

# 한강납줄개, *Rhodeus pseudosericeus* (Acheilognathinae)의 난 발생과 초기생활사

김치홍\* · 강언종<sup>1</sup> · 김종화

국립수산과학원 내수면생태연구소, <sup>1</sup>내수면양식연구소

## Development of Eggs and Early Life History of Korean Bitterling, *Rhodeus pseudosericeus* (Acheilognathinae)

Chi-Hong Kim\*, Eon-Jong Kang<sup>1</sup> and Jong-Hwa Kim

Inland Fisheries Ecological Research Institute,  
Cheongpyeong-ri Cheongpyeong-myeon Kapyeong-gun, Kyunggi-do 477-815, Korea

<sup>1</sup>Inland Fisheries Aquaculture Research Institute, Jinhae 645-806, Korea

The egg development and early life history of Korean endemic bitterling *Rhodeus pseudosericeus* were observed under the controlled water temperature,  $17.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$ . Fertilized eggs are opaque yellow in color, measuring 2.9~3.1 mm in length and 1.6~1.9 mm in breadth. The eggs of this species began to hatch about seventy hours after insemination and the range of total length of larvae were 3.2~3.4 mm. The larvae reached at the heterotrophic stage about twenty-five days after hatching. *R. pseudosericeus* had a pair of wing-shaped yolk projection during the prelarval stage that is a common character of the genus *Rhodeus*.

**Key words** : egg development, early life history, *Rhodeus pseudosericeus*

잉어과 (Cyprinidae) 납자루아과 (Acheilognathinae) 어류는 몸이 측편되고 담수산 이매폐에 알을 낳는 독특한 특성을 가진 소형 담수어이다. 세계적으로 유럽의 1종 (*Rhodeus sericeus*)을 포함하여 한국을 비롯한 중국대륙, 시베리아, 일본, 대만, 베트남 등에 분포한다 (長田, 1975; Arai, 1988; Banarescu, 1990). 우리나라에는 멸종된 것으로 알려진 *Rhodeus hondae*를 비롯하여 3속 15종이 알려져 있다 (김 등, 2005). 어류의 초기 생활사에 대한 연구는 종의 특징을 구명하는 것은 물론 유사종과의 분류학적인 문제의 해결과 종간 유연관계를 연구하는 데 중요한 기초 자료가 된다. 이에 따라 우리나라에 서식하는 납자루아과 어류를 대상으로 난 발생 과정과 자어의

표피상돌기의 형태변화 및 초기생활사 연구가 활발히 진행되어 왔다 (Suzuki and Hibia, 1984; 金과 朴, 1985; Suzuki and Jeon, 1987, 1988a, b, c, 1991; 鈴木과 田, 1988d, 1989, 1990; 김과 김, 1989; 宋과 權, 1994; 백과 송, 2005a, b).

한강납줄개 *Rhodeus pseudosericeus*는 Arai et al. (1991)이 한국의 남한강 일대에서 채집한 표본으로 *R. sericeus*와 형태적인 차이를 구명하고 핵형 등의 생물학적인 특성 등을 기재하면서 신종으로 발표하였다. 현재까지도 이들의 분포지역은 남한강 일부 지역에 한정되어 있으며 개발과 환경오염의 위험성이 있어 서식지의 감소와 개체군의 축소가 우려되는 실정이다. 따라서 본 연구는 한국 고유종인 *R. pseudosericeus*의 난 발생과정과 초기 생활사를 관찰하여 납자루아과 내의 근연종과

\*Corresponding author: chkim@nfrda.re.kr

비교 관찰함으로써 종의 특징을 밝히고 분류학적인 논의를 하고자하며 아울러 본 종의 보존과 개체군 확산을 위한 재생산 기술의 기초 자료를 마련하고자 한다.

## 재료 및 방법

실험에 사용된 어미는 2006년 4월 18일에 강원도 횡성군 공근면 일대의 남한강 지류에서 채집하였다. 어미는  $40 \times 30 \times 25$  cm 수조에 수입산 냉동 blood worm을 1일 2회 먹이면서 실험종료 시까지 사육하였다. 인공수정은 Suzuki and Hibia (1984)의 방법으로 2006년 4월 19일부터 5월 25일까지 수회에 걸쳐 시도하였다. 수정란과 부화자어의 발달과정은 실체현미경 하에서 관찰하였으며 컴퓨터 영상기를 이용해 발달 단계별로 사진 촬영을 하였다. 부화자어는 처음 10일간은 직경 10 cm의 petri-dish에 사육하였고 자어의 성장에 따라 사각수조로 옮겨 키웠다. 사육수는 난 발생시기 때는 매일, 부화 자어 시기에는 1~3일 간격으로 전량을 환수하였고 부화 후 30일 이후는 약하게 폭기를 해 주었다. 초기 먹이는 갯부화한 brine shrimp와 분말 사료를 공급하였다. 자어 관찰은 각 단계별로 5마리씩 고정하여 현미경하에서 전장을 측정하였고 특징을 관찰 기록하였다. 관찰 결과는 사육 수온  $17.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 를 유지하면서 관찰한 자료를 토대로 기록하였다.

## 결 과

### 1. 어미의 특징

실험에 사용한 어미의 전장은 암컷 51.8~67.7 mm, 수컷 66.4~72.2 mm로 수컷이 암컷에 비해 약간 컸다. 산란 시기의 수컷은 자연 상태에서 몸 전체가 연한 주황색을 띠었으나 수조에 사육하는 동안 혼인색은 약해졌으며 복부 쪽이 검은 색을 띠고 주둥이의 좌우 상단에 추성이 밀집하여 나타난다. 암컷은 회색의 산란관이 신장되지만 산란이 가능한 개체의 산란관 길이는 체장의 38.4% ( $n=17$ ) 이상이였다. 산란관 끝의 1/10 정도는 관의 색이 진회색이며 통로가 좁아진다 (Fig. 1). 암컷의 경우 한 번 산란 후 재 산란이 가능한 기간은 8~12일 정도이며 실험기간 동안 한 마리가 최대 3회까지만 산란하였다. 수컷은 방정 후 3일이면 다시 정액이 회복되었다.



Fig. 1. Morphology of ovipositor of *Rhodeus pseudosericeus* female during the spawning season. Bar indicates 10 mm.

### 2. 난의 형태

암컷의 산란관을 지나는 성숙란의 모양은 긴 막대형이지만 산란 후에는 방추형의 서양 배 모양이 된다. 난막은 얇고 투명하며 난황은 불투명한 담황색으로 분리침성란이다. 실험 중 1마리에서 적출된 완숙란은 16~47개이며 난의 크기는 평균 장경 2.8 mm (2.9~3.1 mm), 평균 단경 1.8 mm (1.6~1.9 mm,  $n=30$ )이었다 (Fig. 2, A).

### 3. 난 발생 과정

난내 발생과정은 Fig. 2와 같이 14단계로 구분하였고 수온  $17 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 에서 부화할 때까지 소요되는 각 단계별 시간은 Table 1에 나타내었다.

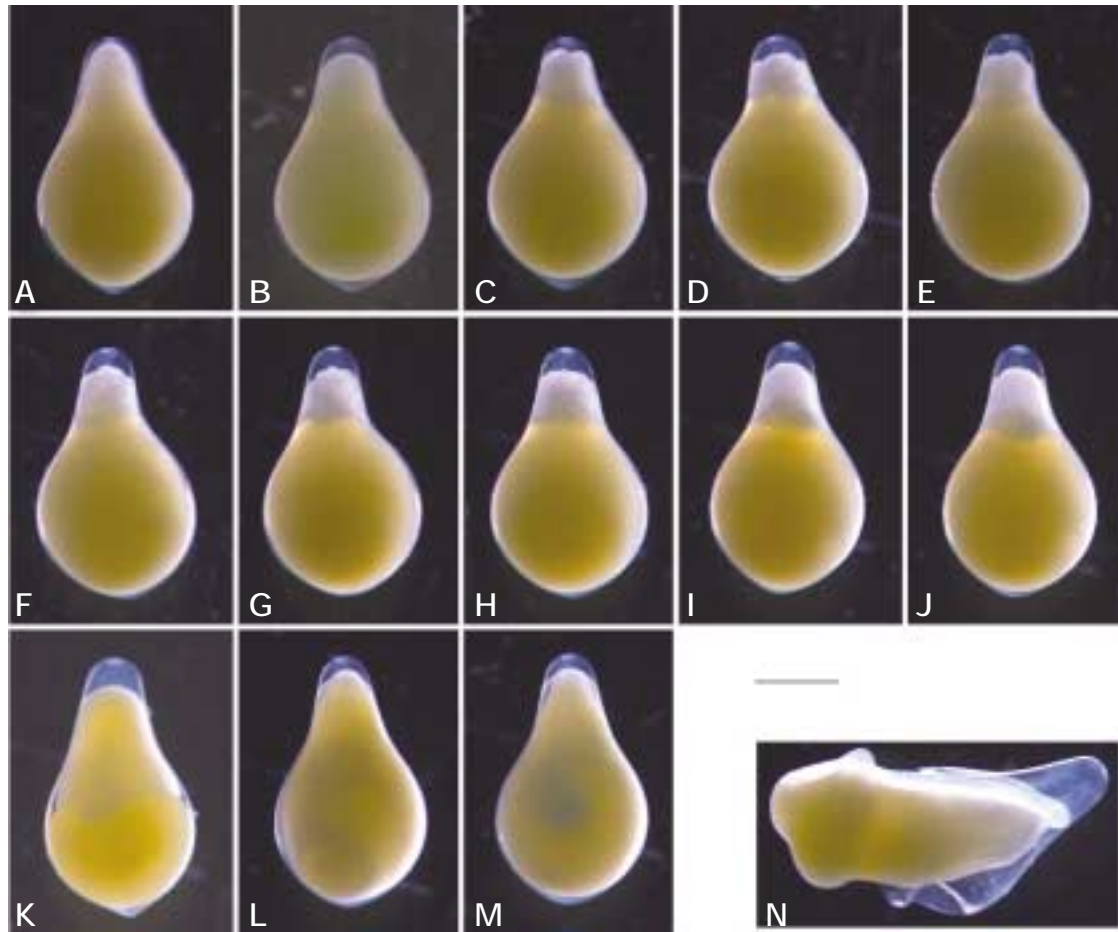
수정란은 수분을 흡수하기 시작하여 난막과 난황이 서서히 분리되기 시작하고 수정 후 약 30분이 지나면 난문부와 난황이 완전히 분리되었으며 1시간 후면 난문쪽의 동물극에 배반이 형성된다 (Fig. 2, B).

1시간 30분 후에는 배반 중앙부에 약한 홈이 생기면서 양끝으로 뺨어나가 수직으로 이등분 되면서 2개의 할구가 만들어 진다 (Fig. 2, C).

수정 후 2시간에는 2번째 수직 난할이 일어나 각각의 할구가 이분되어 같은 크기의 4개의 세포로 나뉘어 진다 (Fig. 2, D).

이와 같은 세포 분열 방식으로 2시간 30분 후에는 8세포기 (Fig. 2, E), 3시간 후에는 16세포기 (Fig. 2, F), 4시간 후에는 최초의 수평 난할로 32세포기 (Fig. 2, G), 4시간 30분 후에는 64개의 세포가 분열된다 (Fig. 2, H). 수정 후 5시간이 지나면 세포 수를 측정할 수 없을 정도로 세포의 분할이 이루어지고 할구는 점점 작아지면서 상실기에 이른다 (Fig. 2, I).

시간이 지남에 따라 할구는 더욱 작아져 할구 표면이



**Fig. 2.** Egg development of *Rhodeus pseudosericeus* from Namhan river, Korea. Time required for each developmental stage is shown in Table 1. Bar indicates 1.0 mm.

거의 곡선에 가깝게 관찰되어 포배기에 이르며, 수정 후 8시간 정도에는 낭배기가 시작되어 배반의 가장자리에 서부터 난황을 덮고 내려오기 시작한다(Fig. 2, J).

32시간 후에는 배반의 가장자리는 비후해지고 배환을 형성하면서 난황의 절반을 덮어 내려와 포배강을 형성하게 된다(Fig. 2, K). 수정 후 43시간이 되면 배환은 식물극 쪽을 완전히 덮고 내려온 후 합입되고 바깥으로는 유백색의 배체를 만들어 신경극의 원기가 관찰된다(Fig. 2, L).

55시간 후에는 배체의 중앙부의 근절이 관찰되고 난황의 한쪽은 굴곡진 형태로 변화되고 다른 쪽은 근절의 수가 늘어나면서 좀 더 뚜렷한 척추 부위를 만들어 낸다(Fig. 2, M).

수정 후 70시간 후부터는 배체의 머리부분이 난문부의 반대쪽을 뚫고 나오면서 부화를 시작한다. 배체의 움직임은 없고 미끄러지듯이 난막을 빠져나오며 완전히 부화하기까지는 약 2시간 정도 소요된다.

부화 직후 자어의 전장은 3.2~3.4 mm (평균 3.3 mm)

이고, 난황의 크기는 길이가 3.0 mm, 높이는 1.6 mm 이다. 한 쌍의 난황 익상돌기가 있고 자어의 근절 수는 21~26개가 관찰된다.

#### 4. 자치어의 발달

외부 형태 변화로 본 자치어의 발달 과정의 관찰 결과는 Fig. 3에 나타내었다.

부화 후 3일 째 자어의 근절 수는 28~31개, 전장이 5.4~5.6 mm이다. 미병부와 꼬리 쪽의 발달이 빠르게 진행된다. 난황은 머리가 만들어지는 앞쪽까지 신장되어 지고 익상돌기가 커지면서 난황의 크기는 4.1×1.9 mm에 달한다(Fig. 3, A).

부화 후 5일 째는 전장이 5.8~6.0 mm이다. 머리 부분이 난황보다 조금 앞까지 신장된다. 눈이 형성되었으나 렌즈는 아직 없으며, 이석이 뚜렷이 관찰된다. 근절 수는 28~32개이고, 머리 아래 부분에서 미세한 심장의

박동이 관찰된다. 때때로 꼬리지느러미의 움직임이 관찰된다 (Fig. 3, B).

부화 후 7일째는 전장이 6.9~7.0 mm이다. 익상돌기의 등 쪽과 배 쪽이 약간 축소되면서 난황은 뒤쪽으로 신장된다. 근절 수는 30~33개가 관찰되며, 난황의 앞쪽 으로부터 순환계가 발달하면서 붉은 혈액의 순환을 볼 수 있으며 적혈구의 수가 늘어난다 (Fig. 3, C).

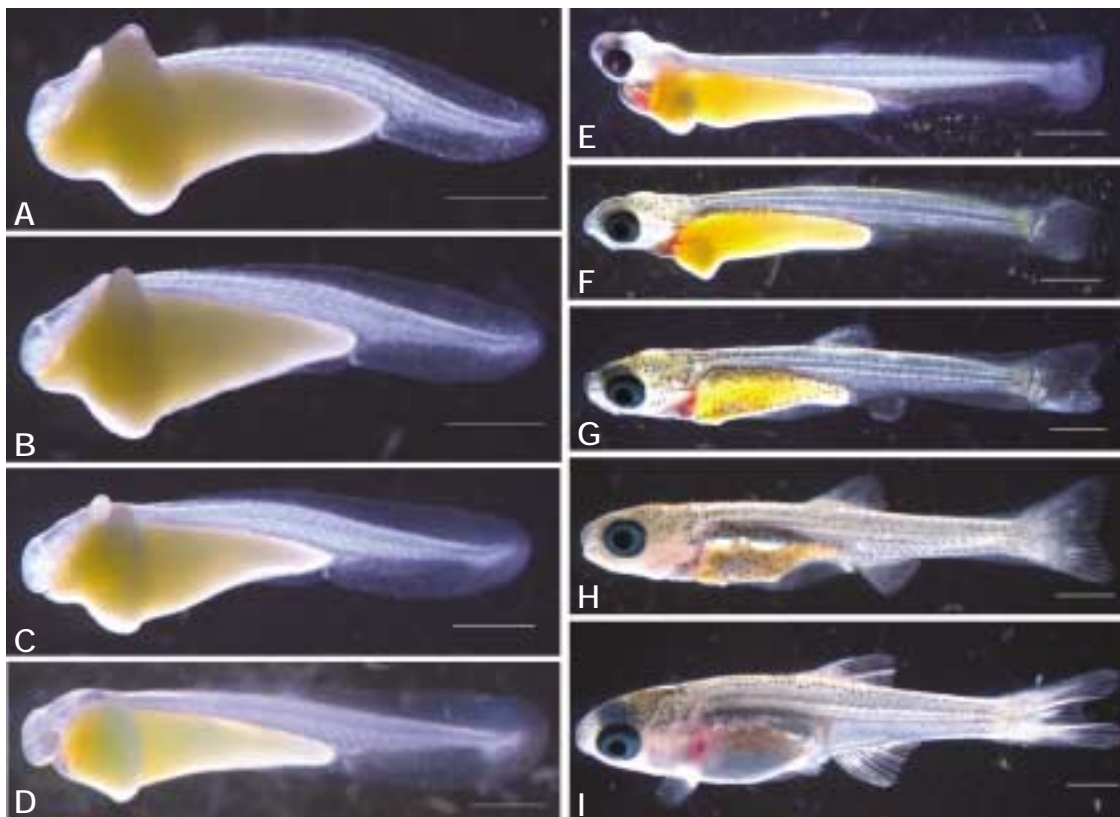
부화 후 10일째는 전장이 7.8~8.0 mm이다. 안구에 렌즈가 완성되고 멜라닌 색소가 나타나기 시작한다. 심장 박동 요소들이 뚜렷이 분화되고, 꼬리지느러미의 발달이 진행되었으나 지느러미의 기조는 완전하지 않다. 난황 전반부의 익상돌기 높이는 1.6 mm로 현저히 축소되었다 (Fig. 3, D).

부화 후 15일째는 전장이 8.1~8.3 mm이다. 근절 수는 32개 이상이 관찰되고, 등지느러미와 뒷지느러미가 분화될 부분이 융기되어 수개의 미세한 기조가 관찰되고, 난황의 앞쪽에 가슴지느러미의 원기가 나타나며 꼬리지느러미의 주축이 형성되고 기조가 수개 관찰된다.

난황 아래쪽에 익상돌기의 흔적은 약간 남아 있으나 위쪽은 완전히 축소되어졌다. 부레 원기가 관찰되며, 꼬리

**Table 1.** Time required for embryonic stages of *Rhodeus pseudosericeus* at 17±0.5°C

Stage	Time after insemination (Hr : min)	Remarks
A	-	Fertilized egg
B	1:00	Blastodisc
C	1:30	Two celled egg
D	2:00	Four celled egg
E	2:30	Eight celled egg
F	3:00	Sixteen celled egg
G	4:00	Thirty two celled egg
H	4:30	Sixty four celled egg
I	5:00	Morula
J	8:00	Blastula
K	32:00	Middle gastrula
L	43:00	Neurula
M	55:00	Embryonic stage
N	70:00	Hatching begins



**Fig. 3.** Larvae of *R. pseudosericeus* from Namhan river, Korea. A, 3 days after hatching, 5.5 mm in total length (TL). B, 5 days after hatching, 5.9 mm in TL. C, 7 days after hatching, 7.0 mm in TL. D, 10 days after hatching, 7.9 mm in TL. E, 15 days after hatching, 8.2 mm in TL. F, 20 days after hatching, 8.8 mm in TL. G, 25 days after hatching, 9.5 mm in TL. H, 30 days after hatching, 10.4 mm in TL. I, 40 days after hatching, 13.6 mm in TL. Bar indicates 1.0 mm.

지느러미의 추진력으로 가끔씩 수조위로 부상하는 경우가 많아진다. 안구는 멜라닌과 구아닌 색소로 착색되어 은갈색으로 나타나며 머리의 위와 아래에는 소형 반점이 나타나기 시작한다 (Fig. 3, E).

부화 후 20일째는 전장이 8.6~8.9 mm이다. 머리의 발달이 현저하여 위턱과 아래턱이 균형을 이룬다. 입은 완성되었으나 항문은 아직 열리지 않았다. 꼬리지느러미는 기초수가 완성되고 주축은 약간 위로 굽는다. 멜라닌 색소는 머리 부분과 난황의 윗부분까지 확장되어진다. 부레는 앞쪽이 약간 큰 두 개의 방으로 나뉘어 진다. 자어는 수면위로 부상하여 오랜 시간 동안 수영을 할 수 있으나 가끔은 바닥에 머물기도 한다. 각 지느러미의 운동이 관찰된다 (Fig. 3, F).

부화 후 25일째는 전장이 9.3~9.6 mm이다. 등지느러미와 뒷지느러미의 기초수가 완성되고 부레가 완성되어 균형을 잡고 자유롭게 수영을 할 수가 있다. 익상돌기는 완전히 축소되어 구분이 어려우나 난황의 일부는 아직 남아있다. 머리의 위에서부터 몸의 등 쪽, 난황 전체까지 소형 반점이 밀집되어 발달해 있다. 입은 열려있고 난황의 뒤로 미세한 항문관도 열려있는 걸로 보아 먹이를 먹을 수 있는 시기이다 (Fig. 3, G).

부화 후 30일째는 전장이 10.2~10.6 mm이다. 두 개로 나누어진 부레를 뚜렷이 관찰할 수 있고, 자어 스스로 자유 수영을 할 수 있는 시기이다. 꼬리지느러미 끝은 안쪽으로 점차 함몰되기 시작한다. 난황은 완전히 흡수되고 소화 기관이 발달되어 미세한 분말 사료나 소형 플랑크톤을 먹고 소화해 낼 수가 있다 (Fig. 3, H).

부화 후 40일째는 전장이 13.3~13.9 mm이다. 체장의 신장과 함께 체고가 높아지며 배지느러미를 비롯한 모든 지느러미의 기능이 완벽해 진다. 꼬리지느러미의 중앙부는 안쪽으로 깊이 패여 있다. 등지느러미 기초 수는 9~10, 뒷지느러미의 기초 수는 8~10, 가슴지느러미의 기초 수는 6개로 치어기에 이르며 떼를 지어 수조의 상하를 자유롭게 수영한다 (Fig. 3, I).

## 고 찰

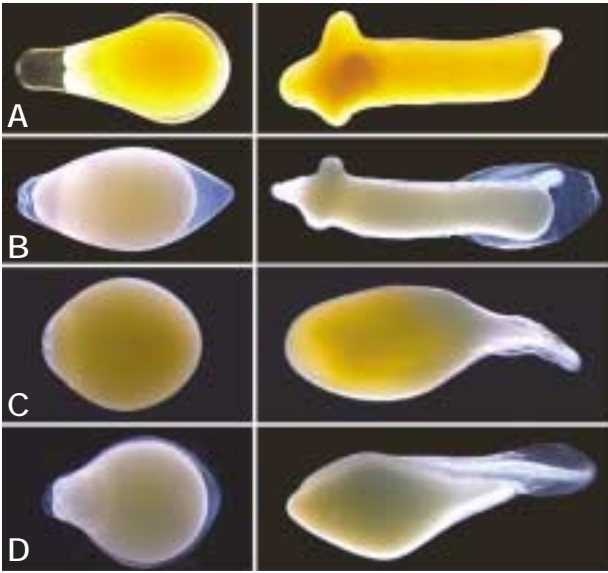
한강납줄개, *R. pseudosericeus*의 암컷이 산란할 수 있는 산란관의 길이는 체장의 38.4~45.2%로 같은 속인 흰줄납줄개 *Rhodeus ocellatus*나 각시붕어, *R. uyekii*에 비해 짧은 편이었다 (Table 2). 납자루속의 유사종인 칼납자루 *Acheilognathus koreensis*와 임실납자루 *A. somjinensis*의 경우에도 산란관의 길이가 현저히 달라 종 구분 형질이 되며 (Kim and Kim, 1991) 이는 종간의 조개 선택성과 같은 생식 전략과 관계있는 종의 특성으

**Table 2.** Comparison of ovipositor length in body length among three species of the genus *Rhodeus* by each investigator

Species	Ovipositor length/ body length (%)	Authors
<i>Rhodeus ocellatus</i>	100~150	Kim and Park (1985)
<i>R. uyekii</i>	105~165	Kim and Han (1990)
<i>R. pseudosericeus</i>	38.4~45.2	Present study

**Table 3.** Comparison of some embryological characters in Acheilognathinae fishes by each investigator

Species	Number of eggs per spawning	Egg size, mean (mm)	Hatching times after fertilization	Water temperature	Authors
<i>Rhodeus ocellatus</i>	27~34	2.68×1.30	39 hours	22±1°C	Suzuki and Jeon (1988d)
<i>R. uyekii</i>	16~21	3.35×1.50	48.5 hours	16.5~18.5°C	Kim and Han (1990)
<i>R. notatus</i> ( <i>suigensis</i> ) (Japan)	5~17 2~12	3.1×1.7 3.56×1.39	46 hours 40~46 hours	22±1°C 22±1°C	Suzuki <i>et al.</i> (1985) Suzuki and Jeon (1988c)
<i>R. pseudosericeus</i>	16~47	3.40×1.45 3.0×1.8	46 hours 70 hours	22±1°C 17±0.5°C	Suzuki and Hibiya (1984) Present study
<i>Acheilognathus signifer</i>	16~34 24~58	2.26×1.74 3.2×2.8	52~53 hours 46 hours	22±1°C 22°C	Suzuki and Jeon (1988a) Kim and Kim (1989)
<i>A. yamatsutae</i>	27~41	2.19×1.85	49 hours	20±1°C	Baek and Song (2005b)
<i>A. lanceolatus</i>	27~41	1.91×1.57	39 hours	22±1°C	Suzuki and Jeon (1987)
<i>A. rhombeus</i>	85~106	4.58×1.49	62 hours	22±1°C	Suzuki and Jeon (1990a)
<i>A. somjinensis</i>	17~21	2.58×1.77	44 hours	22±1°C	Suzuki and Jeon (1991)
<i>A. koreensis</i>	19~35	3.7×2.3	68~75 hours	22°C	Kim (1991)
<i>A. limbata</i> (Japan)	36~117	4.3×1.7	90 hours	22±1°C	Kim (1991)
<i>Acanthorhodeus gracilis</i>	36~117	2.85×1.55	62 hours	22±1°C	Suzuki and Jeon (1988b)
<i>A. asmussi</i>	304	2.09×1.26	38 hours	22±1°C	Suzuki and Jeon (1990b)
	123~229	1.95×1.61	44 hours	22±1°C	Suzuki and Jeon (1989)



**Fig. 4.** Morphology of fertilized eggs and just hatched larvae in some Acheilognathinae fishes. A, *R. ocellatus*, B, *R. uyekii*, C, *A. yamatsutae*, D, *A. limbata*

로 보여진다(백과 송, 2005a). 납자루아과 어류는 담수산 이매패에 산란하기 때문에 조개의 유무에 따라 산란관의 신장 정도가 차이가 있기도 하여(채, 2001) 본 종에 대해서도 면밀한 연구가 요구된다.

납자루아과 내의 여러 종들에 대한 발생학적인 특징들 중 어미 1마리에서 적출된 완숙란의 수, 난의 크기, 그리고 수정란이 부화에 이르기까지 경과 시간을 비교하였다(Table 3). *R. pseudosericeus*는 한 마리 당 16~47개의 알을 낳아 같은 속인 *R. uyekii*와 떡납줄갱이 *R. notatus*에 비해서 1회 산란 수가 많았다. 또한 한국산 납자루아과 내의 목납자루 *Acheilognathus signifer*, 줄납자루 *A. yamatsutae*, *A. somjinensis*와도 유사하였으나 납자루 *A. lanceolatus*, *A. koreensis*, 가시납지리 *Acanthorhodeus gracilis*, 큰납지리 *Acanthorhodeus asmussi*보다는 그 수가 훨씬 적었다. *R. pseudosericeus*는 성어의 개체 크기가 *Rhodeus*속 중에서 가장 크고 *Acheilognathus*속이나 *Acanthorhodeus*속 어류에 비해서는 조금 작아 포란 수도 이와 관련이 있을 것으로 사료된다. 그러나 수정란의 크기는 *A. lanceolatus*, *A. somjinensis*, *A. koreensis* 보다 약간 작았으나 *R. ocellatus*, *A. yamatsutae*, 납지리 *Acheilognathus rhombeus*, *A. gracilis*, *A. asmussi*보다는 커서 성어의 개체 크기와는 무관하였다.

수정 후 부화하기까지는 70시간 정도 경과하여 아과 내의 다른 종에 비해 오래 걸리는 편이었다. 수온을 21

±0.5°C로 비교적 높게 유지하였을 때도 수정 후 66시간이 지나서 부화하여 큰 차이를 보이지 않았다. 본 종은 남한강 상류의 일부 수역에서만 발견되고 있고, 비교적 수온이 높지 않은 곳에서 살며 산란이 이른 4월에 시작되는 것으로 보아 납자루아과 내의 다른 종에 비해 비교적 낮은 수온에서 산란하고 발생 속도는 다소 느린 생태적 특성이 있는 것으로 사료된다.

납자루아과 어류의 알의 형태는 전구형(*R. ocellatus*), 장타원형(*R. uyekii*, *R. notatus*), 둥근타원형(*A. yamatsutae*, *A. rhombeus*, *A. signifer*, *A. somjinensis*, *A. gracilis*, *A. asmussi*), 세장형(*A. lanceolatus*, *A. koreensis*)으로 나눌 수가 있는데 *R. pseudosericeus*는 수정 후 서양배 모양에서 세포분열이 진행되면서 전구형을 나타내며 *R. ocellatus*와 아주 유사한 모습이지만 난문부와 세포분열 부위의 간격이 훨씬 좁아 구별된다.

부화 직후의 전기 자어의 모양도 납자루아과 내의 다른 속과 다르게 *R. pseudosericeus*를 포함한 *Rhodeus*속은 익상돌기를 가지고 있는 특징이 있으며 같은 속내에서도 익상돌기의 크기나 난황의 형태 및 난황의 소멸 시기 등은 종간 차이를 보인다(Fig. 4). 그러나 본 종의 자어의 익상돌기가 두툽고 높으며, 난황이 전반적으로 동일한 폭을 보이는 등 형태는 *Rhodeus*속 중 *R. uyekii*의 형태와 유사하였다. 수컷의 혼인색도 황색 계통에 복부가 검게 착색되는 점 등은 *R. uyekii*와 유사하였으며 추후 세밀한 분석이 요구되었다.

*R. pseudosericeus*는 부화 후 25일 경에 난황이 거의 흡수되고 항문이 열리면서 먹이를 먹기 시작한다. 따라서 이 시기에 담수 조개에서 이탈하여 스스로 자유 유영하는 시기로 추정된다. 납자루 아과 어류들의 전기 자어시기에 나타나는 익상돌기와 난황의 표피상 돌기는 초기생활사와 종의 특성 및 생태적 역할을 구명하기 위한 중요한 형질이므로(Fukuhara et al., 1982; 송, 1994) 앞으로 *R. pseudosericeus*의 표피상 돌기에 대한 전자현미경적 형태 분석의 연구도 요구된다. 본 종은 한국 고유종으로 남한강의 일부 수역에서만 서식이 확인되고 있어 개체군 확산을 위한 환경 조성과 종 보존을 위한 관심이 필요하다.

## 적 요

한국 고유종인 한강납줄개, *Rhodeus pseudosericeus*의 난발생과 초기 생활사에 대해 관찰하였다. 담황색 성숙란의 난경은 2.9~3.1×1.6~1.9 mm (n=30)이었다. 수정란은 수온 17.0±0.5°C에서 수정 후 70시간 만에 부화

하였다. 부화 자어의 크기는 3.2~3.4 mm (평균 3.3 mm) 이고 부화 후 25일 경에 난황이 흡수되었으며 소화기관이 완성되어 먹이를 먹기 시작하였다. 전기자어 시기에 출현하는 익상돌기는 납줄개속의 특징을 잘 나타내 주고 있다.

## 사 사

본 연구는 국립수산물과학원 경상과제 (내수면생물자원 보존연구와 담수고유종산업화연구)로 수행되었으며 간행물 번호는 RP-2006-RE-004입니다. 연구에 도움을 준 내수면생태연구소 오광섭, 김옥금님에게 감사를 표합니다.

## 인 용 문 헌

- Arai, R. 1988. Fish systematics and cladistics. In Ichthyology Currents 1988. Uyeno, T. & Okiyama, M. eds., pp. 44~33.
- Arai, R., S.R. Jeon and T. Ueda. 1991. *Rhodeus pseudo-sericeus* sp. nov., a new bitterling from South Korea (Cyprinidae, Acheilognathinae). Ichthyological Res., 48 : 275~282.
- Banarescu, P. 1990. Zoogeography of fresh waters vol. 1: General distribution and dispersal of freshwater animals. Aula-Verlag, Wiesbaden, pp. 71~94.
- Fukuhara, S., Y. Nagata and W. Maekawa. 1982. Minute scaly tubercles on the yolksac of Rhodeine Cyprinid fishes in prelarval stages. J. Ichthyol., 29 : 232~236.
- Kim, I.S. and C.H. Kim. 1991. A new Acheilognathinae fish, *Acheilognathus somjinensis* (Pisces: Cyprinidae) from Korea. Korean J. Syst. Zool., 7 : 189~194.
- Suzuki, N., N. Akiyama and T. Hibia. 1985. Development of the bitterling *Rhodeus uyekii* (Cyprinidae), with a note on minute tubercles on the skin surface. Japan. J. Ichthyol., 32(1) : 28~34.
- Suzuki, N. and T. Hibia. 1984. Development of eggs and larvae of two bitterlings, *Rhodeus atremius* and *R. suigensis* (Cyprinidae). Japan. J. Ichthyol., 31(3) : 287-296.
- Suzuki, N. and S.R. Jeon. 1987. Development of the bitterling, *Acheilognathus yamatsutae* (Cyprinidae), with notes on minute tubercles on the skin surface and paryngeal apparatus. Kor. J. Lim., 20(4) : 229~241.
- Suzuki, N. and S.R. Jeon. 1988a. Development of the bitterling, *Acheilognathus signifer* (Cyprinidae), with note on minute tubercles on the skin surface. Kor. J. Lim. 21(3) : 165~179.
- Suzuki, N. and S.R. Jeon, 1988b. Development of the bitterling, *Acheilognathus limbata* (Cyprinidae) from Korea and Japan, with notes on minute tubercles on the skin surface and on the genetic implication in hybrid embryos. Kor. J. Lim., 21(4) : 211~229.
- Suzuki, N. and S.R. Jeon. 1988c. Development of the bitterling, *Acheilognathus suigensis* (Cyprinidae) from Korea, with note on minute tubercles on the skin surface. Kor. J. Lim., 21(4) : 231~242.
- Suzuki, N. and S.R. Jeon. 1991. Development of the bitterling, *Acanthorhodeus rhombeus* (Cyprinidae), from Korea. J. Basic Sci., Sang Myung Women's University. 5 : 53~62.
- 金容億 · 朴洋成. 1985. 흰줄납줄개의 卵發生과 孵化仔魚. 한국수산물학회지, 18(6) : 586~593.
- 金容億 · 韓景鎬. 1990. 실험실에서 사육한 한국산 각시붕어, *Rhodeus uyekii*의 초기생활사. 한국어류학회지, 2(2) : 159~168.
- 김익수 · 김치홍. 1989. 한국산 잉어과 어류 칼납자루 (*Acheilognathus limbata*)와 묵납자루 (*A. signifer*)의 초기발생과 분류에 관한 연구. 한국동물학회지, 32 : 22~33.
- 김익수 · 최 윤 · 이충렬 · 이용주 · 김병직 · 김지현. 2005. 흰색 한국어류대도감. 교학사 615 pp.
- 김치홍. 1991. 한국산 납자루속 어류의 계통분류학적 연구. 전북대학교 대학원 박사학위논문. 132pp.
- 백현민 · 송호복. 2005a. 묵납자루, *Acheilognathus signifer* (Cyprinidae; Acheilognathinae)의 폐 내 산란과 적응전략. 한국어류학회지, 17(2) : 105~111.
- 백현민 · 송호복. 2005b. 묵납자루, *Acheilognathus signifer* (Cyprinidae; Acheilognathinae)의 난 형태와 초기 생활사. 한국생태학회지, 28(5) : 281~286.
- 송호복. 1994. 줄납자루, *Acheilognathus yamatustae* Mori (잉어과)의 생태학적 연구. 강원대학교 박사학위논문. pp. 1~181.
- 채병수. 2001. 각시붕어, *Rhodeus uyekii* (Pisces: Cyprinidae)의 산란관의 신장. 한어지, 13(2) : 111~116.
- 宋鎬復 · 權伍吉. 1994. 衣岩湖에 棲息하는 줄납자루 (*Acheilognathus yamatustae* Mori)의 産卵 및 發生特性에 關한 研究. 한국육수학회지, 22(2) : 51~70.
- 鈴木伸洋 · 田祥麟. 1988d. 安城川産 흰줄납줄개의 卵發生과 仔魚의 發育 및 仔魚의 表皮上突起에 關하여. 한국육수학회지, 21(1) : 1~15.
- 鈴木伸洋 · 田祥麟. 1989. 큰납지리의 卵發生과 仔魚의 發育 및 仔魚의 表皮上突起. 한어지, 1(2) : 73~82.
- 鈴木伸洋 · 田祥麟. 1990a. 熊川川 水系産 납자루의 個體發生. 한어지, 2(1) : 77~87.
- 鈴木伸洋 · 田祥麟. 1990b. 가시납지리의 卵發生과 仔魚의 發育 및 仔魚의 表皮上突起. 한어지, 2(2) : 169~181.
- 長田芳和. 1975. 世界の タナコ類 淡水魚, 2 : 120~133.