

## 중고기 (*Sarcocheilichthys nigripinis morii*)의 산란숙주 선택 및 초기 생활사 특성

강언종\* · 양 현<sup>1</sup> · 이흥현<sup>1</sup> · 김응오 · 김치홍<sup>2</sup>

국립수산과학원 남부내수면연구소, <sup>1</sup>(주)생물다양성연구소,  
<sup>2</sup>중부내수면연구소

## Characteristics on Spawning-Host Selection and Early Life History of *Sarcocheilichthys nigripinis morii* (Pisces, Cyprinidae)

Eon-Jong Kang\*, Hyun Yang<sup>1</sup>, Heung-Heon Lee<sup>1</sup>, Eong-Oh Kim and Chi Hong Kim<sup>2</sup>

Southern Regional Inland Fisheries Research Institute, NFRDI, Korea

<sup>1</sup>Institute of Biodiversity Research, Korea

<sup>2</sup>Central Inland Fisheries Research Institute, NFRDI, Korea

**Abstract** – The spawning host selection and adaptive characteristics in life history were investigated for *Sarcocheilichthys nigripinnis morii* which has similar habit of spawning with acheilognathine fishes. The fertilized eggs of the species were found in the mantle cavity of *Corbicula papyracea* and *C. fluminea* among the bivalves collected from same locality, meaning the species specific host selection for the spawning. We considered that the differences in the status of expanding egg membrane after hydration, fewer number of eggs settled into the mantle cavity and having eleutheroembryo with developed organ would be some evidences of specific reproductive strategy for this species. But the status of developed surface blood circulation was thought to be a compensation for the parasitism. The pigmentation of melanopore delayed to late embryo and the spot on the caudal region was a characteristics of this species appeared in the early life history.

**Key words** : spawning host selection, *Sarcocheilichthys*

### 서 론

어류의 생활사는 분류와 진화 연구에 중요한 형질 (Balon 1981)로서 뿐만 아니라 자원 증강을 위한 인공증식 기술 확립의 기초 자료 (Tanaka 1973)로도 아주 중요하다. 어종별 생활사 관찰이 이루어지고 있다. 한편 산란생태는 진화 역사에 따른 생물 생식전략의 소산으로

산란습성과 난·자치어의 발생 과정 중 출현하는 적응 상태에 따라 다양한 생식형 (reproductive guild)으로 구분되고 있다 (Balon 1985).

중고기 (*Sarcocheilichthys nigripinis morii*)는 우리나라 서남해로 흐르는 모든 하천에 흔하게 출현하는 잉어과의 소형 담수어 (김 1984; 김 등 2005)로 혼인색이 아름답고 특히 납자루아과의 어류들과 마찬가지로 담수산 이매패의 체내에 산란하는 습성을 갖는다 (内田 1939; Balon 1984). 한편 어류의 초기생활사에서 배와 자어는 종 특유의 생식전략에 따라 적응형질을 보이므로 (Balon 1975)

\* Corresponding author: Eon-Jong Kang, Tel. 055-540-2721, Fax. 055-546-6292, E-mail. ejkang@nfrdi.re.kr

**Table 1.** Host mussels and number of eggs of *S. nigripinnis morii* spawned into the mantle cavity

Species of mussel	Bulgap Stream			Jiseok Stream		
	Collected number	Parasited number	Rate (%)	Collected number	Parasited number	Rate (%)
Family Corbiculidae						
<i>Corbicula papyracea</i>	311	84	27.0	123	67	64.3
<i>C. fluminea</i>	—	—	—	42	27	54.5
Family Unionidae						
<i>Unio douglasiae</i>	27	0	0	88	0	0
<i>U. douglasiae sinuolatus</i>	—	—	—	25	0	0
<i>Anodonta arcaeformis</i>	40	0	0	—	—	—
<i>A. woodiana</i>	11	0	0	—	—	—
<i>Lanceolaria grayana</i>	3	0	0	5	0	0

종의 생물학적 연구 주제로서 뿐만 아니라 분류학적 형질로도 중요하게 이용되어왔으나 국내에서의 이에 대한 연구는 미약한 실정이다.

어류의 초기 생활사는 친어에 의해 선택되는 산란장소의 특이성, 호흡 및 포식자로부터의 방어를 위한 배와 자어의 적응상태 등 분류학이나 진화 연구에 중요한 형질 조합을 보여주며, 이를 이용한 산란형 구분이 가능하다 (Balon 1975, 1984, 1985). 특히 담수어류 중 납자루아과 어류는 모두 담수산 이매패의 체내에 알을 위탁하는 산란형 (ostracophil)으로 (Makeyeva 1975; Fukuhara *et al.*, 1981; Suzuki and Hibiya 1983; Suzuki *et al.*, 1985) 이로부터 유래한 적응형질들은 속 및 아과 수준의 자손공유형질로 취급될 수 있을 정도이다. 한편 중고기속의 어류들은 中村 (1969)에 의해 일본산 *S. variegatus*에 대한 개괄적인 생활사가 보고되었고 담수산 이매패에 산란하는 것으로 알려져 있으나 산란형 구분에 중요한 초기 생활사에서 배와 자어에 나타나는 적응 형질에 대해서는 정밀한 보고가 이루어지지 않은 실정이어서 납자루아과와 같은 산란형으로 구분될 수 있을지 의문시되고 있다 (Balon 1975)

본 연구는 우리나라에 서식하는 담수어 중 특이하게 담수산 이매패의 체내에 산란하는 납자루아과와 중고기속 어류의 산란 생태 차이점을 구명하고, 추후 계통 분류와 자원 보존을 위한 증식기술 개발의 기초 자료로 삼기 위해 그간 중고기에 대해 초기 생활사, 산란숙주 특이성과 번식 전략 등 간헐적으로 관찰하고 수집된 자료를 종합하여 정리하였다.

## 재료 및 방법

초기생활사 조사 실험에 사용한 표본은 전북 완주군 용진면 (소양천)과 전남 영광군 불갑면 (불갑천), 전남 화순군 춘양면 (지석천)에서 투망 (망목 10×10 mm)과 유

인어망 (망목 2×2 mm) 등을 이용하여 채집하였으며, 산란숙주 특이성을 조사하기 위한 패류 채집은 족대 (망목 2×2 mm)로 하상을 긁어 수집한 후 현장에서 10% 포르마린 용액으로 고정하였다.

초기생활사는 일상적인 건도법에 의해 인공수정시킨 후 실체현미경 (니콘 SMZ-U)으로 관찰하였으며, 수정난은 실내 수온인 15~21°C 조건에서 페트리 디쉬 (직경 12 cm)에 수용하였고, 1일 배양수의 1/3을 환수하면서 배양하였으며, 배에 대한 시기의 구분과 용어는 Balon (1985)에 따랐다. 부화한 자어는 난황이 흡수될 때까지 먹이를 공급하지 않고 사육하면서 자어의 특징이 될 수 있는 혈관의 분포와 형태변화 등을 관찰하였다. 혈관의 구조는 benzidine으로 염색하여 과산화수소로 탈색한 후 관찰하였다 (Balon 1985).

산란 숙주용 패류 조사는 채집·고정하여 실험실로 운반한 표본을 민 등 (2004)에 따라 중 수준까지 동정하고 분류한 후 각장을 측정하였고, 해부하여 중고기 수정난의 수와 조개 체내에서 산란된 위치를 기록하였다.

## 결 과

### 1. 중고기의 산란 생태

조사기간 중 채집된 산란 참여군으로 추정되는 암컷은 59.8~73.6 mm (평균 67.5)로, 포란수는 14~29 (평균 20.6)개이었지만 성숙이 다른 여러 단계의 미숙란이 함께 관찰되었다. 한편 불갑천과 지석천에서 채집된 담수산 이매패는 모두 7종으로 중고기는 이중 엽은채첩 (*Corbicula papyracea*)과 채첩 (*C. fluminea*)의 2종에만 산란하는 것으로 나타났다 (Table 1).

1개체 당 산란된 중고기의 수정난 수는 불갑천의 경우 엽은채첩에 1~5 (평균 1.6개), 지석천의 경우 채첩류에 1~6 (평균 2.5)개로 약간의 차이가 나타났다. 산란이 이루어진 숙주 조개의 각장 범위는 불갑천의 경우 14.7

~27.9 mm (평균 20.7), 지석천의 경우 9.9~26.9 mm (평균 18.7)이었다.

숙주 조개 1 개체당 산란된 수정란 수의 분포는 1개 산란된 경우가 61.9%로 가장 많았고, 2개 산란된 것이 23.8%, 3개 산란된 것이 18.1%로 점차 낮아졌다. 그러나 관찰된 수정란의 진행중인 발생 단계로 보면 1, 2개 산란된 것은 동일한 단계이나 4개 이상 산란된 난은 2단계 이상의 발생단계에 있었다.

각장 범위별 산란된 중고기의 수정란은 불갑천의 경우 채집 크기에 관계없이 1, 2개이었으나 지석천에서는 12 mm 이하에서는 1, 2개가, 14 mm 이상에서는 각장이 증가함에 따라 3개 이상이 관찰되었다(Fig. 1).

2. 초기 생활사

중고기의 수정란은 수정 직후 난황이 아주 연한 노란색으로 타원형이며, 점착성이 약한 분리침성난이었다. 난

막은 반투명하고 두꺼우며, 수정 직후 난경은 2.1×2.5~2.4×2.9 mm (평균 2.3×2.6, n=12) 이지만 수정 1시간 후에는 난막이 크게 팽창하여 난경 3.9~4.0 mm (평균 3.9), 난황경 2.0~2.3 mm (평균 2.2)의 구형으로 변한다(Fig. 4A, B).

수정란은 수정 1시간 50분 후 난막과 난황의 분리가 완료되었고, 난황강(ps) 및 배반(bd)이 관찰되었다. 수정 2시간 50분 후에는 제1난황이 관찰되었고, 3시간 20분 후에는 제1난황면과 수직으로 제2난황이, 그리고 이후 약 30분 간격으로 난황이 계속되었다(Fig. 4C, D).

Epiboly는 수정 1일 4시간 후 관찰되었으며, 난황된 세포괴의 기부가 확대되면서 난황 표면을 덮어가기 시작하면서 배환으로 관찰되었다. 이러한 활동은 약 8시간 동안 진행되어 수정 1일 12시간 후에는 epiboly가 완성되었다(Fig. 4E).

이후 배체의 형성이 관찰되었으며 수정 1일 12시간 이후 미부와 두부의 구분이 가능하였고, 배체의 중앙부

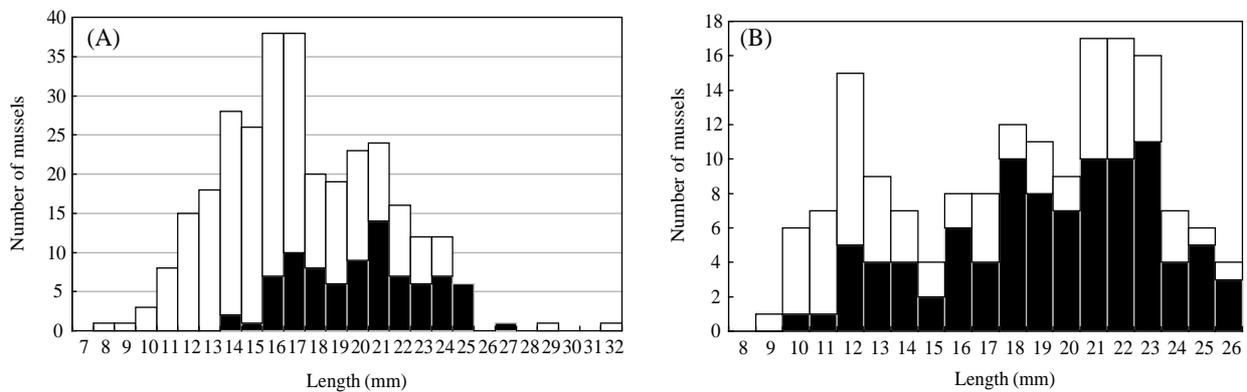


Fig. 1. Frequency distribution of shell length of the mussel, *Corbicula* (□) and the one which possesses the eggs of *Sarcocheilichthys nigripinnis morii* (■) at Bulgap stream (A) and Jiseok stream (B).

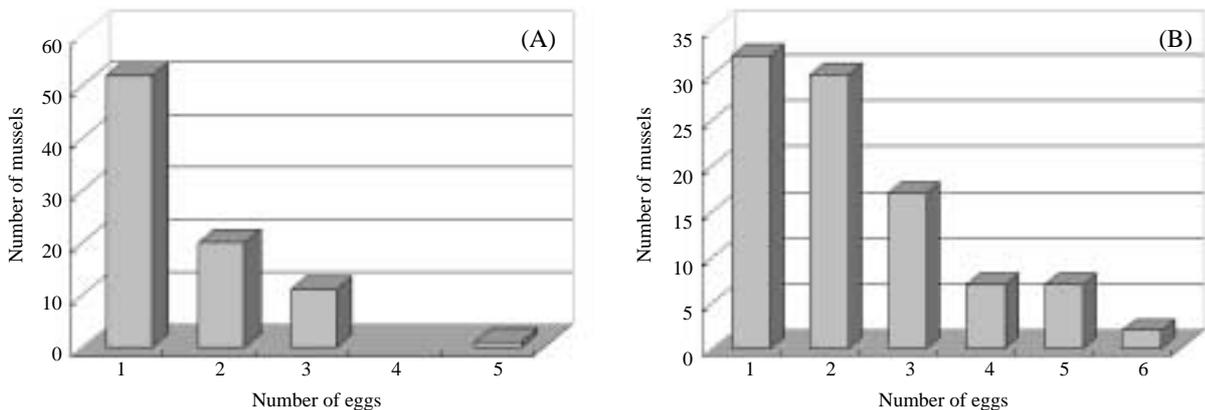
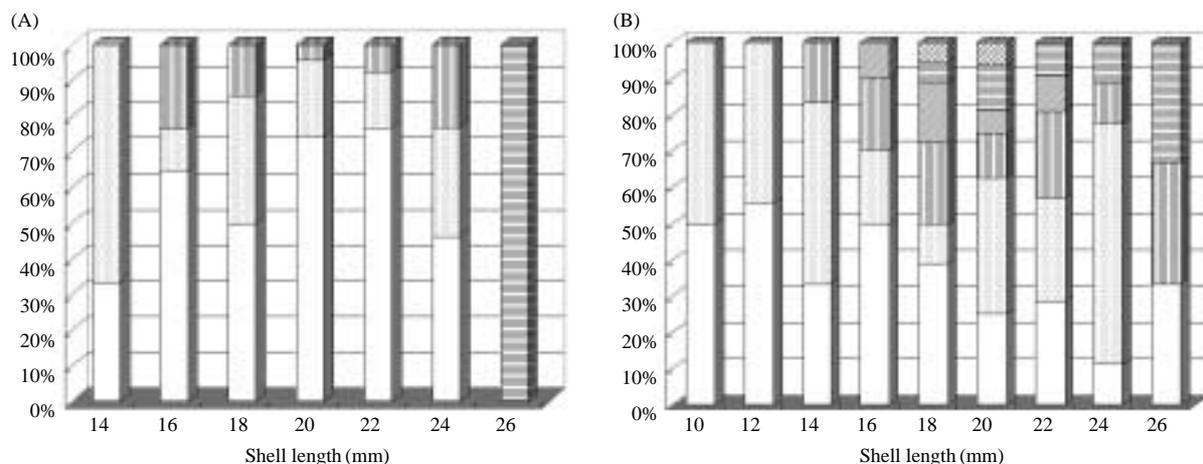
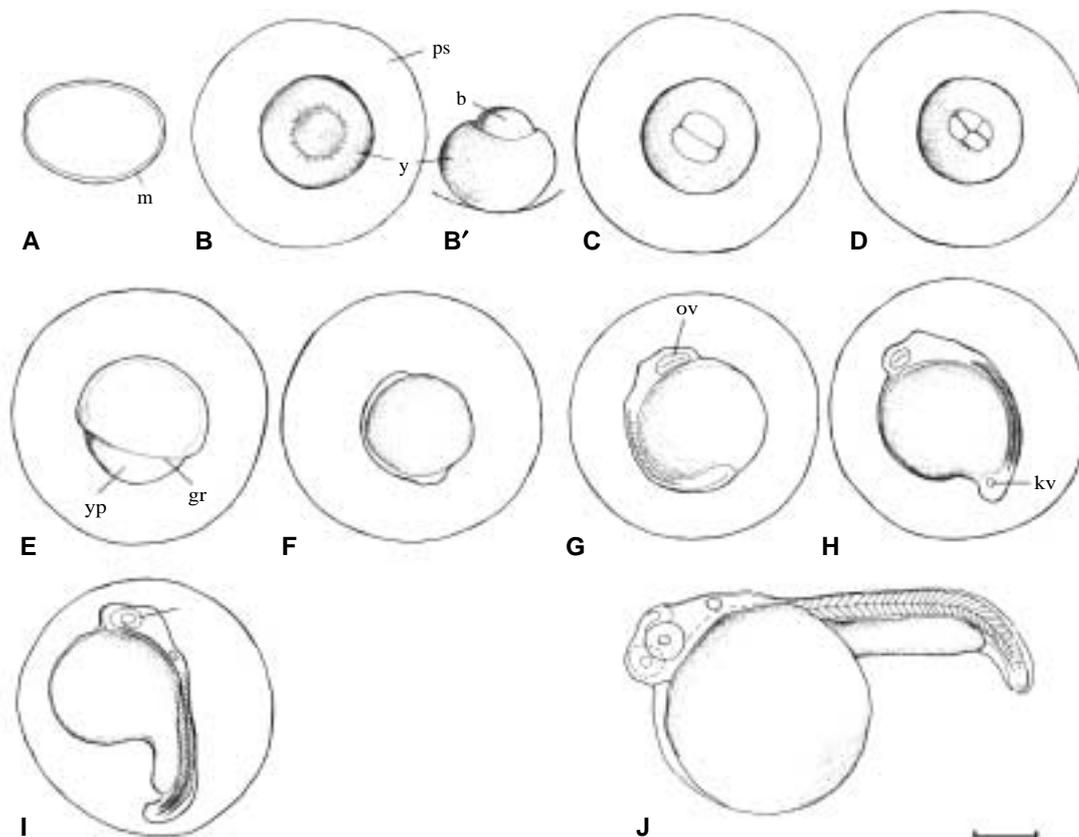


Fig. 2. Frequency distribution of the eggs of *Sarcocheilichthys nigripinnis morii* in the host mussels, *Corbicula*. A: Bulgap stream, B: Jiseok stream.



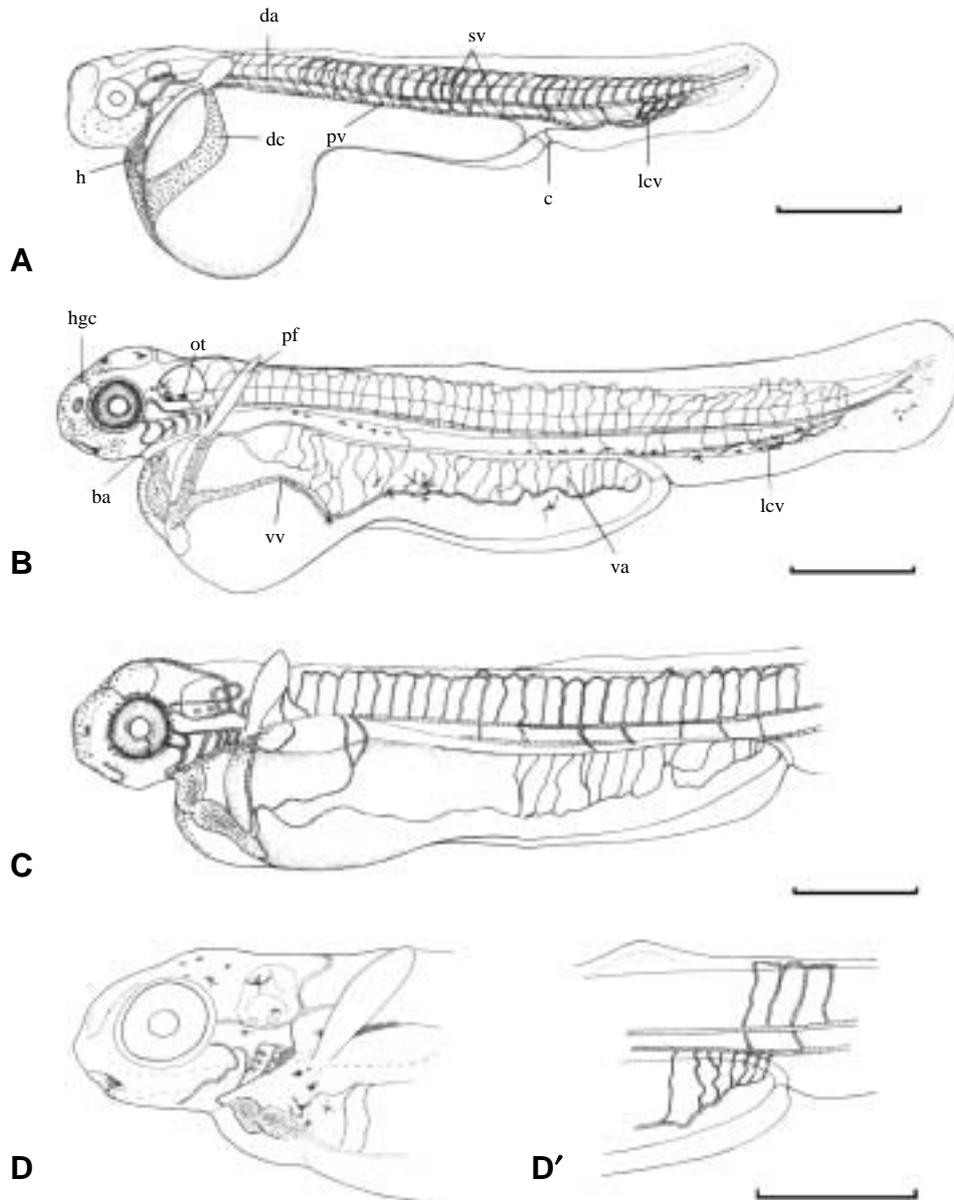
**Fig. 3.** Relationship between shell length of *Corbicula* and rate of parasitized eggs number of *Sarcocheilichthys nigripinnis morii*. A: Bulgap stream, B: Jiseok stream. □: 1, ▨: 2, ▩: 3, ▧: 4, ▦: 5, ▀: 6.



**Fig. 4.** Early developmental stage of *Sarcocheilichthys nigripinnis morii*. A: fertilized egg before hydration, B: formation of perivitelline space and blastodisc stage, 1 hr 50 min, B': part of the egg, lateral view, C-D: cleavage stage, 2 hrs 50 min (C) and 3 hrs 20 min (D), E: mid-epiboly stage at 1 day 4hr, F-J: embryonic stage at age 1 day 10 hrs (F), 1 day 12 hrs (G), 2 days (H), 2 days 7 hrs (I), and 2 days 13 hrs (J). J is excised from egg membrane. b: blastodisc, gr: germ ring, Kv: Kupfer's vesicle, m: egg membrane, oc: optic cup, ov: optic vesicle, ps: perivitelline space, y: yolk, yp: yolk plug. Scale bar indicates 1 mm.

에 약 17개의 근절이 관찰되었다. 한편 두부 용기에서는 안포도 관찰되었다(Fig. 4F, G). Kuffer씨 낭(Kv)은 수정

2일 후 미부와 난막의 사이에서 관찰되었으며, 난황의 형태변화가 완성되기 전까지 유지되었다. 이때 체절은



**Fig. 5.** Late embryonic stage of *Sarcocheilichthys nigripinnis morii*. A: early blood circulation at age 4 days 22 hrs, B: eleutheroembryo at age 8 days 5 hrs, C: preanal blood circulation of eleutheroembryo at age 9 days 12 hrs, D-D': reduced blood circulation in head (D) and anal part (D'). All are excised from egg membrane and scale bars indicate 1 mm. ba: branchial artery, c: cloaca, da: dorsal aorta, dc: duct of Cuvier, h: heart; hgc: hatching gland cell, lcv: lower caudal vein, ot: otolith, pf: pectoral fin, pv: posterior vein, sv: segmental vessel, va: vitelline artery, and vv: vitelline vein.

약 22개이며, 미부쪽의 난황이 세장되기 시작한다(Fig. 4H).

수정체는 수정 2일 7시간 후부터 관찰되었고 난황은 미부 세장형과 두부의 구형으로 완전히 구분되어 올챙이형을 하였다. 이때 근절은 약 37개로 증가하였으며, 근절 운동이 관찰되고, 안포의 뒤쪽으로 이포가 관찰되었다(Fig. 4I). 위심강은 수정 2일 13시간 경 난황 선단의 두부와 사이에 형성되었으나 아직 혈액 순환은 이루어

지지 않았다(Fig. 4J). 이포는 수정 4일 22시간 후 관찰되었고, 이때 근절의 수는 27+15(42)개이었고, 가슴지느러미 원기, 등과 꼬리에 막지느러미도 형성되었고, 심박은 90회/분 정도이며, 혈류는 가슴지느러미 밑을 지나 난황의 앞부분 표면을 통과하는 한 쌍의 Cuvier ducts (dc), 두부를 지나는 혈관, 심장에서 출발하여 척색의 하부를 따라 척색 끝까지 뻗는 등지느러미동맥(da), 이 혈관의 끝에서 연결되어 꼬리의 막지느러미 하부를 따라

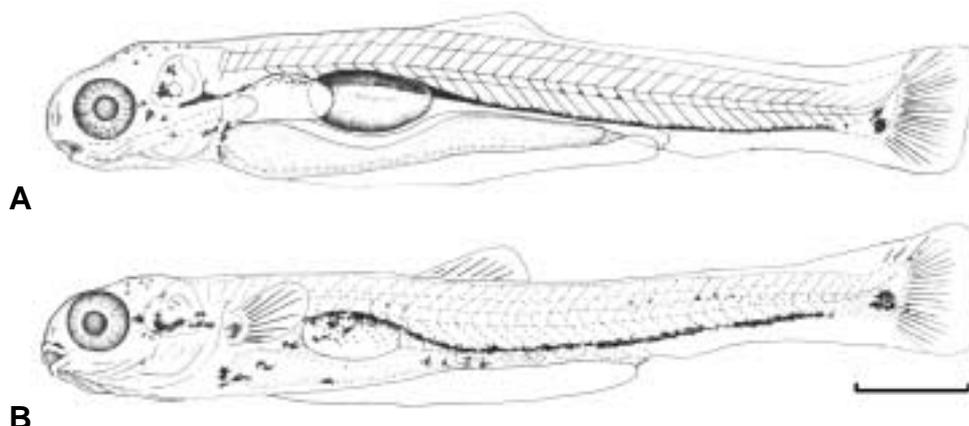


Fig. 6. Hatched larvae of *Sarcocheilichthys nigripinnis morii*. A: 3 days after hatching, B: 10 days after hatching. Scale bar indicates 1 mm.

분포하는 꼬리하부동맥 (lcv), 등지느러미동맥으로부터 각 체절을 따라 순환하는 체절정맥 (sv) 등을 통해 흐른다 (Fig. 5A).

수정 8일 후에는 배가 자어의 형태를 갖추지만 부화 전인 eleutheroembryo 단계로 홍채는 흑색소포로 침착되기 시작하고, 후각판 (olfactory placode)이 관찰되며, 가슴지느러미를 이용하여 활발하게 운동한다. 또한 두부의 앞부분, 눈 주위 및 난황 앞부분에 작은 돌기물들이 밀생한다 (Fig. 5B). 한편 혈관계는 더욱 발달하여 구강의 측면에 5쌍의 아가미동맥 (ba)이 관찰되며, 이는 이포의 안쪽을 통과하는 동맥에 연결되어 등지느러미동맥으로 흐른다. 체절동맥 및 체절정맥은 막지느러미까지 확장되었으며, 등지느러미동맥은 척색의 끝에서 2갈래로 분지되어 꼬리하부동맥으로 연결된다. 꼬리하부정맥에서 연결되는 미병후부동맥 (pv)은 배체와 난황의 사이를 통과하여 Cuvire duct에 연결되어 심장으로 흐르고 난황동맥들은 난황 표면에 넓게 발달되었고 이는 난황 하부를 횡으로 지나는 난황정맥으로 모여 심장으로 흐른다 (Fig. 5B).

흑색소포는 홍채를 비롯하여 전뇌의 윗부분, 이포의 앞부분, 가슴지느러미의 기부, 난황의 아랫면, 배체와 난황의 경계부, 미부의 배체와 막지느러미 사이 그리고 척색 끝의 하부에 수지상으로 나타난다. 입은 개구되었으나 아직 턱의 움직임은 관찰되지 않았다.

수정 9일 12시간 후에는 전장 8.1 mm에 달하며, 두부와 난황 앞부분에 분포하던 미세돌기물이 이포와 가슴지느러미 뒷부분까지 널리 확장되었고, 심장의 박동도 약 125회/분으로 크게 증가하였다 (Fig. 5C). 부화 직전인 수정 10일 12시간 후에는 전장 9.6 mm에 달하였고, 입이 움직이며, 새사에도 혈류가 관찰되었다. 한편 심장의 박동은 135회/분으로 더욱 증가하였고, 장의 연동운동이

관찰되며, 등지느러미 원기가 나타났으며 (Fig. 5D) 부화가 시작되었다.

난황은 부화 3일 후 전장 10.0 mm일 때 거의 흡수되어 장의 아랫부분에 흔적만 남으며, 부레는 전실과 후실이 구분되지만 공기는 후실에서만 관찰되었다. 기조는 아직 발달하지 않았지만 자어는 몸을 세우고 유영한다. 배 시기에 이용되었던 호흡기관인 모세혈관들은 퇴화되어 혈류가 보이지 않으며, 흑색소포는 특히 미촉골이 끝나는 부위의 하부에 밀집되어 반점으로 나타났다 (Fig. 6A).

부화 10일 후에는 일부 기조가 완성되어 가슴지느러미에 8개, 등지느러미에 6개, 꼬리지느러미에 20개가 관찰되었지만 뒷지느러미와 배지느러미에는 아직 나타나지 않았고, 부레의 전실에서도 공기가 발견되어 유영이 자연스럽게 이루어지며, 흑색소포는 밀집되어 반점 형태로 나타난다 (Fig. 6B).

## 고 찰

어류의 산란형 중에는 다른 생물체내에 산란함으로써 수정난과 배의 보호가 이루어지는 ostracophil형이 알려진 바 있다 (Balon 1975, 1984, 1985). 이 산란형을 취하는 어류의 배와 자어는 특이한 적응상태가 관찰되는데, 남자루아과 어류의 경우 난의 형태가 세장형이며, 난황 용기가 발달하고 (Makeyeva 1975), 자어 체표면에 비늘 돌기와 모세혈관이 발달하는 특징을 보인다 (Makeyeva, 1975; Balon 1975, 1985; Fukuhara *et al.*, 1981; Suzuki *et al.*, 1985). 이러한 남자루아과 어류는 색택이 아름답고 분포지역이 유럽지역까지 다소 넓어 숙주선택성 및 적응 상태 등 생식전략에 대한 조사와 고찰이 많은 편이다 (Smith *et al.* 2000; Mills *et al.* 2005; Liu 2006). 한편 남

자루아과 어류들과 유사한 산란습성을 보이는 중고기숙 어류의 산란형에 대해서는 배 및 자어의 적응 형질이 자세히 알려지지 않아 학자에 따라 pelagophil 혹은 ostracophil형으로 구분된 바 있다(Balon 1975).

본 조사 결과 중고기는 납자루아과 어류의 초기생활사에서 나타나는 특징과 다음과 같은 점에서 다르게 나타났다. 산란숙주 조개에 있어서 중고기는 동일 수역에서 서식하는 담수산 이매패 중 납자루아과 어류가 이용하지 않는 엷은재첩 혹은 재첩을 이용하고 있어 중고기의 재첩류와 기타 패류의 구분에 관한 기작 또는 상호진화 등이 연구되어야 할 과제로 나타났다. 또한 이매패 내 산란하는 부위는 납자루아과 어류가 이매패의 외새를 이용하지만 중고기는 외투강 내에만 산란하는 차이점을 보여 적응 단계 혹은 상태가 다른 것으로 나타났다. 이러한 산란숙주와 산란 장소의 차이는 난의 형태와 수적 차이로도 나타나 중고기의 수정난은 크기가 큰 구형이고 산란 기생하는 수정난의 수가 1~6개이어서 납자루아과 어류의 세장형이고 산란 기생하는 난의 수가 훨씬 많은 점과 비교되었다.

한편 성숙한 중고기의 생식소에는 성숙단계가 각기 다른 몇 단계의 난으로 구성되어 있으며, 성숙한 난 수 대비 숙주조개에 산란된 양이 적은 점 등으로 보아 수회에 걸쳐 산란을 되풀이하는 것으로 사료되었다. 그러나 이는 숙주 조개의 체내에 산란된 알의 유무가 감지되어야 하므로 조개 개체 선택성에 대한 추후 연구가 필요한 것으로 생각되었다. 아울러 난이 길고 작은 납자루아과 어류의 경우 과다 기생을 피하기 위한 전략 등이 고찰된 바 있어 이에 대한 연구도 필요할 것으로 생각된다(Smith *et al.* 2000).

중고기의 수정난은 난막이 두텁고 탄력이 커 쉽사리 파괴되지 않으며 이는 조개의 부족운동에 의한 물리적 자극에 견딜 수 있도록 적응된 결과인 것으로 사료된다. 한편 수정 후 2배 정도로 크기가 팽창되는 점은 납자루아과 어류의 난황돌기 혹은 인상돌기물과 상동의 기능으로 조개의 출수공을 통한 강제 배출에 적응한 전략인 것으로 사료되었다. 이러한 전략에서 산란 양은 조개의 외투강 공간이 좁기 때문에 1~3개로 적을 수밖에 없는 것으로 사료되었다.

배와 자어의 수준에 있어서 납자루아과 어류는 기관형성이 완성되지 않은 상태에서 부화하여 난황용기 및 표면 돌기에 의해 패류의 새장 내에 고착된 상태로 토출을 막는 것으로 알려진 반면(김과 박 1985; 鈴木과 田 1988), 중고기는 이와 같은 적응 상태가 나타나지 않고 일반적인 어류의 자어 형태를 보이지만 난황이 크고 운동성이 완전히 발달된 후 부화하는 점은 일반적인 모래

무지아과 어류의 자어와는 차별성을 보였다. 또한 납자루아과 어류의 자어는 발육이 불완전한 상태로 음성 주광성을 보이지만 중고기의 자어는 발달된 막지느러미와 부레를 이용하여 수표면으로 떠오르는 현상이 관찰되어 차이점을 보였다.

이와 같은 납자루아과 어류의 생활사 특징과 다른 점은 중고기가 전형적인 ostracophil 산란형의 적응형질을 보이지 않고 있으며, 중고기의 경우 납자루아과와 유연 관계가 다소 먼 분류군이므로 기원이 다른 수렴진화의 예로 재조명되어야 함을 시사하고 있다.

한편 의암호에서 조사 결과에 따르면 *Anodonta douglasiae*에서 중고기로 생각되는 자어가 관찰된 보고(권 1982)가 있어 이 종의 산란 특징에 변이가 있을 것으로 사료되므로 지역간 차이 및 속내 종간 차이에 대해서도 추후 연구가 있어야 할 것으로 사료된다.

## 적 요

납자루아과의 어류들과 산란습성이 유사한 중고기 *Sarcocheilichthys nigripinis morii*의 산란생숙주 선택성과 초기 생활사에서 나타나는 배와 자어의 적응 형질을 조사하였다. 중고기의 수정난은 조사수역에 동소적으로 서식하는 담수산 이매패들 중에서도 엷은재첩과 재첩의 체내에서만 관찰되어 숙주 특이성을 보였다. 산란되는 부위는 이매패의 외투강으로 수정난의 난막이 2배 정도로 크게 팽창하며, 부화 전 기관 형성이 완성되어 운동이 자유로운 eleutheroembyo 상태로 발달하는 점 등은 납자루아과와 차이를 보이는 생식전략으로 사료되었다. 그러나 자어기 난황 표면의 호흡 혈관이 크게 발달하는 점은 체내 기생에 따른 보상 형질로 판단되었다. 흑색세포의 발달은 느린 편으로 하미축굴 부위에 발생하는 흑색반점은 본 종의 자어를 구분하는 특징이 될 것으로 사료되었다.

## 사 사

본 연구의 일부는 국립수산과학원 시험연구사업(RP-2007-AQ-070)의 지원에 의해 작성되었습니다.

## 참 고 문 헌

권오길, 최준길. 1982. 의암호의 패류에 관한 연구(2). 의암

- 호의 패류상과 어류의 패류 내 산란에 관한 연구. 육수지. 15:39-50.
- 김용억, 박양성. 1985. 흰줄납줄개의 난발생과 부화자어. 한국수산학회지 18(6):586-593.
- 김익수. 1984. 한국산 모래무지아과(Cyprinidae) 어류의 계통분류학적 연구. 한국수산학회지, 17(5):436-448.
- 김익수, 최 윤, 이충렬, 이용주, 김병직, 김지현. 2005. 원색 한국어류대도감. 교학사. 서울.
- 민덕기, 이준상, 고동범, 배종길. 2004. 한국패류도감. 도서출판 한글, 서울.
- 中村守純. 1969. 日本のコイ科魚類(日本産コイ科魚類の生活史に關する研究). 資源科學シリーズ4. 東京.
- 鈴木伸洋, 田祥麟. 1988. 安城川産 흰줄납줄개의 卵發生과 仔漁의 發育 및 仔漁의 表皮上 突起에 關하여. 육수지. 21(1):1-15.
- 内田惠太郎. 1939. 朝鮮魚類誌, 第1卷, 絲鰓類. 朝鮮總督府水産試驗場報告書.
- Balon EK. 1975. Reproductive guilds of fishes: A proposal and definition. J. Fish. Res. Board of Canada, 32(6):821-864.
- Balon EK. 1981. Saltatory processes and altricial to precocial forms in the ontogeny of fishes. Amer. Zool. 21:573-596.
- Balon EK. 1984. Patterns in the evolution of reproductive styles in fishes. pp. 35-63. In Fish reproduction: Strategies and tactics (Potts GW and RJ Wootton eds.), Academic Press.
- Balon EK. 1985. Early life histories of fishes: New developmental, ecological and evolutionary perspectives. pp. 13-33. In Early life histories of fishes. dr. W. junk publisher.
- Fukuhara S, Y Nagata and W Maekawa. 1982. Minute scaly tubercles on the yolksac of rhodeine cyprinid fishes in pro-larval stages. Japan. J. Ichthyol. 29(2):232-236.
- Liu HZ, YR Zhu, C Smith and M Reichard. 2006. Evidence of host specificity and congruence between phylogenies of bitterling and freshwater mussels. Zoological Studies 45(3): 428-434.
- Makeyeva AP. 1975. Characteristics of the early development stages of a bitterling *Rhodeus ocellatus*, new to the ichthyofauna of the USSR. J. Ichthyol. 16(5):756-767.
- Mills SC, MI Taylor and JD Reynolds. 2005. Benefits and costs to mussels from ejecting bitterling embryos: a test of the evolutionary equilibrium hypothesis. Animal Behavior 70: 31-37.
- Smith C, JD Reynolds, WJ Sutherland and P Jurajda. 2000. Adaptive host choice and avoidance of superparasitism in the spawning decisions of bitterling (*Rhodeus sericeus*). Behav. Ecol. Sociobiol. 48:29-35.
- Suzuki N and T Hibiya, 1984. Development of eggs and larvae of two bitterlings, *Rhodeus atremius* and *R. suigensis* (Cyprinidae). Japan. J. Ichthyol. 31(3):287-296.
- Suzuki N, N Akiyama and T Hibiya. 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.
- Tanaka S. 1973. Significance of egg and larval surveys in the studies of population dynamics of fish. pp. 151-157. In The early life history of fish (Blaxter JHS ed), Springer-Verlag.

Manuscript Received: November 1, 2007

Revision Accepted: November 13, 2007

Responsible Editor: Kwang-Guk An