

줄가자미 *Clidoderma asperrimum*의 난발생 및 자치어 형태발달

정주학 · 서영석 · 김진각 · 문성준 · 유동재¹ · 박재민^{1,*}

경상북도 수산자원연구원, ¹경상북도 토속어류산업화센터

Morphological Development of Eggs, Larvae and Juveniles of the *Clidoderma asperrimum* (Cypriniformes: Pleuronectidae) by Joo-Hak Jung, Young-Seok Seo, Jin-Gak Kim, Seong-Jun Mun, Dong-Jae Yoo¹ and Jae-Min Park^{1,*} (Gyeongsangbuk-Do Fisheries Resources Institute, Yeongdeok 36405, Republic of Korea; ¹Gyeongsangbuk-Do Native Fish Business Center, Uiseong 37366, Republic of Korea)

ABSTRACT Egg development and morphological change of larvae and juvenile of the Roughscale sole, *Clidoderma asperrimum*, were investigated in the present study. Adult fishes were collected on the East Sea, Korea, from 2017 to 2018 and reared in a circular water tank (Ø 6×1 m) at water temperature of 12.8±1.9°C. Fertilized eggs ranged from 1.42 to 1.59 mm (mean 1.51±0.04 mm, n=50) in diameter. The eggs were spherical in shape, transparent, floating and colorless. The egg yolk was separated from the egg membrane 60 mins post-fertilization (PF), and an embryo was formed in 62 hrs PF. More than 50% of the eggs hatched within 144 hrs PF in the range of 10.2~11°C (mean 10.8°C). The size of the newly hatched larvae were 4.22~4.64 mm (mean 4.53±0.16 mm) in total length (TL), their mouth and anus were not open yet. At 10 days after hatching, the preflexion larvae reached 5.88~6.62 mm (mean 6.31±0.33 mm) in TL, and the yolk absorption was completed and the mouth began to open. At 55 days after hatching the larvae reached to flexion larvae stage and they were 10.4~13.3 mm (mean 12.7±1.3 mm) in TL, and the tip of notochord was bent upward. At 120 days after hatching the larvae reached to juvenile stage and they were 35.3~40.5 mm (mean 39.5±2.4 mm) in TL. Their all fins had completed set of the fin-rays (D. 79~94: A. 63~75) and the juveniles adopted a benthic life.

Key words: Pleuronectidae, *Clidoderma asperrimum*, egg, larvae, juvenile

서 론

가자미과 Pleuronectidae 어류는 전 세계 23속 56종, 우리나라에는 15속 26종이 서식하는 것으로 알려져 있다(Kim *et al.*, 2005; Nelson *et al.*, 2016; Chae *et al.*, 2019). 줄가자미 *Clidoderma asperrimum*는 가자미목 Pleuronectiformes, 가자미과 Pleuronectidae, 줄가자미속 *Clidoderma* 어류로 우리나라, 일본, 캐나다 등 북태평양의 온대 해역에 분포한다(Kim *et al.*, 2005).

줄가자미는 크기 60 cm 정도의 몸이 둥글며 눈이 크다. 눈 쪽

에는 어두운 밤색을 띠고 흰색 또는 검은색의 점무늬가 있다. 유안측에는 다량의 작은 돌기가 형성되어 있어 다른 가자미과 어류와 형태적 차이가 있고, 수심 15~1,900 m의 바닥에 모래와 펄이 있는 곳에 서식하며, 12~2월 사이에 많은 알을 산란하는 것으로 알려져 있다. 먹이는 거미불가사리, 새우, 요각류, 갯지렁이 등을 먹고 산다(Kim *et al.*, 2005; Myoung and Cho, 2021).

가자미류는 동해에 많이 서식하는 중요한 수산자원이며, 특히 줄가자미는 겨울철 최고의 횡감으로 수요가 많아 고가에 거래되는 어류이다. 그러나 어획량이 극히 적어 종자생산 기술개발을 통한 자원증강사업이나 양식을 통한 생산량 확대가 필요한 실정이다(NFRDI, 2010). 해산어류의 생산기술을 확립하고 자연상태에서의 자원을 파악하기 위해서는 대상 종들의 초기 발육과정을 우선적으로 알아야 한다(Byun *et al.*, 2009). 개체발생

저자 직위: 정주학(연구사), 서영석(연구사), 김진각(연구사), 문성준(서기관), 유동재(연구사), 박재민(연구사)

*Corresponding author: Jae-Min Park Tel: 82-54-830-8800, Fax: 82-54-830-8809, E-mail: jm1090@korea.kr

에서 나타나는 많은 형질들은 종 고유의 특성을 보이기 때문에 유사분류군과의 유연관계를 추정하는 데 중요한 단서를 제공한다(Blaxter, 1974; Kim *et al.*, 2000; Park *et al.*, 2005).

가자미과 어류에 대한 연구는 강도다리 *Platichthys stellatus*, 문치가자미 *Pseudopleuronectes yokohamae*의 난발생과 자치어 형태발달(Yusa, 1960b; Kim *et al.*, 1983; Han *et al.*, 2001; Byun *et al.*, 2007), 물가자미 *Eopsetta grigorjewi*, 범가자미 *Verasper variegatus*, 노랑가자미 *V. moseri*의 초기발달과 성장(Yusa, 1961; Takita *et al.*, 1967; Imaoka and Misu, 1974; Cho *et al.*, 1995; Aritaki *et al.*, 2000, 2001), 도다리 *Pleuronichthys cornutus*, 갈가자미 *Tanakius kitaharae*, 돌가자미 *Kareius bicoloratus*의 난발생과 초기생활사(Takita and Fujita, 1964; Kim, 1982; Minami, 1982, 1983, 1984), 참가자미 *Limanda herzensteini*의 초기발생과 자치어 사육(Rho *et al.*, 1988b), 문치가자미와 접가자미 *P. schrenki*의 난과 자어의 구조적 차이(Yusa, 1960a), 물가자미와 갈가자미의 초기발생과 자어사육(Fujita, 1965), 사할린가자미 *L. sakhalinensis*의 난발생과 자치어 형태변화(Han *et al.*, 2017) 등 많은 연구가 수행되었다. 줄가자미에 대한 연구는 성숙과 생식주기(Lim *et al.*, 2012), 위내용물 조성(Nam *et al.*, 2013) 등 몇몇 보고가 있으나, 초기생활사와 관련된 기초연구는 찾아보기 어렵다. 본 연구는 줄가자미의 난발생 및 자치어 형태발달 관찰을 통해 유사종과의 초기생활사 특징을 비교하고 종자생산 기술연구를 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

실험에 사용된 어미는 2017년 11월에서 2018년 7월까지 경북 울진군 죽변항 위판장에서 정치망으로 어획된 암·수 43마리를 확보하여 원형수조(Ø6×1 m)에서 유수식으로 사육하였다. 사육수온은 10.2~14.0°C (평균 12.8±1.9°C)를 유지하였고, 먹이는 갯지렁이, 새우류 등의 생먹이를 먼저 공급하여 먹이 적응한 후 배합사료, 새우류, 냉동선어를 혼합한 MP (moisture pellet) 사료를 제조 공급하였다.

채란에 이용한 암컷은 전장 42.0~51.1 cm (평균 46.6±3.3 cm, n=11), 체중 1,226~2,322 g (평균 1,676±318 g), 수컷은 전장 30.8~36.3 cm (평균 33.5±2.7 cm, n=10), 체중 414.3~615.3 g (평균 514.8±114 g)였다. 암컷의 성숙유도를 위해 성숙호르몬(LHRH-a)을 어체중 kg당 100 µg을 근육에 주사하였다. 채란은 호르몬 주사 후 암컷의 복부상태를 매일 확인하여, 7일 후 복부압박법으로 채란하였다. 채란된 난은 채정한 수컷의 정액과 혼합하여 해수에서 인공수정하였다. 수정란은 PVC 재질의 원형수조(Ø 1 m)에 수용하였고, 자외선 살균기와 카트리지를 필터(5 µm)로 여과된 해수에 유수식으로 관리하였다.

난은 무작위로 50개를 선택하여 만능투영기(V-12BM,

Nikon, Japan)로 0.01 mm까지 크기를 측정하였고, 실체현미경(SMZ800, Nikon, Japan)으로 난발생을 관찰하였다. 난발생 수온은 냉각기를 이용해 10.2~11.0°C (평균 10.8±0.4°C)를 유지해주었고, 자치어의 사육수온은 10.0~14.0°C (평균 12.5±2.0°C)를 유지해주었다. 자치어 형태발달은 부화 직후부터 치어기까지 10개체씩 4~10일 간격으로 만능투영기를 이용해 크기를 측정하였고, 실체현미경으로 외부형태 관찰 및 사진촬영을 하였다. 부화 자어는 난황흡수가 대부분 끝난 부화 8일 후부터 Rotifer와 *Artemia* sp.를 혼합해 공급하였고, 부화 75일 후 저서생활이 시작되는 시기부터 배합사료(Love larva, Japan)를 공급하였다.

결 과

1. 난의 특징

수정란의 색깔은 투명하고, 점착성이 없는 분리부성란이었으며 유구는 없었다. 난의 크기는 1.42~1.59 mm (평균 1.51±0.04 mm, n=50)였고, 암컷 개체 당 채란량은 380~1,220 mL (평균 762 mL)였다.

2. 난발생 과정

1) 세포질 응집(Zygote period)

채란된 난은 수정 후 1시간에는 난황과 난막이 분리되었고(Fig. 1A), 수정 후 2시간 30분에는 동물극 상단의 중앙에 배반이 형성되었다(Fig. 1B).

2) 난할형성(Cleavage period)

수정 후 4시간 30분에는 제1분할이 일어나 2세포기에 달하였다(Fig. 1C). 수정 후 5시간 30분에는 제2분할이 일어나면서 4세포기에 달하였고(Fig. 1D), 수정 후 6시간 30분에는 8세포기에 달하였으며(Fig. 1E), 수정 후 8시간에는 16세포기에 달하였다(Fig. 1F). 수정 후 9시간 30분에는 32세포기에 달하였고(Fig. 1G), 수정 후 11시간에는 64세포기에 달하였다(Fig. 1H).

3) 포배형성(Blastula period)

수정 후 13시간에는 128세포기에 달하였다(Fig. 1I). 수정 후 15시간에는 256세포기에 달하였고(Fig. 1J), 수정 후 18시간에는 세포 수가 셀 수 없을 정도로 증가하면서 상실기에 달하였다(Fig. 1K). 수정 후 26시간에는 포배기에 달하였다(Fig. 1L).

4) 낭배형성(Gastrula period)

수정 후 48시간에는 배반이 난황을 덮어 내려오면서 낭배기에 달하였다(Fig. 1M).

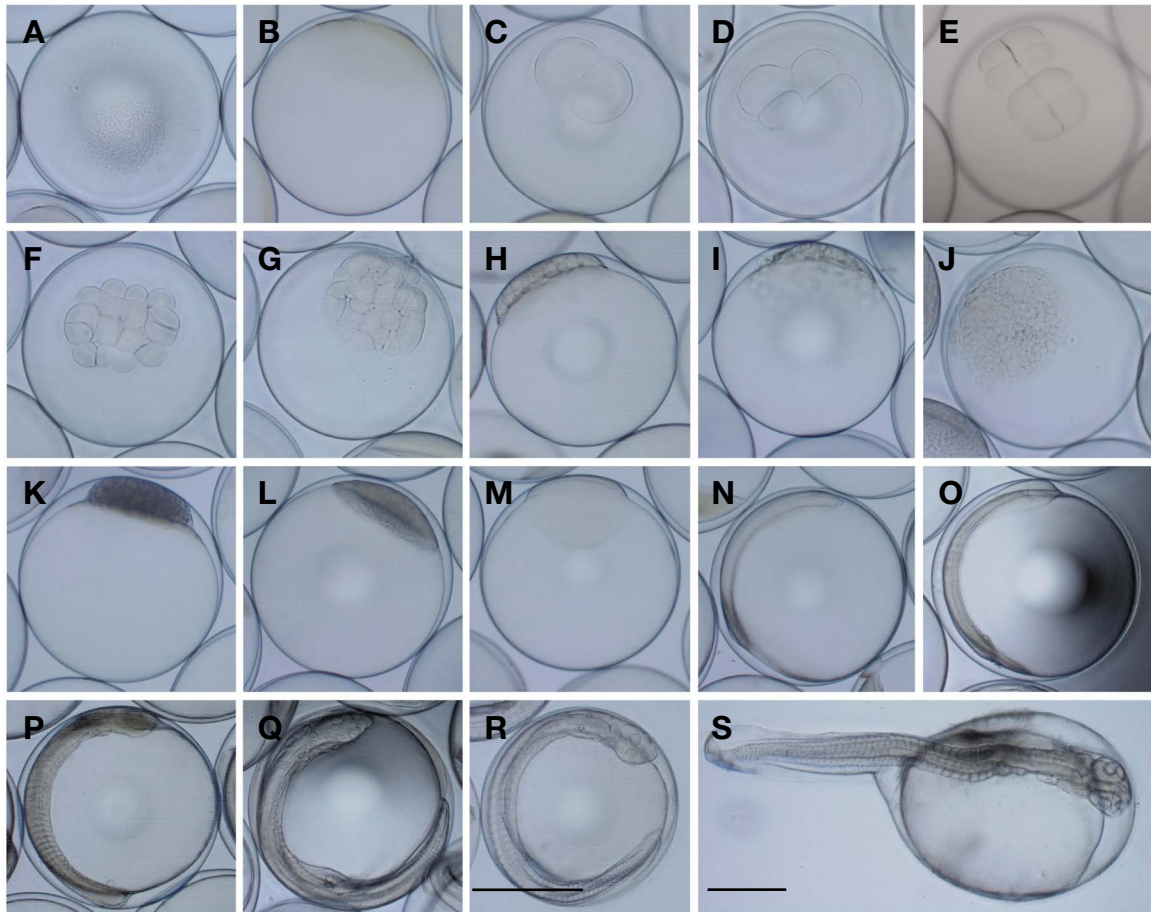


Fig. 1. Egg development of roughscale sole *Clidoderma asperrimum*. A: Fertilized egg, 60 min post-fertilization (PF); B: Blastodisc formed, 2.3 hour post-fertilization (hPF); C: 2 cells, 4.3 hPF; D: 4 cells, 5.3 hPF; E: 8 cells, 6.3 hPF; F: 16 cells, 8 hPF; G: 32 cells, 9.3 hPF; H: 64 cells, 11 hPF; I: 128 cells, 13 hPF; J: 256 cells, 15 hPF; K: Morula stage, 18 hPF; L: Blastula stage, 26 hPF; M: Gastrula stage, 48 hPF; N: Formation of embryo, 62 hPF; O: Formation of kuffer's vesicle, 74 hPF; P: Development of myotomes 30, 96 hPF; Q: Disappear of kuffer's vesicle, 104 hPF; R: Number of myotomes 45 development, 128 hPF; S: Hatching larvae, 144 hPF. Scale bars = 0.5 mm.

5) 배체형성(Embryonic period)

수정 후 62시간에는 배체가 형성되기 시작하였다(Fig. 1N). 수정 후 74시간에는 배체의 머리 부분에 안포가 형성되었고, 꼬리 쪽의 말단부분에는 Kuffer's vesicle이 형성되었으며 7개의 근절이 형성되었다(Fig. 1O). 수정 후 96시간에는 꼬리지느러미 끝에 막이 발달하였고, 심장이 형성되었으며, 근절 수는 30개로 증가하였다(Fig. 1P). 수정 후 104시간에는 Kuffer's vesicle이 소실되었고, 꼬리의 길이는 길어지면서 난황과 분리되었으며, 눈 가운데는 렌즈가 분화하였다(Fig. 1Q). 수정 후 128시간에는 배체의 움직임이 활발해졌고, 이 시기의 근절 수는 45개로 증가하였다(Fig. 1R).

6) 부화(Hatching period)

수정 후 144시간에는 전체의 50% 이상이 꼬리부터 난막을 뚫고 나오면서 부화가 완료되었다(Fig. 1S).

3. 자치어 형태발달

1) 난황자어기(Yolksac larvae)

부화 직후의 난황자어는 전장 4.22~4.64 mm (평균 4.53 ± 0.16 mm, n = 10)로 몸 전체가 반투명한 유백색을 띠었고, 막지느러미는 머리 아래에서부터 등 부분까지 이어져 있었으며, 입과 항문, 소화기관은 발달하지 않았다. 자어는 유영능력이 없었고 부유한 상태로 있었으며, 이 시기의 난황은 전장대비 45.8%를 차지하였다(Fig. 2A).

부화 후 4일째 난황자어는 전장 5.01~5.04 mm (평균 5.03 ± 0.02 mm, n = 10)로 꼬리지느러미 미병부에 나뭇가지 모양의 흑색소포가 침착하였고, 눈에는 검은색의 색소포가 침착하면서 가운데는 동공이 발달하였다. 이 시기에는 일직선 모양의 소화관이 항문까지 발달하였으며, 난황은 점차 흡수하여 전장대비 36.3%를 차지하였다(Fig. 2B).

부화 후 6일째 난황자어는 전장 5.05~5.45 mm (평균 5.29 ±

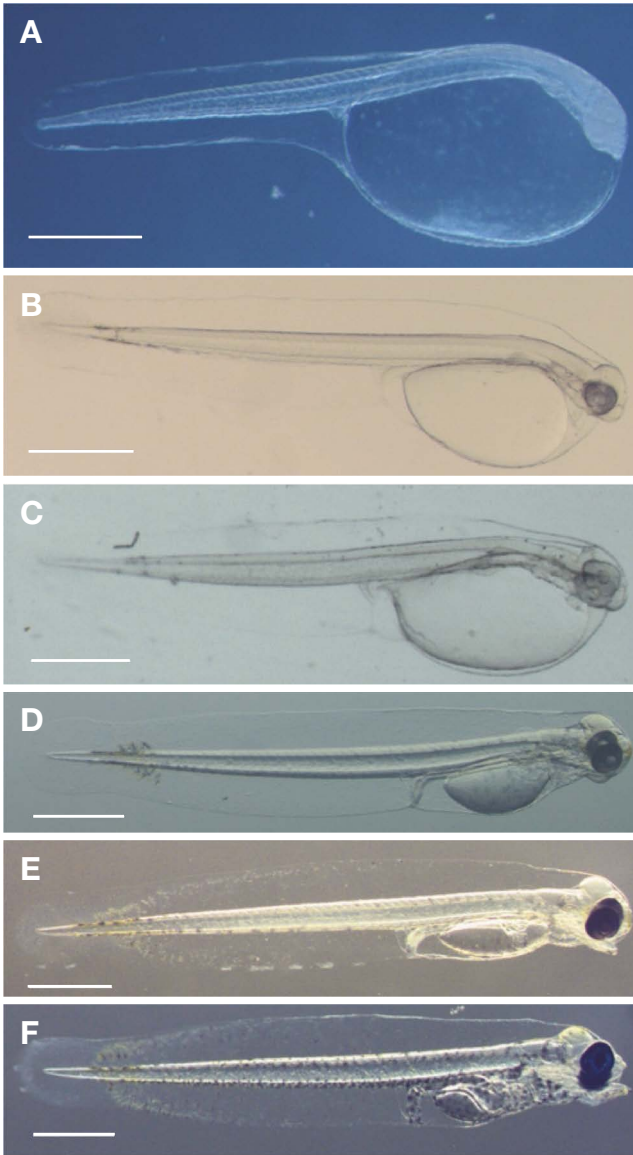


Fig. 2. Morphological development of yolk-sac and preflexion larvae of the roughscale sole *Clidoderma asperimum*. A: Newly hatched larvae, mean 4.53 mm total length (TL); B: 4 days after hatching (dAH), mean 5.03 mm TL; C: 6 dAH, mean 5.29 mm TL; D: 8 dAH, mean 5.64 mm TL; E: 10 dAH, mean 6.31 mm TL; F: 15 dAH, mean 6.42 mm TL. Scale bars = 1.0 mm.

0.11 mm, n = 10)로 꼬리지느러미 미병부에 침착되었던 흑색소포는 점차 범위가 넓어졌고, 머리 근처에는 반점 모양의 흑색소포가 침착하였다. 이 시기의 난황자어는 꼬리지느러미가 활발하게 움직였다(Fig. 2C).

부화 후 8일째 난황자어는 전장 5.54~5.74 mm (평균 5.64 ± 0.08 mm, n = 10)로 꼬리지느러미 미병부에 침착되었던 흑색소포는 막지느러미 아래쪽과 난황 아래쪽에도 침착되었다. 항문은 점차 발달하여 막지느러미 끝부분까지 이어졌으며, 입이 발달하

기 시작하였다. 이 시기의 난황은 전장대비 17.7%를 차지하였다(Fig. 2D).

2) 전기자어기(Preflexion larvae)

부화 후 10일째 전기자어는 전장 5.88~6.62 mm (평균 6.31 ± 0.33 mm, n = 10)로 흑색소포는 몸 정중앙의 아래쪽과 소화관의 윗부분에 침착하였다. 소화관은 일직선 모양으로 점차 길게 발달하였고, 항문이 열리면서 막지느러미와 분리되었다. 이 시기에는 유영능력이 발달하였고, 막지느러미는 더욱 넓어졌으며, 입이 열리면서 먹이활동을 시작하였다(Fig. 2E).

부화 후 15일째 전기자어는 전장 6.35~6.47 mm (평균 6.42 ± 0.12 mm, n = 10)로 흑색소포는 몸의 윗부분과 아래쪽, 머리와 소화관, 항문 위쪽에도 침착하였다. 입은 아래턱이 위턱보다 길게 발달하였다. 소화관은 일직선 모양에서 나선형으로 발달하였고, 이 시기의 난황은 전장대비 9.9%를 차지하였다(Fig. 2F).

부화 후 20일째 전기자어는 전장 6.52~7.16 mm (평균 6.95 ± 0.22 mm, n = 10)로 흑색소포와 황색소포가 꼬리 쪽을 제외한 막지느러미 전체 침착하였고, 꼬리지느러미 끝부분에는 기조가 발달하기 시작하였다(Fig. 3A).

부화 후 33일째 전기자어는 전장 6.67~7.95 mm (평균 7.76 ± 0.52 mm, n = 10)로 꼬리지느러미의 기조 수 6개로 증가하였고, 흑색소포는 크기가 작아지면서 몸 전체에 더욱 넓게 침착해 분포하였다. 나선형의 소화관은 O 형태로 발달하여 항문까지 이어졌다(Fig. 3B).

3) 중기자어기(Flexion larvae)

부화 후 55일째 중기자어는 전장 10.4~13.3 mm (평균 12.7 ± 1.3 mm, n = 10)로 막으로 되어 있던 등과 뒷지느러미에는 기조가 발달하기 시작하였고, 앞쪽에는 담기골이 발달하였다. 등지느러미는 머리 윗부분에서 시작되었고, 뒷지느러미는 소화관 중반부에서부터 시작되었다. 각 부위별 지느러미 기조 수는 등지느러미 77개, 뒷지느러미 55개, 꼬리지느러미 17개로 발달하였고, 막으로 되어 있던 배지느러미에는 5개의 기조가 발달하기 시작하였다. 이 시기에는 척추말단의 미부봉상골이 위쪽으로 휘어지기 시작하였다(Fig. 3C).

4) 후기자어기(Postflexion larvae)

부화 후 75일째 후기자어는 전장 14.6~20.8 mm (평균 18.5 ± 2.0 mm, n = 10)로 머리 윗분은 굴곡진 형태로 발달하였고, 눈은 좌측에서 우측으로 조금씩 이동하였다. 소화관은 더욱 굴곡진 형태로 발달하였고, 몸 전체에는 비늘이 형성되기 시작하였다. 이 시기에는 착저를 시작해 저서생활 시간이 길어졌고, 몸의 정중앙에는 측선이 뚜렷해졌으며, 척추말단의 미부봉상골이 45°로 완전히 휘어졌다(Fig. 3D).

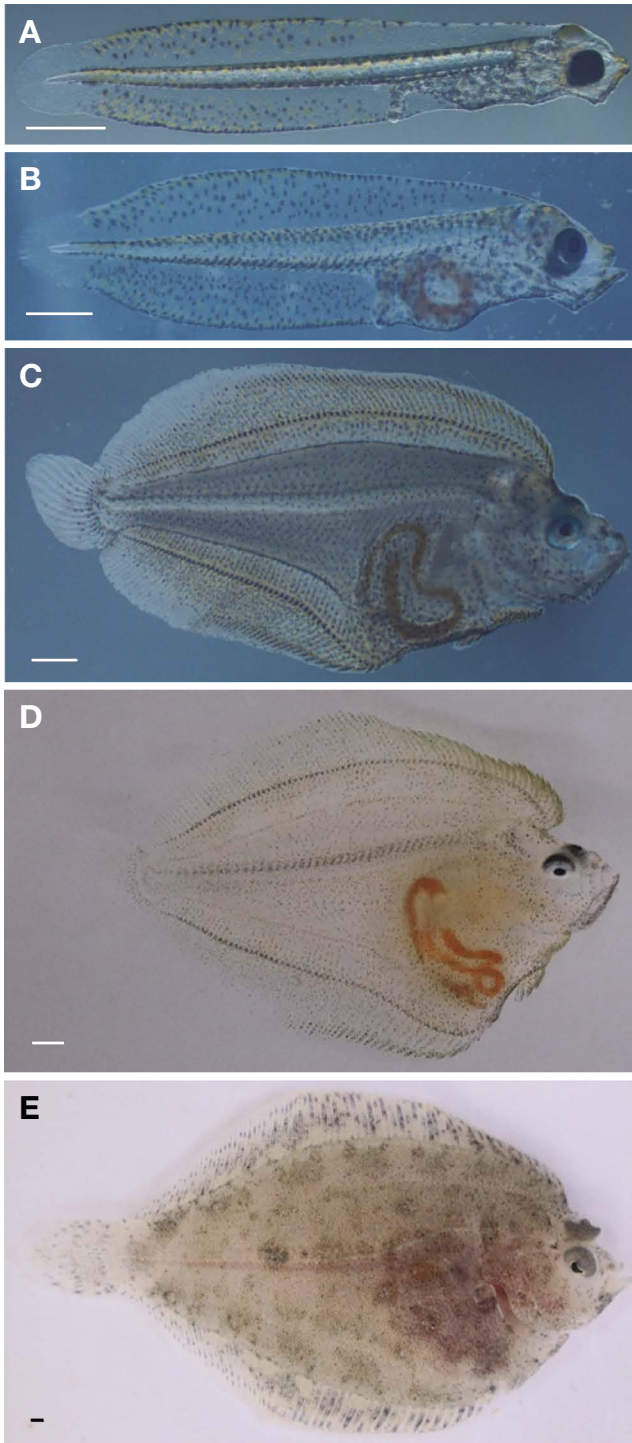


Fig. 3. Morphological development of flexion and postflexion larvae and juveniles of the roughscale sole *Clidoderma asperrimum*. A: 20 dAH mean 6.95 mm TL; B: 33 dAH mean 7.76 mm TL; C: 55 dAH, mean 12.7 mm TL; D: 75 dAH, mean 18.5 mm TL; E: 120 dAH, mean 39.5 mm TL. Scale bars = 1.0 mm.

5) 치어기 (Juvenile)

부화 후 120일째 치어는 전장 35.3~40.6 mm (평균 39.5 ± 2.3

mm, n = 10)로 높은 머리 위쪽으로 이동해 머리 부분의 좌측에 위치하였고, 입은 불완전한 형태를 갖추었다. 몸 전체에는 비늘이 형성되어 투명하던 소화관을 완전히 덮었고, 지느러미 전체와 몸통에 침착된 색소포는 등근 원형을 이루었으며, 각 부위별 지느러미 기조 수는 등지느러미 79~94개, 뒷지느러미 63~75개로 정수에 달하면서 치어기로 이행하였다(Fig. 3E).

고 찰

줄가자미는 다른 가자미류와 달리 성숙한 암컷이 전혀 어획되지 않았기 때문에, 채란을 위한 어미는 자연에서 포획된 개체를 실험수조에서 사육하여 성숙시키는 과정이 필요하였다. 그러나 인공 사육한 어미의 수정란 부화율은 0.1% 이하로 극히 저조하였다. 주로 갯지렁이류, 단각류, 새우류를 섭취하는 다른 가자미류와 달리 줄가자미는 거미불가사리가 전체 위내용물 중 상대중요성지수비 86.6%를 차지한다(Nam *et al.*, 2013). 줄가자미의 어미관리 시 먹이섭취, 유영 등 어미의 건강상태에는 전혀 문제가 없는 것으로 판단되었으나 다만 자연 상태에서처럼 선택적인 먹이섭취가 어렵고 다른 냉동선어로 제조한 MP 사료를 섭취할 수밖에 없었던 어미의 영양 불균형이 난질에 좋지 않은 영향을 미쳤다고 생각된다. 줄가자미와 같은 연구시설 내 사육 중인 문치가자미는 MP 사료 공급 시 높은 수정률과 부화율을 보여 난질 저하에 큰 영향을 미치지 않았으며 줄가자미는 먹이원이 난질에 미치는 영양학적 규명 등 대량 종자생산을 위한 난질 향상에 더 많은 연구가 있어야 할 것이다.

가자미류의 난은 분리부성란과 침성점착란 두 종류로 나누어지는데 가자미목 어류인 넙치 *Paralichthys olivaceus* (Han and Kim, 1997)를 비롯한 대부분의 가자미류와 줄가자미의 난은 분리부성란인 반면, 점가자미(Yusa, 1960a), 문치가자미(Yusa, 1960b) 및 사할린가자미(Rho *et al.*, 1988a; Han *et al.*, 2017)는 침성점착란을 산란한다.

줄가자미 난의 크기는 사할린가자미(Han *et al.*, 2017), 참가자미(Mito, 1963), 점가자미(Yusa, 1960a), 층거리가자미 *Pleuronectes punctatissima* (Mito, 1963), 강도다리(Byun *et al.*, 2007), 도다리(Takita and Fujita, 1964), 문치가자미(Kim *et al.*, 1983), 물가자미(Yusa, 1961), 돌가자미(Kim, 1982), 갈가자미(Fujita, 1965)는 줄가자미보다 작았으며, 범가자미(Takita *et al.*, 1967), 노랑가자미(Nakagawa, 1989), 찰가자미 *Microstomus achne* (Byun *et al.*, 2009)는 줄가자미보다 크거나 비슷하였다.

줄가자미는 평균수온 10.8°C일 때 부화까지 144시간이 소요되었고, 다른 가자미류에서는 사할린가자미 수온 14.5°C 133시간(Han *et al.*, 2017), 참가자미 수온 13.5~19.8°C 63~64시간(Han and Kim, 1999)으로 이들은 줄가자미보다 부화수온이 높았고 소요시간 또한 빨랐다. 강도다리는 수온 8.2~11.2°C 121

시간(Byun *et al.*, 2007)으로 유사한 수온에서 부화시간이 줄가자미보다 빨랐고, 찰가자미는 수온 9.8~13.0°C 169시간(Byun *et al.*, 2009)으로 줄가자미보다 부화시간이 길어 차이를 보였다.

갯 부화한 줄가자미 자어의 크기는 전장 4.22~4.64 mm로 대부분의 가자미류보다 컸으며, 난 크기가 비슷한 노랑가자미 3.65~4.78 mm (Aritaki *et al.*, 2000), 범가자미 3.87~4.20 mm (Aritaki *et al.*, 2001), 찰가자미 3.85~4.34 mm (Byun *et al.*, 2009)와 유사하였다(Table 1).

후기자어기에 나타나는 형태적 특징을 비교한 결과 줄가자미는 부화 후 75일째 평균전장 18.5±2.0 mm일 때 흑색소포는 가슴지느러미를 제외한 모든 부위에 반점 모양으로 침착되었으며, 눈은 좌측에서 우측으로 돌아가기 시작하였다. 찰가자미 (Byun *et al.*, 2009)는 부화 후 38~41일째 전장 11.1±1.15 mm 일 때 꼬리지느러미에 흑색소포의 수가 증가하였고, 이포 뒤쪽에는 점 모양의 적색소포가 산재해 있었다. 범가자미 (Aritaki *et al.*, 2001)는 부화 후 30일째 전장 12.0 mm일 때 몸 전체에 작은 흑색소포가 반점 모양으로 이루어졌고, 등 쪽 4곳, 배 쪽 2곳에 큰 반점 모양으로 침착되어 있었다. 강도다리 (Byun *et al.*, 2007)는 부화 후 26일째 전장 8.97±0.66 mm일 때 아래턱에 10여 개의 이빨이 발달하였고, 배체의 흑색소포는 국화 모양

으로 분화하였다. 문치가자미 (Han *et al.*, 2001)는 부화 후 45일째 전장 8.36±0.17 mm일 때 몸에는 작은 흑색소포가 여러 개 합쳐져 등 쪽에 4곳, 정중앙 3곳, 배 쪽에 3곳으로 발달하였고, 사할린가자미 (Han *et al.*, 2017)는 부화 후 39일째 전장 8.90±1.33 mm일 때 나뭇가지 모양의 흑색소포가 등 쪽 5곳, 배 쪽 5곳에 집중적으로 발달하였으며, 눈은 왼쪽에서 위쪽으로 이동하였다. 물가자미 (Okiyama, 1988)는 전장 10.0 mm일 때 등과 뒷, 꼬리지느러미에 줄기가 형성되어 있었으며, 두정부, 몸통, 지느러미에 반점 모양의 흑색소포가 침착되어 있었다. 노랑가자미 (Okiyama, 1988)는 전장 12.4 mm일 때 띠 모양으로 된 흑색소포가 등 쪽 4개, 배 쪽 2개에 발달해 있었으며, 두정부와 몸 전체에 반점 모양 흑색소포가 침착해 있었다. 층거리가자미 (Okiyama, 1988)는 전장 8.1 mm일 때 몸은 투명하여 근절과 소화관이 모두 관찰되었고, 흑색소포는 소화관 위쪽과 척색 부근에 침착되어 있었으며, 눈이 이동하였다(Table 3).

줄가자미, 사할린가자미, 층거리가자미는 후기자어 시기에 눈의 이동이 시작되면서 변태 직전인 것이 관찰되었고, 찰가자미는 눈의 이동이 진행된 상태였으며, 강도다리, 문치가자미, 물가자미, 노랑가자미는 후기자어 시기에 눈의 이동이 없었다. 흑색소포의 발달은 줄가자미, 물가자미, 층거리가자미의 경우 몸 전

Table 1. Comparison of eggs and larvae characteristics in Pleuronectiformes fishes

Species	Egg type	Fertilized egg diameter (mm)	Time for hatching (water temperature)	Newly hatched larval size (mm)	References
<i>Clidoderma asperrimum</i>	Buoyant	1.42~1.59	144 h (10.8°C)	4.22~4.64	Present study
<i>Limanda sakhalinensis</i>	Demersal	0.72~0.82	133 h (14.5°C)	3.3~3.6	Han <i>et al.</i> , 2017
"	"	-	150 h (11.5~13.0°C)	-	Rho <i>et al.</i> , 1988a
<i>Pseudopleuronectes schrencki</i>	"	0.70~0.83	-	-	Yusa, 1960a
<i>Pseudopleuronectes yokohamae</i>	"	0.71~0.80	120 h (5.5~17°C)	2.64~2.72	Kim <i>et al.</i> , 1983
"	"	0.812~0.845	372 h (7.2~9.2°C)	3.40~3.80	Yusa, 1960b
<i>Pseudopleuronectes herzensteini</i>	Buoyant	0.85~0.95	134.5 h (6~10°C)	2.25~3.02	Mito, 1963
"	"	0.885	-	2.40~2.60	Rho <i>et al.</i> , 1988b
"	"	0.86~0.96	87 h (13.5~14.5°C)	2.70~2.90	Han and Kim, 1999
<i>Limanda punctatissima</i>	"	0.82~0.90	-	-	Mito, 1963
<i>Platichthys stellatus</i>	"	1.09~1.19	121 h (8.2~11.2°C)	2.58~2.89	Byun <i>et al.</i> , 2007
<i>Pleuronichthys cornutus</i>	"	1.03~1.11	-	2.75~2.80	Takita and Fujita, 1964
<i>Paralichthys olivaceus</i>	"	0.90~0.94	-	-	Han and Kim, 1997a
<i>Verasper variegatus</i>	"	1.60~1.64	107 h (12.0~13.0°C)	3.80	Takita <i>et al.</i> , 1967
"	"	-	-	3.87~4.20	Aritaki <i>et al.</i> , 2001
<i>Verasper moseri</i>	"	1.70~1.93	-	-	Nakagawa, 1989
"	"	-	-	3.65~4.78	Aritaki <i>et al.</i> , 2000
<i>Eopsetta grigorjewi</i>	"	1.03~1.07	-	-	Yusa, 1961
"	"	1.10~1.20	93 h (11.0~13.8°C)	3.00~3.20	Fujita, 1965
<i>Kareius bicoloratus</i>	"	1.01~1.04	74 h (8.9~9.5°C)	3.09~3.14	Kim, 1982
<i>Tanakius kitaharai</i>	"	1.20~1.30	103 h (12.0~13.0°C)	3.40	Fujita, 1965
<i>Microstomus achne</i>	"	1.54~1.73	169 h (9.8~13.0°C)	3.85~4.34	Byun <i>et al.</i> , 2009

Table 2. Incubation time and egg developmental stages of *Clidoderma asperrimum*

Stages	Elapsed time (hours : min)		Characters	Fig. 1
	10.8 ± 0.4°C			
Zygote period				
Insemination	00 : 00			–
Swelling	01 : 00		Swelling	A
Blastodisc	02 : 30		1 cells	B
Cell cleave period				
2 cells	04 : 30		2 blastodisc is cleavage	C
4 cells	05 : 30		2-2 array of blastomeres	D
8 cells	06 : 30		2-4 array of blastomeres	E
16 cells	08 : 00		4-4 array of blastomeres	F
32 cells	09 : 30		4-8 array of blastomeres	G
64 cells	11 : 00		8-8 array of blastomeres	H
Blastula period				
128 cells	13 : 00		8-16 array of blastomeres	I
256 cells	15 : 00		16 regular tiers of blastomeres	J
Morula	18 : 00		The number of blastomeres were increased	K
Blastula	26 : 00		Marginal cell was expended	L
Gastrula period				
Gastrula	48 : 00		Blastula came down and cover the yolk	M
Embryonic period				
Formation of the embryo	62 : 00		Formation of the embryo	N
Appearance of Kuffer's vesicle	74 : 00		7 myotomes, formation of optic vesicles	O
30 myotomes	96 : 00		30 myotomes	P
Disappear of kuffer's vesicle	104 : 00		Development of eye lens	Q
Embryonic movement	128 : 00		45 myotomes	R
Hatching period				
	144 : 00		Hatching 50%	S

Table 3. Comparison of postflexion larvae melanophore distribution in Pleuronectiformes fishes

Species	Melanophore distribution										
	Total length (mm)	Trunk	Otocystic	Parietal	Center	Caudal fin	Ventral fin	Dorsal fin	Notochord	Dorsalis	Ventral abdominal
<i>Clidoderma asperrimum</i> (Present study)	15.3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Microstomus achne</i> (Byun <i>et al.</i> , 2009)	11.1	–	+	–	–	+	–	–	–	–	–
<i>Verasper variegatus</i> (Aritaki <i>et al.</i> , 2001)	12.0	+	+	+	+	–	+	+	+	+	+
<i>Pseudopleuronectes yokohamae</i> (Han <i>et al.</i> , 2001)	8.36	–	–	–	+	–	–	–	–	+	+
<i>Limanda sakhalinensis</i> (Han <i>et al.</i> , 2017)	8.90	–	–	–	–	–	–	–	–	+	+
<i>Eopsetta grigorjewi</i> (Okiyama, 1988)	10.0	+	–	+	–	+	+	+	–	–	–
<i>Verasper moseri</i> (Okiyama, 1988)	12.4	+	+	+	+	–	–	–	+	+	+
<i>Pleuronectes punctatissima</i> (Okiyama, 1988)	8.1	–	–	–	–	–	–	–	+	–	+

present: +; absent: –

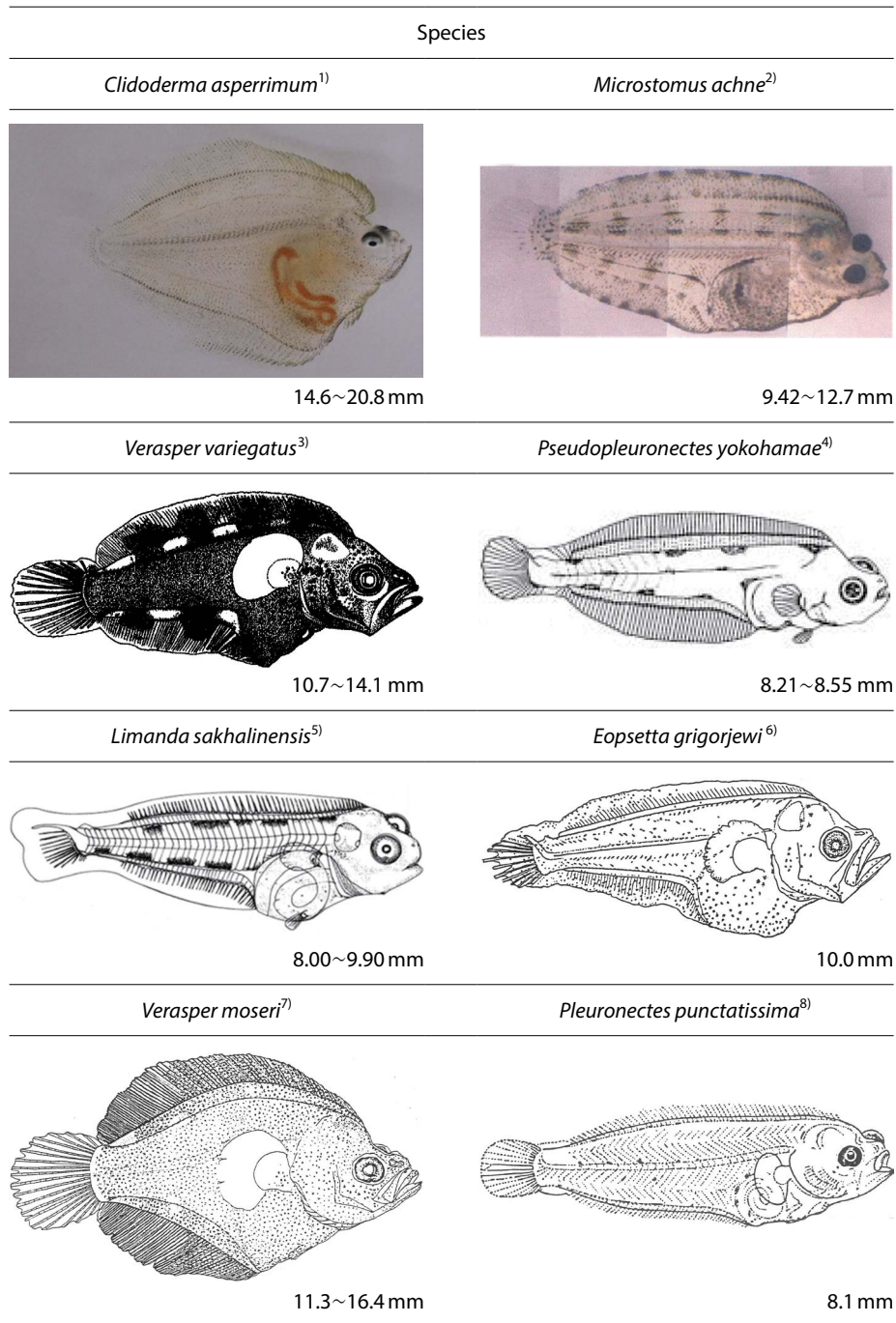


Fig. 4. Morphological comparison of postflexion larvae in Pleuronectidae fishes. ¹⁾Present study, ²⁾Byun *et al.* (2009), ³⁾Aritaki *et al.* (2001), ⁴⁾Han *et al.* (2001), ⁵⁾Han *et al.* (2017), ⁶⁻⁸⁾Okiyama (1988).

체와 지느러미에 반점 모양의 흑색소포가 침착되었고, 강도다리는 국화 모양의 흑색소포가 몸에 침착하였으며, 노랑가자미, 문치가자미, 사할린가자미, 찰가자미는 등과 배 쪽, 척색을 중심으로 침착하여 어종별로 흑색소포 분포위치에서 차이를 보였다 (Fig. 4). 이러한 색소포의 위치, 출현 시기 및 발달양상은 종에 따라 특수한 형질의 상태를 나타내는 것이라 생각되며, 이들 흑

색소포의 분포상태는 분류형질로 중요한 역할을 할 것으로 생각된다 (Han *et al.*, 2001).

발육과정 중 저서생활로 이행하는 시기의 성장패턴 차이는 형태발달에 있어 종간의 독특한 특징이라 생각된다 (Byun *et al.*, 2009). 줄가자미는 부화 후 75일 평균전장 15.3 ± 0.43 mm 일 때부터 착저가 진행되었고, 찰가자미는 11.1 ± 1.15 mm (Byun *et*

Table 4. Comparison of benthos life period of Pleuronectiformes fishes

Species	Days after hatching														
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
<i>Clidoderma asperrimum</i> (Present study)															(15.3)
<i>Microstomus achne</i> (Byun <i>et al.</i> , 2009)															(11.1)
<i>Platichthys stellatus</i> (Byun <i>et al.</i> , 2007)															(9.68)
<i>Pseudopleuronectes yokohamae</i> (Han <i>et al.</i> , 2001)															(10.0)
<i>Limanda sakhalinensis</i> (Han <i>et al.</i> , 2017)															(12.4)
<i>Paralichthys olivaceus</i> (Han and Kim, 1997)															(12.3)
<i>Verasper moseri</i> (Aritaki <i>et al.</i> , 2000)															(25.7)
<i>Verasper variegatus</i> (Aritaki <i>et al.</i> , 2001)															(23.8)

(): Mean total length, mm

al., 2009), 사할린가자미 12.4 ± 1.20 mm (Han *et al.*, 2017), 강도다리 9.68 ± 0.39 mm (Byun *et al.*, 2007), 문치가자미 10.0 ± 1.16 mm (Han *et al.*, 2001), 넙치 (Han and Kim, 1997) 12.3 mm로 줄가자미보다 크기가 작은 시기에 저서생활로 이행하였으며, 노랑가자미 25.7 mm (Aritaki *et al.*, 2000), 범가자미 23.8 mm (Aritaki *et al.*, 2001)는 줄가자미보다 큰 시기에 저서생활로 이행하는 것으로 나타났다 (Table 4).

줄가자미는 가자미류 중 난 및 부화 직후 자어의 크기가 크고 유구가 없으며, 난발생 과정 중 흑색소포가 발달하지 않는 점에서 비교한 가자미류들과 초기생활사 과정에서 나타나는 차이점을 확인할 수 있었다. 또한 가자미류는 후기자어 시기에 형태적으로 유사한 종이 많지만 줄가자미는 체고가 다른 종보다 높고 둥글며, 몸 전체에 흑색소포가 침착하여 자어시기에 형태적으로 종을 구분할 수 있는 중요한 기초자료를 확보할 수 있었다.

요 약

줄가자미의 난발생 및 자치어 형태발달을 관찰하여 종자생산 및 분류학적 연구의 기초자료로 이용하고자 한다. 2017~2018년까지 동해안에서 어미를 채집하여 원형수조 ($\varnothing 6 \times 1$ m) 수온 $12.8 \pm 1.9^\circ\text{C}$ 에서 사육하였다. 수정란의 크기는 $1.42 \sim 1.59$ mm (평균 \pm SD, 1.51 ± 0.04 mm, $n = 50$)였고, 난의 형태는 구

형의 무색 투명한 분리부성란이었다. 난발생 과정은 수정 60분 후 난황과 난막이 분리되었고, 62시간 후 배체가 형성되었다. 수정 144시간 후 전체의 50% 이상이 부화가 완료되었다. 부화 직후의 자어는 전장 $4.22 \sim 4.64$ mm (4.53 ± 0.16 mm, $n = 10$)로 입과 항문은 열리지 않았고, 부화 후 10일째 전기자어는 전장 $5.88 \sim 6.62$ mm (6.31 ± 0.33 mm, $n = 10$)로 난황 흡수가 완료되고, 입이 열리기 시작하였다. 부화 후 55일째 중기자어는 전장 $10.4 \sim 13.3$ mm (12.7 ± 1.3 mm, $n = 10$)로 척추말단 끝부분은 휘어졌다. 부화 후 120일째는 전장 $35.3 \sim 40.5$ mm (39.5 ± 2.4 mm, $n = 10$)였고, 각 지느러미 기조 수는 등지느러미 79~94개, 뒷지느러미 63~75개로 정수에 달하면서 치어기로 이행하였다.

REFERENCES

- Aritaki, M., S. Suzuki and K. Watanabe. 2000. Morphological development and growth of laboratory-reared barfin flounder *Verasper moseri*. Nippon Suisan Gakkaishi Japanese, 66: 446-453.
- Aritaki, M., K. Ohta, Y. Hotta and M. Tanaka. 2001. Morphological development and growth of laboratory-reared spotted halibut *Verasper variegatus*. Nippon Suisan Gakkaishi Japanese, 67: 58-66.
- Blexter, J.H.S. 1974. The early life history of fish. Springer-Verlag, Berlin, Germany, 765pp.
- Byun, S.G., B.I. Lee, J.H. Lee, H.D. Ku, S.U. Park, S.M. Yun, S.Y.

- Hwang, Y.C. Kim and H.G. Han. 2007. Egg development and morphological change of larvae and juveniles of the starry flounder, *Platichthys stellatus*. Korean J. Ichthyol., 19: 350-359.
- Byun, S.G., S.H. Lee, J.H. Hwang, K.H. Han, K.W. Kang, J.D. Kim, Y.C. Kim and B.I. Lee. 2009. Embryonic and larva development of slime flounder, *Microstomus achne*. Dev. Reprod., 13: 281-289.
- Chae, B.S., H.B. Song and J.Y. Park. 2019. A field guide to the freshwater fishes of Korea. LG Evergreen Foundation, Seoul, Korea, pp. 285-290.
- Cho, K.C., J.H. Kim, C.S. Go, Y. Kim and K.K. Kim. 1995. A study on seedling production of the spotted flounder, *Verasper variegatus*. Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency, 50: 41-57.
- Fujita, S. 1965. Early development and rearing of two common flatfishes, *Eopsetta grigorjewi* (Herzenstein) and *Tanakius kitaharai* (Jordan et Starks). Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 31: 258-262.
- Han, K.H. and Y.U. Kim. 1997. The early life history of the flounder, *Paralichthys olivaceus* 1. Development of egg, larvae and juveniles. Bull. YosU Nat'l Fish., 11: 105-117.
- Han, K.H. and Y.U. Kim. 1999. Eggs development and morphology of larvae of the flounder, *Limanda herzensteini*. Korean J. Ichthyol., 11: 86-93.
- Han, K.H., H.C. Na, A.J. Park and J.M. Park. 2017. Egg development and morphological change of larvae and juveniles of the sakhalin sole *Limanda sakhalinensis*. Korean J. Fish. Aqua. Sci., 50: 287-295.
- Han, K.H., J.T. Park, D.S. Jin, S.I. Jang, H.H. Joung and J.K. Jho. 2001. Morphological development of larvae and juveniles of the marbled sole, *Limanda yokohamae*. Korean J. Ichthyol., 13: 161-165.
- Imaoka, Y. and H. Misu. 1974. Fisheries biology of the roundnose flounder, *Eopsetta grigorjewi* Herzenstein, in the south-western Japan sea and its adjacent water-VI. Early stage in development and growth by rearing. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 40: 1107-1114.
- Kim, I.S., Y. Choi, C.L. Lee, Y.J. Lee, B.J. Kim and J.H. Kim. 2005. Illustrated book of Korean fishes. Kyo Hak Publishing, Seoul, Korea, pp. 474-484.
- Kim, J.K., Y.U. Kim and S.G. Byun. 2000. Egg and larval development of *Chelon lauvernii* from Korea. Korean J. Ichthyol., 12: 137-145.
- Kim, Y.U. 1982. On the egg development and larvae of right-eye flounder, *Kareius bicoloratus* (Basilewsky). Korean J. Fish. Aqua. Sci., 15: 323-328.
- Kim, Y.U., J.K. Myoung and J.S. Park. 1983. Eggs development and larvae of the right-eye flounder, *Limanda yokohamae* Gunther. Bull. Korean Fish. Soc., 16: 389-394.
- Lim, H.K., M.H. Jeong, Y.H. Do and M.H. Son. 2012. Sexual maturity and reproductive cycle of roughscale sole, *Clidoderma asperrimum* cultured in indoor tank. Korean J. Fish. Mar. Sci. Edu., 24: 1003-1012
- Minami, T. 1982. The early life history of a flounder *Pleuronichthys cornutus*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 48: 369-374.
- Minami, T. 1983. The early life history of a flounder *Tanakius kitaharai*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 49: 527-532.
- Minami, T. 1984. The early life history of a flounder *Kareius bicoloratus*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 50: 551-560.
- Mito, S. 1963. Pelagic fish eggs from Japanese waters-IX. Echeneiformes and pleuronectiformes. Jap. J. Ichthyol., 11: 81-102.
- Myoung, J.G. and G.H. Cho. 2021. Sea fishes illustration book. Bori Publishing, Paju, Korea, pp. 721-751.
- Nakagawa, T. 1989. Cultivation fishery and freshness synthesis skill. (27) seedlings of Matsukawa, 8: 71-77.
- Nam, K.M., S.H. Huh, Y.S. Heo, J.M. Jeong, H.J. Kim and G.W. Baeck. 2013. Stomach contents of stone flounder, *Kereius bicoloratus* and roughscale flounder, *Clidoderma asperrimum* in the coastal waters off Tongyeong, Korea. Korean J. Ichthyol., 25: 163-168.
- Nelson, J.S., T.C. Grande and M.V.H. Wilson. 2016. Fishes of the world (Fifth edition). John Wiley and Sons Hoboken, New Jersey, U.S.A., pp. 399-401.
- NFRDI (National fisheries research & development institute). 2010. Aquacultural technique development of roughscale sole. Rep. Nat'l Fish Res. Dev. Inst., East Sea Fish. Res. Inst., Gangneung, Korea, pp. 1-61.
- Okiyama, M. 1988. An atlas of the early stage fishes in Japan. Tokai Univ. Press Tokyo, Japan, 943pp.
- Park, K.D., J.G. Myoung, Y.J. Kang and Y.U. Kim. 2005. Seasonal variation of abundance and species composition ichthyoplankton in the coastal water off Tongyeong, Korea. J. Kor. Fish. Soc., 38: 385-392.
- Rho, Y.G., D.W. Park, Y.J. Park and J.H. Lee. 1988a. The artificial seeding production of flatfish, *Limanda sakhalinensis* Hubbs. Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency, 41: 75-85.
- Rho, Y.G., D.W. Park and G.T. Lee. 1988b. Early development and rearing of floating larvae and fry of flatfish, *Limanda herzensteini* Jordan et Synder. Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency, 41: 65-73.
- Takita, T. and S. Fujita. 1964. Egg development and prolarval stages of the turbot, *Pleuronichthys cornutus* (Temminck et Schlegel). Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 30: 613-618.
- Takita, T., S. Fujita and Y. Dotsu. 1967. Egg development and prolarval stages of flatfish, *Verasper variegatus* (Temminck et Schlegel). Fac. Fish. Nagasaki Univ., 23: 101-106.
- Yusa, T. 1960a. Differences of structures of eggs and larvae between *Limanda yokohamae* Gunter and *Limanda schrencki* Schmidt. Bull. Mar. Biol. Station Ashamushi, 10: 127-131.
- Yusa, T. 1960b. Eggs and larvae of flatfishes in the costal water Hokkaido IV. Embryonic development of mudab, *Limanda yokohamae* Gunter. Bull. Tokohu Reg. Fish. Res. Lab., 17: 18-30.
- Yusa, T. 1961. Eggs and larvae of flatfishes in the costal water Hokkaido I. Embryonic development of flatfish, *Xystris grigorjewi* (Herzenstein). Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 19: 109-118.