

실내 수조에서의 사백어 *Leucopsarion petersii* (Pisces: Gobiidae) 산란행동 및 배와 자치어 형태

명정구* · 오승용 · 최희정 · 박용주 · 김민석 · 이영욱

한국해양과학기술원 해양생물자원연구단

Spawning Behavior and Embryonic Development, Larvae of the Ice Goby, *Leucopsarion petersii* Reared in Aquarium by Jung-Goo Myoung*, Sung-Yong Oh, Hi Jeong Choi, Yong-Joo Park, Min Seok Kim and Yong Uk Lee (Marine Bio-Resources Research Unit, Korea Institute of Ocean Science & Technology, 385, Haeyang-ro, Yeongdo-gu, Busan 49111, Republic of Korea)

ABSTRACT On April, 2016, the anadromous icy goby caught at Shinbong-cheon, Tongyeong shi, Gyeongsangnam-do transported to the laboratory of Korea Institute of Ocean Science and Technology (KIOST) and observed spawning behavior and egg development and larvae. In aquarium, males make the nest under stone and waiting female entering. Fertilized eggs attached under the stone in the nest. Male protected the fertilized eggs until hatching. The size of the club-shaped eggs were 3.2~3.4 mm in the major axis and 0.6~0.8 mm in minor axis (n=10). The eyed eggs were hatched after 168 hrs in a range of water temperatures (18.0~20.0°C). The total lengths of newly hatched larvae were 4.1~4.4 mm (n=5) and these larvae had 32~33 (12~13+20) myotomes and transparent oval yolk. Three days after hatching, the pre-larva (4.9 mm in total length) has opening mouth and rectum. Post-larva with 5.2 mm total length have melanophore on air bladder, rectum, base of membranous caudal fin and 9~10 melanophores ventral row on the tail.

Key words: *Leucopsarion petersii*, Gobiidae, spawning behavior, embryonic development, hatched larvae

서 론

사백어 *Leucopsarion petersii*는 우리나라 남해안, 일본 홋카이도 남부에서 큐우슈우남부까지, 중국 연안에 서식하는 전장 5 cm 전후의 망둑어과(Gobiidae), 사백어속(Genus *Leucopsarion*)에 속하며 봄철 산란기가 되면 하천으로 소상하여 알을 낳는 종이다(Chyung, 1977; Matsui, 1986). 우리나라 남해 동부권의 사백어는 부산시 일광천, 경남 통영시, 거제시 하천에서 산란을 위하여 소상하는 것이 확인되었으며, 경상남도 거제도의 산양천, 명사천 등에서는 봄철 사백어 산란기에 하천에서 상업적으로 채집하여 판매하고 있다.

검정망둑(Hwang *et al.*, 2006), 큰미끈망둑(Yun *et al.*, 2008),

모치망둑(Kim and Han, 1991), 날개망둑(Jin *et al.*, 2003) 등 망둑어과의 종들은 얇은 기수역, 연안, 조수 웅덩이 속의 돌 아래에 곤봉형 알을 낳아 붙이고 수컷이 부화할 때까지 지키며 문절망둑(Dotu and Mito, 1955), 풀망둑(Takita, 1975), 남방짱뚱어(Kim *et al.*, 2011) 등은 썩 바닥의 관형 집 속에 알을 놓고 수컷이 지킨다.

사백어는 봄철에 하천으로 소상하여 산란하는 소하성 어종으로 산란생태 연구는 일본 큐우슈우 지방에서의 생태와 증식(Matsui, 1986), 배 발생(Arakawa *et al.*, 1999)에 관한 연구가 있으며 우리나라 연안에서는 1940년에 일본인에 의한 산란생태 보고(Matsui, 1986 인용)가 있는 후 상세한 산란생태 연구는 없었다.

이 보고는 우리나라 하천으로 소상하는 사백어 산란생태를 밝히기 위하여 2016년 4월 통영시 신봉천에서 채집한 성숙한 어미를 실내 수조에 넣고 산란 행동과 수정란 발생 과정, 부화자의 형태에 대하여 관찰한 결과이다.

저자 직위: 명정구(자문위원), 오승용(책임연구원), 최희정(책임기술원), 박용주(책임기술원), 김민석(책임기술원), 이영욱(기능원)

*Corresponding author: Jung-Goo Myoung Tel: 82-51-664-3306, Fax: 82-51-955-3981, E-mail: jgmyoung@kiost.ac.kr

재료 및 방법

2016년 4월, 경상남도 통영시 산양면의 신봉천(Fig. 1)에서 산란을 위하여 소상하는 사백어를 소형 뜰채로 채포하여 경기도 안산시 한국해양과학기술원 실내 수조실의 실험 수조로 운반 수용하였다. 산소와 함께 비닐 봉투에 넣어서 운반한 어미들 중 일부는 산란 실험용 수조에 수용하고 일부는 포르말린 5%로 고정된 후 성숙한 암, 수컷의 형태를 조사하였다.

실험 수조는 담수를 채운 직사각형 유리 수조(가로 60 cm × 세로 30 cm × 높이 30 cm)로 바닥에 잔자갈을 깔고 그 위에 4개의 크고 작은 납작한 타원형 돌(장지름 8~16 cm, 단지름 7~12 cm, 높이 4~6 cm)을 놓은 저면 여과식 수조였으며(Fig. 2), 사백어 암컷과 수컷 40마리를 수용하였다. 실내 수조에는 별도의 조명을 주지 않았으며 공기공급기를 통해 공기방울을 공급

해 주었다. 하루 세 번씩 수온과 용존산소를 측정하였으며 실험기간 동안 수조 내 일일 평균수온은 18~20°C, 용존산소는 5.5~7.8 ppm 범위였다. 사백어의 산란생태 관찰은 육안 관찰과 사진 촬영을 병행하였다.

산란은 어미들이 돌 아래로 들어가 입구를 막은 후부터 산란을 했을 것으로 추정하고 주기적으로 돌을 들어 수정란 난괴의 유무를 확인하였다. 난괴가 확인된 날에 난괴로부터 수정란을 떼어서 1리터 유리 비이커에 수용한 뒤 입체현미경으로 난의 발생 과정을 관찰하고 사진 촬영하였다.

부화자의 발달과정은 갓 부화된 자어로부터 1일 간격으로 현미경 아래에서 전장(Total Length, TL) 외 몸 부위의 길이를 재고 형태발달 과정을 관찰, 촬영하였다. 자어의 발달 단계는 Kim(1989)을 따랐다.



Fig. 1. Sampling location of ice goby.



Fig. 2. Experimental aquarium for spawning of *Leucopsarion petersii*.

결과 및 고찰

사백어는 망둑어과에 속하며(Chyung, 1977), 봄철 남해 동부권(통영시, 거제시)의 강, 하천으로 산란을 위해 소상하는 것이 관찰되었다. 경상남도 거제도 명사천, 산양천에서는 사백어가 소상하는 3월에서 5월 사이에 상업적인 사백어 채포 어업을 하고 있으며 통영시 산양면 신봉천에서도 사백어의 소상이 매년 확인되었다.

1. 암수 형태 및 산란 행동

성숙한 어미는 전장이 4.3~4.9 mm (평균 4.6 mm, n = 16)였으며 암컷은 복부 양측에 검은 색 반점이 줄지어 발달하며 반점이 없는 수컷과 구분 가능하였다(Fig. 3). 통영시, 거제시 하천



Fig. 3. Male (upper) and female (lower) of matured *Leucopsarion petersii*.

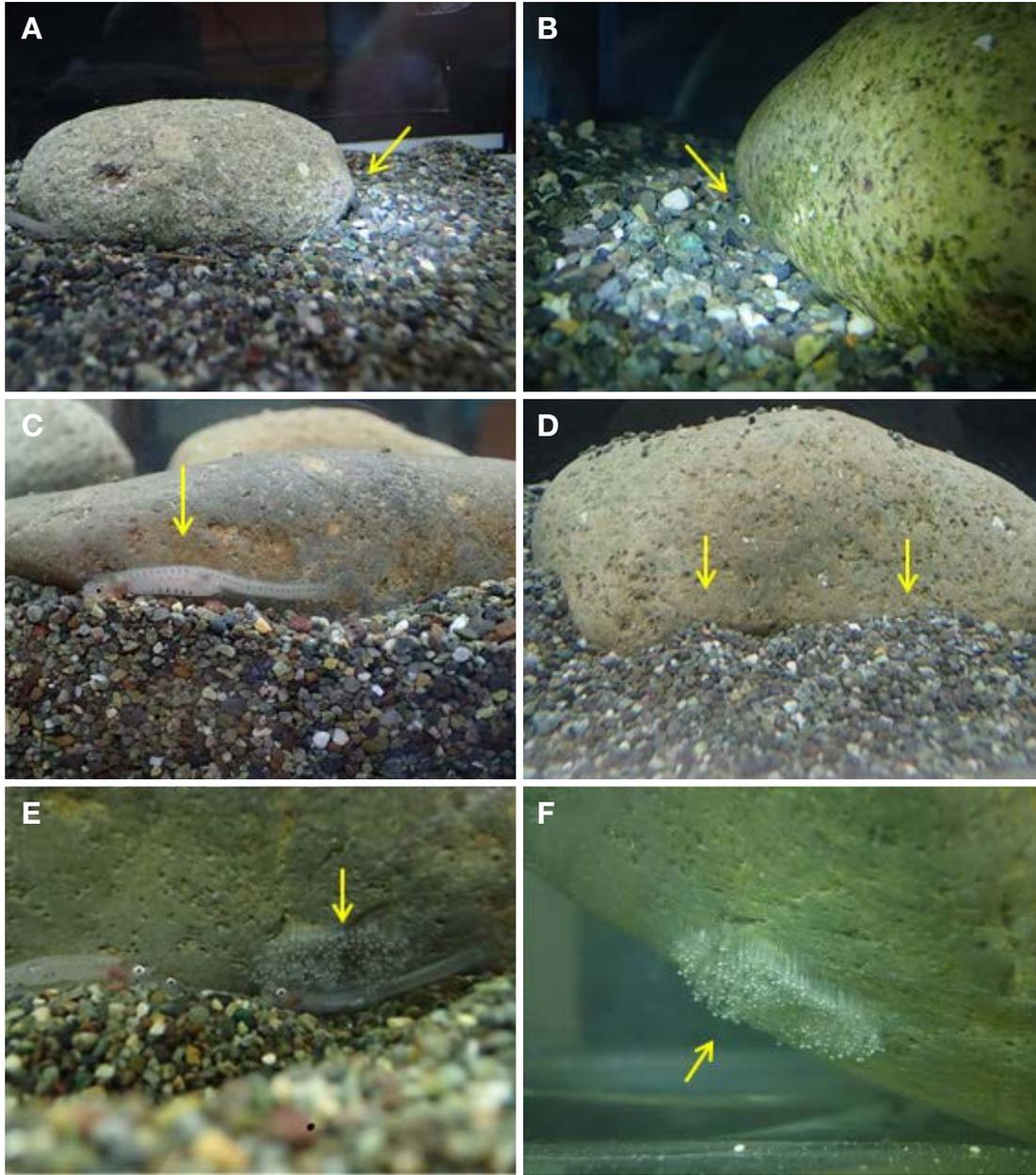


Fig. 4. Nesting and eggs of *Leucopsarion petersii* in aquarium. A. Entrance hole for matured male and female, B. Head of male, C. Matured female, D. Closed entrance hole by the pebbles after female entering, E. Male guarding a fertilized eggs, F. Clubshaped eggs hanging at the ceiling of nest.

(2013~2016년)에서 조사된 암수 비율은 2:1, 5:5 등 조사 시기나 하천에 따라 차이가 있었고 일본에서도 소상시기에 따라서도 암수 비율이 달라진다고 보고하고 있다(Matsui, 1986). 이번 실험에 사용한 신봉천의 사백어 어미의 암수 비율은 86:23 (n=109)이었다.

실내 수조에 수용한 어미들은 3일 후에 돌 아래로 구멍을 뚫고 들어간 것이 확인되었다. 수컷이 들어간 이 구멍은 원형 또는 타원형(2.5×0.3 cm, 1.5×0.5 cm, 1.5×0.5 cm)이었으며, 이 구멍에서 머리만 내민 사백어가 관찰되기도 하였다(Fig. 4A, B).

산란상 입구 구멍이 확인된 당일 오후에 이 구멍은 입구가 막혔다. 이 구멍들은 잔자갈을 쌓은 형태로 다시 막혔는데 이 시기는 암컷이 들어간 후로 추정되었다(Fig. 4C, D). 구멍을 막은 잔자갈 무더기의 크기는 넓이 2~2.5 cm, 높이 1.2~1.5 cm 범위였다. 산란상을 만든 수컷은 구멍에서 꼬리를 내어 흔들며 암컷을 유혹하고 암컷이 구멍으로 들어오면 그 구멍을 막는다는 보고가 있으나(Matsui, 1986), 이번 실험에서는 암컷을 유혹하기 위한 수컷 행동은 관찰하지 못하였다. 수조 바닥에 둔 4개의 돌 주변에는 산란상으로 들어가는 구멍이 뚫렸다가 막힘을 반복하였

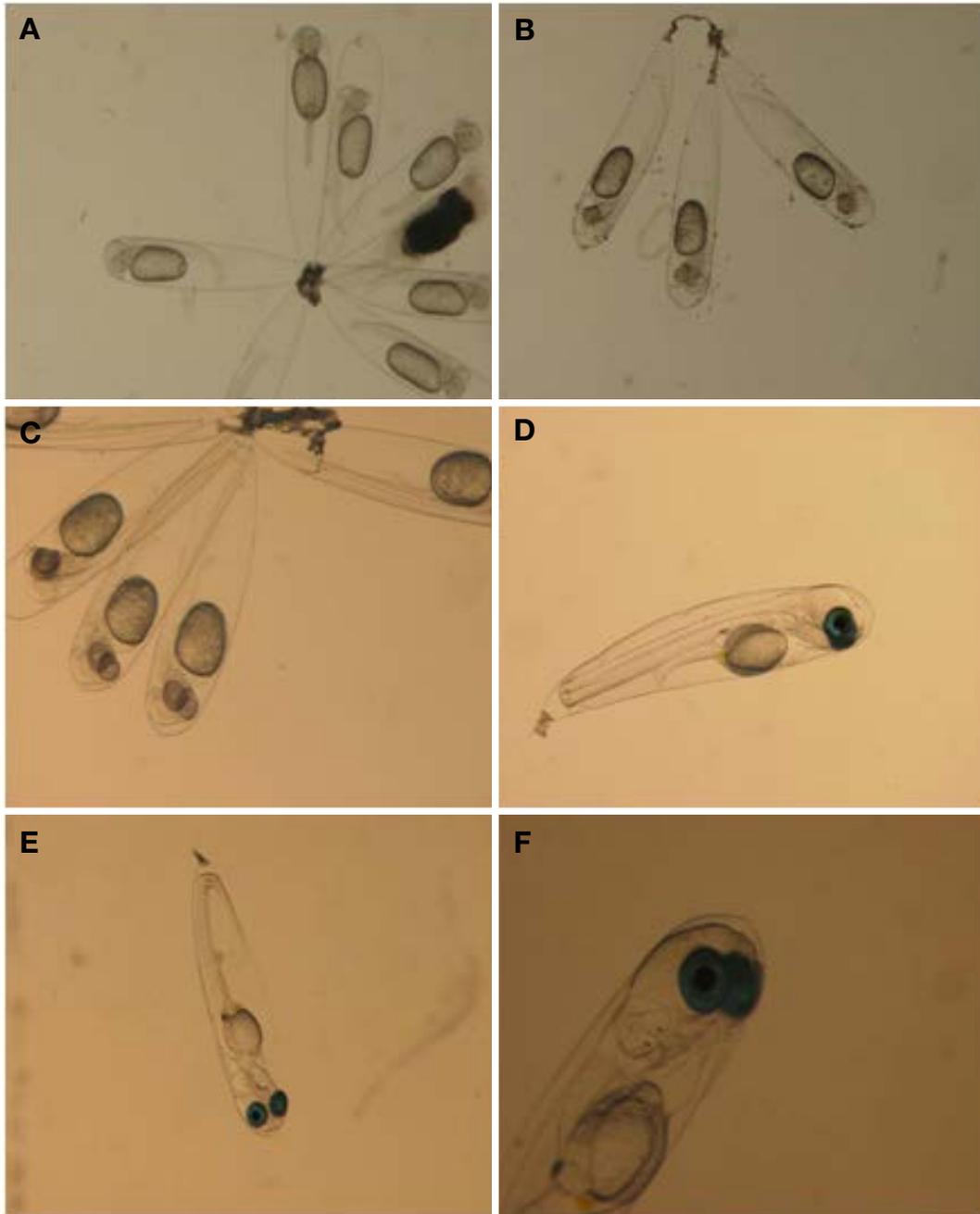


Fig. 5. Embryonic development of *Leucopsarion petersii*. A. Formation of eye lens, B. 1 days after A stage, Start heart beat, C. 2 days after A stage. Elongated embryo tail reached tip of egg, D. 6 days after A stage, Guanine on the iris and blood flowing on yolk sac. E. 7 days after A stage. just before hatching, F. 7 days after A stage. Appearance hatching enzyme glands on the head.

으며 구멍의 위치도 일정하지 않고 그 주변으로 조금씩 변화였다. 산란을 마친 암컷이 산란상을 먼저 떠나 사망하고 수컷은 돌아 아래에 남아서 수정란이 부화할 때까지 지키는 것으로 알려져 있는데 (Matsui, 1986), 이 실험에서 발생 중인 알들을 확인하기 위해 돌을 들어보았을 때 산란상에는 1~2쌍의 암, 수컷이 함께 있는 곳도 있었고 수컷 한마리만 남아서 난괴를 지키고 있는 곳도 있었다. 수조 바닥의 돌 아래의 사백어 산란상은 가운데가 깊

은 원형 또는 타원형으로 파여 있었으며 지름은 3~6 cm, 깊이는 1.2~5.0 cm 범위였다.

산란을 위해 수조에 수용하였던 사백어 암컷과 수컷은 실험 시작 후 60일 전후에 모두 사망하였다.

2. 수정란

수정란은 투명하며 긴 곤봉형 (장경 3.2~3.4 mm, 단경 0.6~

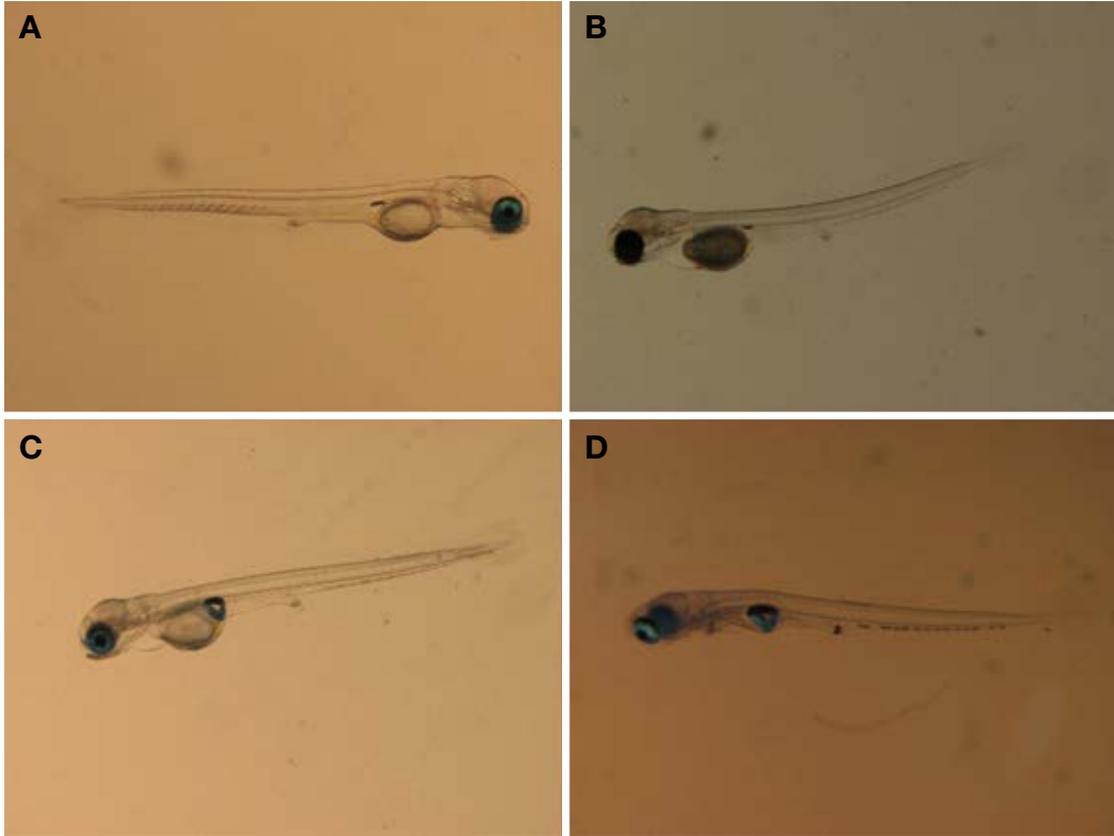


Fig. 6. Pre-larvae of *Leucopsarion petersii*. A. Just hatched larva (4.2 mm TL), B. 1 days after hatching (4.7 mm TL), C. 2 days after hatching (4.9 mm TL), D. Post-larva (5.2 mm TL).

0.8 mm, n=10)이며 지름 2~3 cm 전후(원형 또는 타원형)의 난괴를 이루어 돌의 천정에 부착되어 있었다(Fig. 4E, F). 돌에 알을 붙이는 망둥어류의 알들은 곤봉형이 많은데 밀어(Moon *et al.*, 2005), 검정망둑(Hwang *et al.*, 2006), 날개망둑(Jin *et al.*, 2003)은 짧고 둥근형이며 문질망둑(Dotu and Mito, 1955), 큰미끈망둑(Yun *et al.*, 2008)과 사백어는 긴 곤봉형으로 모두 알의 한쪽 끝에 있는 부착사로 기질에 부착하지만 그 형태와 크기는 종마다 차이가 있다.

3. 난 발생

수정란을 처음 확인한(5월 10일), 가장 작은 돌 아래의 오른쪽 난괴에 수정란의 배는 두부에 눈동자를 가진 눈이 발달해 있었으며 입과 콧구멍은 없었다. 창자는 관찰되었으나 항문은 열리지 않았다. 배의 전장은 1.7~2.0 mm였고 배에 타원형 난황(길이 0.8 mm 전후)을 가지며 약 50%의 수정란에서는 난황의 뒤끝에 원형 유구가 확인되었다. 몸통 후반부에서 꼬리 위에 15개 전후의 근절이 발달해 있었다(Fig. 5A). 배는 가끔씩 좌우로 꿈틀대는 행동을 보였다.

첫 확인된 수정란의 1일 후에는 배 길이가 알의 장경 길이로

성장하였다. 눈 홍채에 흑색소가 침착하기 시작하였고, 심장박동이 확인되었다. 근절은 32~33개(12~13+20)였다. 막지느러미는 발달 중이었으며 표면에 그물무늬를 가진 난황은 몸통의 전반부에 위치하고 있었다(Fig. 5B). 3일 후에는 유구를 거의 흡수하고 막지느러미가 항문 위 근절폭의 50% 정도로 넓게 발달하였다(Fig. 5C). 6일 후에는 배의 길이는 난의 장경보다 길어서 휘어진 꼬리 끝은 항문까지 달하였다. 눈의 홍채에 구아닌 색소가 발달하기 시작하며 난황 후반부 등 쪽에 흑색소를 가진 부레가 출현하였다. 심장 박동에 따라 혈구가 흐르는 난황 위의 혈관은 붉은색을 띠기 시작하였다. 흑색소포는 부레 위와 직장에 발달하였다(Fig. 5D). 수온 18~20°C 범위 하에서 눈동자가 발달하였던 수정란(Fig. 5A)은 약 7일 후에 부화하였다. 7일 후, 배의 주둥이 주위에 조그만 좁쌀 같은 돌기 모양의 부화선이 발달해 있었으며, 첫 부화가 확인되었다(Fig. 5E, F).

4. 자치어의 형태

갓 부화된 자어는 전장이 4.1~4.4 mm(평균 4.2 mm, n=5)범위이며 검은색 홍채를 가진 눈과 눈의 크기와 유사한 이포를 가졌고 입은 열리지 않았다. 머리 크기의 난황이 복부의 전반부에

있었다. 난황의 뒤에 부레가 위치하였고 항문은 몸의 중앙에 위치하였다. 체측에는 32~33개(13~14+19개)의 근절이 발달하였다(Fig. 6A). 부화자어는 중층에 떠 있거나 표면 쪽으로 유영하였다가 아래로 가라앉는 유영을 반복하였다. 부화 후 1일이 지난 전장 4.7 mm 자어는 수조 내 중층, 표층에서 유영하며, 입과 항문이 열리고 꼬리지느러미의 발달할 위치에 1개의 별 모양 흑색소포가 출현한다(Fig. 6B). 부화 후 2일이 지난 전장 4.9 mm 자어 형태는 2일째 자어와 유사하지만 부레가 커지고 직장이 발달한다. 이 자어는 표층과 중층에서 활발히 유영하였다.

전기자어 말기에는 전장이 4.5~5.0 mm 범위로 수조 중층에서 유영하였으며, 머리의 아래쪽에 입이 크게 열려 있고 난황은 복부 앞쪽에 긴 타원형으로 남아 있었다. 역삼각형의 부레는 몸통 중앙의 창자 위쪽에 위치하며 꼬리 아래쪽 정중선을 따라 9개 전후의 흑색소포가 줄지어 발달하였다(Fig. 6C). 난황을 흡수 완료한 전장 5.2 mm 후기자어는 머리가 커져서 폭이 몸통 폭보다 넓으며 복부의 정중선을 따라서 9~10개의 흑색소포가 발달하고 막상 꼬리지느러미 아래쪽에도 2개의 별 모양 흑색소포가 출현하였다(Fig. 6D). 후기자어들은 몸을 수평으로 유지한 채 수조 내 중층에서 유영하였다.

사백어의 부화자어는 전장이 4.2 mm 전후로 부성난을 낳는 참돔(*Pagrus major*)의 2.0 mm 전후(Fukuhara, 1970, 1976; KORDI, 1990), 넙치(*Paralichthys olivaceus*)의 2.2 mm 전후(KORDI, 1990), 돌돔(*Oplegnathus fasciatus*)의 1.7~2.2 mm(Fukuhara and Ito, 1987) 등과 비교하면 전장이 길었고 발육 단계로는 입은 열리지 않았지만 난황의 크기가 작고 눈에 홍채가 발달한 점 등의 차이가 있었다. 자어가 투명하고 가늘고 긴 멸치(Okiyama, 1988)와는 항문의 위치가 몸 중앙에 있는 점과 둥근 부레가 뚜렷한 점 등으로 구분되었다.

이번 연구과정에서는 산란상 밖으로 나오는 자어의 발육단계는 난황을 거의 흡수한 전기자어 말기로 판단되었다. 향후 자연에서의 자어가 산란상에서 밖으로 나올 때의 발육단계를 연구하고 거제시 명사천처럼 산란장으로 추정되는 곳에서 하구 입구까지의 거리가 불과 몇백 m가 되지 않는 짧은 하천과 산양천처럼 산란장에서 바다까지의 거리가 상대적으로 먼 하천에서의 부화자어의 이동 시기와 생태에 관해서는 앞으로 연구가 필요하다고 생각되었다. 또, 사백어는 산란기에만 소상 하천에서 어획하여 식용하고 있으나, 남해안 바다에서 지내는 동안의 생태 연구기록은 아직 없다. 따라서 남해안 사백어의 자원 관리를 위해서는 사백어의 연안 서식생태, 소상 개체군의 생리적 특성에 대한 연구와 하천별, 지역별 개체군에 대한 연구도 앞으로 필요한 종이라 생각되었다.

요 약

2016년 4월, 경남 통영시 신봉천에서 채집한 어미 사백어(평

균전장 4.6 mm, n=16)를 모래와 돌을 바닥에 깔 실험 수조(60(L)×30(W)×30(H) cm)에 수용하고, 산란행동 및 수정난의 발생과 부화자어의 형태를 관찰하였다. 사백어 어미는 모래 위의 돌 아래에 구멍을 파고 들어가 산란하고, 부화할 때까지 수정난을 보호하는 행동을 보였다. 수정난은 곤봉형(장경 3.2~3.4 mm, 단경 0.6~0.8 mm, n=10)이며 지름이 2~3 cm(원형 또는 타원형)인 난괴를 이루어 돌의 천정에 매달려서 발생하였다. 수온 18~20°C하에서 눈이 생긴 수정난(eyed egg)은 168시간 후에 부화하였다. 부화자어는 투명하며 전장이 4.1~4.4 mm(n=5)이고, 배에는 투명한 난황을 가지고 있었으며 32~33개(12~13+20)의 근절이 발달해 있었다. 부화 후 3일째, 전장 4.9 mm 자어는 머리의 아래쪽에 입이 열리며 직장이 발달하였다. 전장 난황을 흡수한 전장 5.2 mm 후기자어는 부레 등쪽과 직장 위에 흑색소포가 발달하며 꼬리의 아래 정중선을 따라서 흑색소포가 줄지어 발달하였다.

사 사

이 연구를 수행함에 있어 산란생태 예비 실험과 사백어의 실험 수조 관리에 도움을 주신 한국해양과학기술원 정유경, 윤보배 님과 통영해양과학기술원 직원 여러분께 감사드립니다. 이 논문은 한국해양과학기술원(‘해양바이오 청정 기능성 산업소재 대량생산기술개발’ 연구과제, PE99822; PE99922; PEA0022)로 수행되었습니다.

REFERENCES

- Arakawa, T., Y. Kanno, N. Akiyama, T. Kitano and N. Nakatsuji. 1999. Stages of embryonic development of the ice goby (shiro-uo), *Leucopsarion petersii*. Zool. Sci., 16: 761-773. <https://doi.org/10.2108/zsj.16.761>.
- Chyung, M.K. 1977. The fishes of Korea. Iljisa, Seoul, Korea, 727pp.
- Dotu, Y. and S. Mito. 1955. On the breeding-habits, larvae and young of a goby, *Acanthogobius flavimanus* (TEMMINCK et SCHLEGEL). Jap. J. Ichthyol., 4: 153-161. <https://doi.org/10.11369/jji1950.4.153>.
- Fukuhara, O. 1970. Morphological observation on the egg development and larval stage of the red sea-bream, *Chrysophrys major* TEMMINCK & SCHLEGEL. Aquaculture, 17: 71-76. <https://doi.org/10.11233/aquaculturesci1953.17.71>.
- Fukuhara, O. 1976. Morphological studies of larva of red sea bream-1. Formation of fins. Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab., 9: 1-11.
- Fukuhara, O. and K. Ito. 1987. On the formation of the fins and squamation in the Japanese parrot fish, *Oplegnathus fasciatus* reared in the laboratory. Bull. Nansei Reg. Fish. Res.

- Lab., 11: 9-17.
- Hwang, S.-Y., K.-H. Han, W.-K. Lee, S.-M. Yeon, C.-C. Kim, S.-H. Lee, W.-I. Seo and S.-S. Roh. 2006. Early life history of the *Tridentiger obscurus* (Pisces, Gobiidae). *Dev. Reprod.*, 10: 47-54.
- Jin, D.-S., K.-H. Han and J.-W. Park. 2003. Spawning behavior and morphological development of larvae and juvenile of the naked-headed goby, *Favonigobius gymnauchen* (Bleeker). *J. Kor. Fish. Soc.*, 36: 136-143. <https://doi.org/10.5657/kfas.2003.36.2.136>.
- Kim, J.K., H.-J. Baek, J.-W. Kim, D.-S. Chang and J.-I. Kim. 2011. Sexual maturity and early life history of the Mudskipper *Scartelaos gigas* (Pisces, Gobiidae): Implications for conservation. *Fish. Aquat. Sci.*, 14: 403-410. <https://doi.org/10.5657/FAS.2011.0403>.
- Kim, Y.K. and K.H. Han. 1991. Early life history and spawning behavior of the Gobiid fish, *Mugilogobius abei* (Jordan et Snyder) reared in laboratory. *Korean J. Ichthyol.*, 3: 1-10.
- Kim, Y.U. 1989. Introduction of ichthyology. Tae-Hwa Publishing Co., Busan, Korea, 270pp.
- KORDI (Korea Ocean Research & Development Institute). 1990. A study on the commercial scale production of seeds of high-valued fishes (III). Seoul, Korea, 411pp.
- Matsui, S. 1986. Studies on the ecology and the propagation of the ice goby, *Leucopsarion petersi* Hilgendorf. *Sci. Bull. Fac. Agr., Kyushu Univ.*, 40: 135-174.
- Moon, W.-K., Y.-E. Na and K.-G. An. 2005. Spawning behavior and early life history of Korea freshwater goby (*Rhinogobius brunneus*), *Korean J. Limnol.*, 38: 83-94.
- Okiyama, M. 1988. An atlas of the early stage fishes in Japan. Tokai University Press, Tokyo, Japan, 1154pp.
- Takita, T. 1975. Spawning and embryonic development of *Synechogobius hasta* in an aquarium, with description of larvae and juveniles. *Jap. Jour. Ichthy.* 22: 31-39. <https://doi.org/10.11369/jji1950.22.31>.
- Yun, S.-M., K.-H. Han, S.-H. Lee, H.-S. Yim, J.-H. Hwang, I.-H. Yeon and Y.-C. Kim. 2008. Embryonic and larva development of naked-headed goby, *Luciogobius grandis*. *Dev. Reprod.*, 12: 133-139.