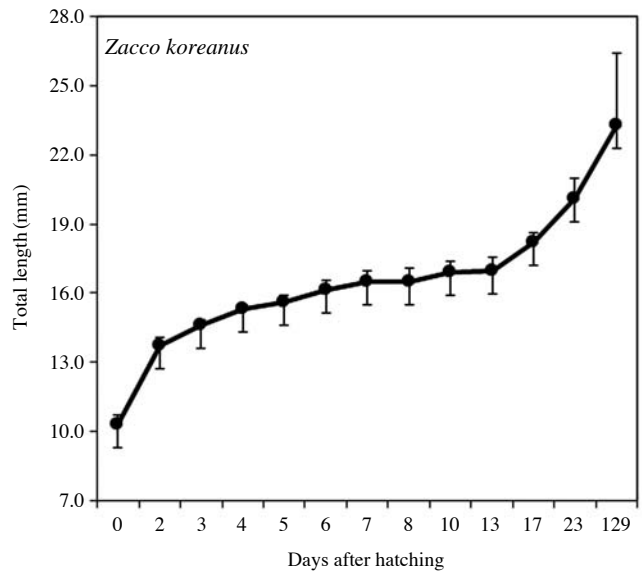
**Fig. 2.** Larva and juvenile development of *Zacco koreanus* in water temperature at 20.0~23.0°C. A, 1 day after hatching, 10.30 mm in total length (TL); B, 2 days after hatching, 13.74 mm TL; C, 3 days after hatching, 14.59 mm TL; D, 4 days after hatching, 15.31 mm TL; E, 5 days after hatching, 15.61 mm TL; F, 6 days after hatching, 16.12 mm TL; G, 13 days after hatching, 16.98 mm TL; H, 17 days after hatching, 18.21 mm TL; I, 23 days after hatching, 20.10 mm TL; J, 27 days after hatching, 20.01 mm TL; K, 129 days after hatching, 23.29 mm TL. The bar indicates 1 mm.

2) 후기자어

부화 13일 후에는 전장  $16.98 \pm 0.56$  mm (n=6)로 성장하였으며, 등 쪽의 막으로 형성되었던 원시 지느러미의 중간 부분이 줄어들어 앞·뒤로 나누어지기 시작하였고, 먹이로 공급한 알테미아를 섭식하여 복부가 갈색으로 변하였다 (Fig. 2G). 부화 17일 후에는 전장  $18.21 \pm 0.38$  mm (n=6)로 성장하였으며, 등 쪽의 막으로 된 원시지느러미는 축소되면서 앞·뒤로 완전히 분리되었고, 배 쪽의 막으로 된 원시지느러미는 대부분이 축소되었다. 등지느러미와 뒷지느러미의 기조가 형성되기 시작하여 각각 5개씩 관찰되었다 (Fig. 2H). 부화 23일 후에는 전장  $20.1 \pm 0.9$  mm (n=5)로 성장하였고, 배지느러미의 기조가 만들어졌으며, 꼬리지느러미가 성체와 같이 가운데가 파여 들어가서 양엽형의 V자형으로 완성되어 성어와 비슷하게 발달하기 시작하였다 (Fig. 2I).

3) 치어기

부화 27일 후에는 전장  $20.01 \pm 1.12$  mm (n=5)로 성장하였고, 막으로 이루어졌던 원시지느러미는 모두 퇴화되었으



**Fig. 3.** Growth curve of *Zacco koreanus* after hatching at water temperature 20.0~23.0°C. The bar indicates standard deviation.

며, 모든 지느러미의 기초수가 어미와 같은 수로 도달하여 치어기로 변하였다(Fig. 2J). 이후 치어들은 수온과 먹이섭식에 따라 성장에 차이를 보였지만 전장의 성장은 매우 완만하였다. 부화 120일 후에는 전장이  $23.29 \pm 3.12$  mm (n=10)까지 성장하였으며, 체측에는 등지느러미부터 꼬리지느러미 기부까지 어미와 유사한 가로줄무늬가 형성되었고, 중층에서 성어와 비슷한 행동을 보였다(Fig. 2K) (Fig. 3).

## 고 찰

2011년 6월 15일 남한강 수계인 달천에서 채집한 *Z. koreanus*의 암컷에서 압착법에 의하여 얻은 성숙란의 수는  $383 \pm 110$  (n=3)개로 매우 적었다. 이는 일본산 유사종인 *Z. temminckii*의 포란 수가 6,250개(전장 122.2 mm)로 알려진 것과 비교하여 매우 적은 수로 다회 산란하는 본 속 어류의 특성으로 일회 산란할 수 있는 성숙란이 적거나, 유사종인 일본의 *Z. temminckii*보다 난경이 상대적으로 큰 *Z. koreanus*의 특징으로 추후 일본의 *Z. temminckii*와 정밀 비교조사가 필요하였다(Nakamura, 1969). 압착법으로 얻은 수정란의 형태는 구형의 연한 황색을 띤 점착성이 약한 분리침성란이고, 난각은 무색투명하였으며, 유구는 관찰되지 않았는데, 이러한 수정란의 형태적 특징은 동일속인 *Z. platypus* (Uchida, 1939; Nakamura, 1969)와 일본산 *Z. temminckii*, *Z. sieboldii* (Sado and Kimura, 2002)와도 매우 유사하였다.

특히 본 연구의 대상종인 *Z. koreanus* 수정란의 크기는 Fig. 1에서 보는 바와 같이  $3.09 \pm 0.07$  mm (n=10)로 일본산

*Z. temminckii* 2.02 mm (n=20)와 *Z. sieboldii* 1.67 mm (n=40) 보다는 매우 크고, 부화 직후의 자어 크기도  $10.30 \pm 0.40$  mm (n=10)로 일본산 *Z. temminckii* 5.05 mm (n=5), *Z. sieboldii* 4.12 mm (n=8)보다 매우 컸다(Sado and Kimura, 2002). 한편 우리나라 *Zacco*속 어류의 수정란과 비교하면 *Z. koreanus*와 *Z. temminckii*가 다른 종으로 구분되지 않고 사용되던 시기인 1937년 진해에서 채집한 *Z. temminckii*의 수정란의 크기가 1.2~1.4 mm로 알려져 있다(Uchida, 1939). 일본에서도 *Z. temminckii*와 *Z. sieboldii*로 구분하지 않던 시기인 1941년 조사한 연구결과에서 수정란이 타원형으로 1.28(장경)×1.19(단경) mm (n=10)이고, 40분 후에 물을 흡수하여 평균 크기가 1.91 mm (n=10)로 팽창하여 원형으로 변한다고 기록하였으며, 1953년에 조사한 결과는 평균 1.65 mm (n=10)라고 기록하고 있다(Nakamura, 1969). 이상의 결과로 볼 때 우리나라와 일본에 분포하는 *Z. temminckii* species' group의 난경을 비교하여 보면 우리나라에 분포하는 *Z. koreanus*가 가장 크고, 우리나라와 일본에 분포하는 *Z. temminckii*가 다음으로 크며, 일본에만 분포하는 *Z. sieboldii* 순으로 보고되고 있다. 하지만 우리나라와 일본에 공통적으로 분포하는 *Z. temminckii*의 수정란 크기를 직접 비교하지 않았기 때문에 추후 두 나라에 분포하는 *Z. temminckii*의 차이를 직접 비교하여야 확실해 질 것이다.

수정란의 크기는 부화자어의 크기와 직접적으로 비례하기 때문에 수정란이 작은 종은 부화자어의 크기도 작으며, 이는 부화 시간이나 포란수와의 직접적인 관련이 있어 생태적 지위가 유사한 동일속에 속한 종의 경우에는 각각의 종의 초기번식전략과 밀접하게 연관되어 있다. 이러한 번식 전략은 수정 후 부화까지 소요되는 시간이 *Z. koreanus*는

**Table 2.** Comparison of embryonic development of *Zacco temminckii* species' group from Korea and Japan

Developmental stages	Japan		Korea
	Sado & Kimura (2002)		Present study
	<i>Z. sieboldii</i> (24.0~27.6°C)	<i>Z. temminckii</i> (24.5~27.8°C)	<i>Zacco koreanus</i> (20.0~23.0°C)
Elevation of blastodisc	0:42	0:39	0:20
2-cell stage	1:17	1:01	1:44
4-cell stage	1:42	1:10	1:50
8-cell stage	2:00	1:36	2:08
16-cell stage	2:25	1:55	2:26
32-cell stage	2:32		2:45
64-cell stage	2:42	2:18	3:40
Blastula stage	3:20	3:15	5:25
Closure of blastopore	16:35	14:13	
Beginning of embryo formation	18:09	15:45	21:38
formation of optic vesicles	20:30	17:50	
Formation of optic lens	25:00	21:20	41:00
Disappearance of Kuffer's vesicle	25:40	21:48	
Beginning of heart pulse	35:53	30:56	
Beginning of hatching	46:50	40:09	68:14
End hatching	59:30	53:40	

**Table 3.** Total length (mm) of each developmental stage of *Zacco temminckii* species' group

Stages	Japan			Korea	
	Sado & Kimura (2002)		Nakamura (1969)	Uchida (1939)	Present study
	<i>Z. sieboldii</i> (24.0~27.6°C)	<i>Z. temminckii</i> (24.5~27.8°C)	<i>Z. temminckii</i> (24.5~27.8°C)	<i>Z. temminckii</i>	<i>Zacco koreanus</i> (20.0~23.0°C)
Yolk sac larva	4.9~7.1	3.5~5.9	5.0	—	9.8~14.1
Preflexion larva	6.7~8.1	5.9~6.3	5.7	—	13.9~14.9
Flexion larva	7.8~8.3	6.1~6.8	6.8	9	15.0~15.8
Postflexion larva	8.2~17	6.6~13	7.1	10	15.2~17.0
Juvenile	>17	>13	>12.7	>15	>17

68시간 전후(수온 20.0~23.0°C)로 *Z. temminckii* 40시간(수온 24.5~27.8°C), *Z. sieboldii* 46시간(수온 24.0~27.6°C)보다 거의 20시간 이상 늦게 부화하였는데, 이는 수정란의 부화관리 시 수온에 대한 차이도 일부 관련되어 있지만, 수정란의 크기가 크면 부화시간이 상대적으로 길어지는 결과와 밀접한 관련이 있는 것으로 사료된다(Sado and Kimura, 2002)(Table 2).

또한 *Z. temminckii* species' group의 각 초기발달 단계별로 전장의 차이를 비교해 보면 난황자어기(Yolk sac larva)에는 *Z. koreanus*가 9.8~14.1 mm이었고, 일본의 *Z. temminckii*가 4.9~5.3 mm, *Z. sieboldii*가 3.5~4.8 mm(Sado and Kimura, 2002)로 큰 차이를 보였다. 전기자어기(Preflexion larva)에도 *Z. koreanus*가 13.9~14.9 mm, 일본산 *Z. temminckii*가 6.7~8.1 mm, *Z. sieboldii*가 5.9~6.3 mm로 각각의 종이 크게 성장하였지만 크기의 차이는 5 mm 이상 지속되었다. 자어기(Flexion larva)에는 *Z. koreanus* 15.0~15.6 mm, 일본산 *Z. temminckii*가 7.8~8.3 mm, *Z. sieboldii*가 6.1~6.8 mm로 차이가 계속되었지만 후기자어기(Postflexion larva)에는 *Z. koreanus*가 15.2~17.0 mm, *Z. temminckii*가 8.2~17.0 mm, *Z. sieboldii*가 6.6~13.0 mm로 전장의 차이가 점차 줄어들었고, 치어기(Juvenile)에는 *Z. koreanus*가 17.0 mm 이상, *Z. temminckii*는 17.0 mm 이상으로 비슷하였지만 *Z. sieboldii*가 13.0 mm 이상으로 차이가 났다.

난황자어기에는 우리나라에 분포하는 *Z. koreanus*가 일본에 분포하는 *Z. temminckii*과 *Z. sieboldii*보다 컸으나 치어의 형태가 완성되는 치어기로 이행될 시기에는 *Z. koreanus*와 *Z. temminckii*가 크기가 비슷해졌으나, *Z. sieboldii*는 *Z. koreanus*와 *Z. temminckii*보다는 작았다(Sado and Kimura, 2002)(Table 3). 이러한 발달과정에 따른 전장 크기의 차이는 이들 유연종들이 서식하는 미세서식처의 특성이나 생태학적, 생리학적 연구가 더 진행되어야 확실해질 것으로 사료되며, *Z. koreanus*가 나머지 유연종보다 빠른 유속의 여울에 적응된 것으로 알려지고 있어서 이와 관련된 것으로 사료되지만 추후 비교연구가 필요하였다(Kim et al., 2005). 특히 우리나라에 분포하는 *Z. koreanus*는 일본에 서식하는

유연종들보다 크지만 우리나라에 분포하는 *Z. temminckii*와 일본에 분포하는 *Z. temminckii* 또는 *Z. sieboldii*와의 난, 자어의 크기, 초기 발생과정 등에 대한 비교연구가 필요하였다.

## 요 약

우리나라 고유종인 참갈겨니를 2011년 남한강에서 채집하여 *Zacco*속의 유연관계와 종 보존의 기초자료를 얻기 위하여 난 발생 과정과 초기생활사를 연구하였다. *Z. koreanus* 난은 실험실에서 건식법으로 수정되었다. 수정란은 원형이고 투명하며, 엷은 황색난황을 가지고 있고, 유구가 없으며, 약한 점착성 침성란으로 난경은  $3.09 \pm 0.07$  mm (n=10)이었다. 수온 20.0~23.0°C에서 수정 후 68시간 전후하여 난 발생이 완성되었으며, 부화자어의 크기는 전장  $10.30 \pm 0.40$  mm (n=10)이었다. 부화 6일 후에는 전장  $16.12 \pm 0.42$  mm (n=8)로 성장하였고, 난황이 거의 흡수되었으며 입과 항문이 열린 후기자어기가 되었다. 부화 17일 후에는 전장  $18.21 \pm 0.38$  mm (n=6)로 자랐고, 대부분의 지느러미에 기초가 나타났으며, 복부에는 갈색반점이 출현하였다. 부화 27일 후에는 전장  $20.1 \pm 1.12$  mm (n=5)로 성장하였고, 모든 지느러미의 기초수가 정수에 도달하였다. 부화 120일 후에는 전장  $23.29 \pm 3.12$  mm (n=10)로 성장하였으며, 외형과 반문이 성어와 유사하였다.

## 인 용 문 헌

- 고명훈 · 송하윤 · 홍양기 · 방인철. 2012. 멸종위기 어류 꾸구리 *Gobiobotia macrocephala* (Pisces: Cyprinidae)의 번식생태. 한국하천호수학회지, 45: 190-199.
- 김구환. 2006. 참갈겨니(Teleostei, Cypriniformes, Cyprinidae) 정자 변형과 정자의 미세구조. 한국어류학회지, 18: 347-354.
- 김익수 · 박종영. 2002. 한국의 민물고기. 교학사, 497pp.
- 김치홍 · 윤승운 · 김재구 · 김현태 · 박종성 · 박종영. 2012. 멸종

- 위기종 모래주사 *Microphysogobio koreensis*의 난발생 및 초기생활사. 한국어류학회지, 24: 160-166.
- 민미숙. 1991. 피라미속 어류의 계통분류학적 연구. 인하대학교 박사학위논문, 94pp.
- 민미숙 · 양서영. 1993. 피라미속 어류의 계통분류학적 연구 IV. 한국 및 일본산 갈겨니 *Zacco temminckii*의 유전적 분화. 한국동물학회지, 36: 28-35.
- 서진원. 2005. 감천 중, 상류역의 어류상과 갈겨니 (*Zacco temminckii*) 개체군의 생태학적 특성. 한국하천호수학회지, 38: 196-206.
- 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. 2000. 버들붕어, *Macropodus chinensis*의 생식생태와 초기생활사. 한국하천호수학회지, 33: 282-294.
- 신명자 · 김정숙 · 황윤희 · 이종은 · 서울원. 2008. 탁도 변화가 참갈겨니 (*Zacco koreanus*) 조직에 미치는 영향. 한국하천호수학회지, 41: 73-80.
- 양서영 · 민미숙. 1987. 갈겨니 *Zacco temminckii*의 진화에 관한 연구: IV. 유전적 변이, 형태비교 및 인공교잡. 한국동물학회지, 30: 417-431.
- 양서영 · 민미숙. 1989a. 갈겨니 *Zacco temminckii*의 진화에 관한 연구: I. MDH 동위원소 2형의 지리적 분포 및 계절적 변이. 한국동물학회지, 32: 232-241.
- 양서영 · 민미숙. 1989b. 갈겨니 *Zacco temminckii*의 진화에 관한 연구: IX. 피라미아과 어류의 계통진화. 한국동물학회지, 32: 393-403.
- 양서영 · 전상린 · 주일영 · 김재흠. 1984. 피라미아과 4종의 유전적 변이 및 종간 유연관계에 대하여. 인하대학교 기초과학연구소 논문집, 5: 111-118.
- 유민정 · 박종영. 2008. 참갈겨니 (*Zacco koreanus*)와 눈동자개 (*Pseudobagrus koreanus*)의 생태학적 차이에 의한 망막 조직의 비교 연구. 한국어류학회지, 20: 97-104.
- 이혜영 · 양서영 · 백상기 · 박창신 · 유성림 · 이성근. 1988. 갈겨니 *Zacco temminckii*의 진화에 관한 연구 VII. 갈겨니 2 Type의 Mitochondrial DNA 변이. 한국동물학회지, 31: 236-242.
- 이혜영 · 이현실. 1988. 갈겨니 *Zacco temminckii*의 진화에 관한 연구 V. 갈겨니 2형의 핵형에 관한 지리적 변이. 한국유전학회지, 10: 93-99.
- 이혜영 · 조정우 · 양서영. 1986. 갈겨니 *Zacco temminckii*의 진화에 관한 연구 II. 갈겨니 2형의 핵형분석. 한국동물학회지, 29: 208-214.
- 채병수 · 윤희남. 2006. 참갈겨니, *Zacco koreanus* (잉어과, 어강)의 혼인색의 지리적 변이와 분포. 한국어류학회지, 18: 97-106.
- 채병수 · 윤희남. 2010. 참갈겨니, *Zacco koreanus* (잉어과)의 NE형과 NS형의 서식처 분리. 한국어류학회지, 22: 49-55.
- 최의용 · 서진원 · 최재석. 2006a. 낙동강 지류에 분포하는 참갈겨니 개체군의 전장과 체중 관계 및 von Bertalanffy의 성장모델. 한국하천호수학회지, 39: 226-235.
- 최재석 · 박승철 · 장영수 · 이광열 · 최준길. 2006b. 횡성호 상, 하류에 분포하는 참갈겨니 (*Zacco koreanus*, Cyprinidae)의 개체군 동태. 한국환경생태학회지, 20: 391-399.
- 최준길 · 장창렬 · 변화근. 2011. 가평천 상류역의 어류상과 참갈겨니의 개체군 특징. 한국환경생태학회지, 25: 65-70.
- 허준욱 · 강형식 · 장민호. 2011. 한강수계 달천의 어류상과 물리적 서식지 조건에 관한 연구. 대한환경공학회지, 33: 564-571.
- 허준욱 · 서진원. 2011. 한강의 대표적 하천에 서식하는 참갈겨니 (*Zacco koreanus*)의 물리적 서식조건에 관한 연구. 환경영향평가, 20: 206-214.
- Balon, E.K. 1985. The theory of saltatory ontogeny and life history models revisited. pp. 13-28. In: Balon, E.K. (ed.), Early life histories of fishes: New developmental, ecological and evolutionary perspectives. Dr. W. Junk Publishers. Dordrecht, 280pp.
- Blaxter, J.H.S. 1974. The early life history of fish. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, 765pp.
- Jeon, H.J., Y.C. Park, W.O. Lee, J.H. Lee and J.H. Kim. 2011. cDNA cloning and expression of a cytochrome P450 1A (*CYP1A*) from the pale chub, *Zacco platypus*. Korean J. Limnol., 44: 364-372.
- Kim, I.S., J.Y. Park and M.K. Oh. 2003. Morphology and geographic variation of dark chub, *Zacco temminckii* (Cyprinidae) from Korea. Pro. 58th Ann. Meet. Kor. Asso. Biol. Sci., 7: 128.
- Kim, I.S., M.K. Oh and K. Hosoya. 2005. A New Species of Cyprinid Fish, *Zacco koreanus* with Redescription of *Zacco temminckii* (Cyprinidae) from Korea. Korean J. Ichthyol., 17: 1-7.
- Kim, Y.J., C.I. Zhang, I.S. Park, J.H. Na and P. Olin. 2008. Sexual dimorphism in morphometric characteristics of Korean chub *Zacco koreanus* (Pisces, Cyprinidae). J. Ecol. Field Biol., 31: 107-113.
- Kimmel, C.B., W.W. Ballard, S.R. Kimmel, B. Ullmann and T.F. Schilling. 1995. Stages of embryonic development of the zebrafish. Developmental Dynamics, 203: 253-310.
- Nakamura, M. 1969. Cyprinid fishes of Japan. Spec. Publ. Res. Inst. Nat. Resources No. 4. Shigen Kagaku Kenkyusyo, 455pp. (in Japanese)
- 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. Ichthyological Research, 49: 245-252.
- Uchida, K. 1939. The fishes of Tyosen. Part 1. Nematognathi, Even-tognathi. Bull. Fish. Exp. Sta. Gav. Gener. Tyosen., 6. 456pp. (in Japanese)