

# 사할린가자미(*Limanda sakhalinensis*)의 난발생 과정 및 자치어 형태발달

한경호 · 나해춘<sup>1</sup> · 박애전<sup>2</sup> · 박재민<sup>3\*</sup>

전남대학교 해양기술학부, <sup>1</sup>세보수산, <sup>2</sup>인천광역시 수산자원연구소, <sup>3</sup>경상북도 토속어류산업화센터

## Egg Development and Morphological Change of Larvae and Juveniles of the Sakhalin Sole *Limanda sakhalinensis*

Kyeong-Ho Han, Hae-Choon Na<sup>1</sup>, Ae-Jeon Park<sup>2</sup> and Jae-Min Park<sup>3\*</sup>

Marine Technology Undergraduate, Chonnam National University, Yeosu 59626, Korea

<sup>1</sup>Sebo Susan, Tongyeong 53087, Korea

<sup>2</sup>Fisheries Resource Research, Incheon Metropolitan City, Incheon 23121, Korea

<sup>3</sup>Gyeongsangbuk-Do Native Fish Business Center, Uiseong 37366, Korea

Egg development and morphological change of larvae of the Sakhalin sole *Limanda sakhalinensis* were studied by observing specimens obtained in a rearing experiment from fertilized eggs to the juvenile stage. The wild broodstock was collected in January 2010 and kept in a circular water tank (Ø1.5×1 m) at a temperature of 14.5±0.5°C. Fertilized eggs ranged from 0.72 to 0.82 mm (0.77±0.07 mm, mean±SD) in diameter. The eggs were spherical, transparent and adhesive demersal. The egg yolk was divided from the oocyte 10 min after fertilization (AF), and an embryo was formed in 36 h AF. More than 50% of the eggs hatched within 133 h AF. The mouth and anus did not open until 3.5±0.25 mm total length (TL). At 4, days after hatching (AH), the fish became larvae 3.7 to 4.2 mm (4.0±0.36 mm TL), yolk absorption was completed and the mouth began to open. The left eye moved upward and the nostril moved to the right at 39 days AH. These post-larvae ranged from 8.0 to 9.9 mm TL (8.9±1.33 mm TL). At 50 days AH, the fish became juveniles (12.4±1.20 mm TL) There were 70-72 dorsal fin rays, 55-56 anal fin rays, 11 pectoral fin rays, and 6 ventral fin rays and the juveniles adopted a benthic life.

Key words: Egg development, Juvenile, Larvae, *Limanda sakhalinensis*

## 서론

가자미과 어류는 전 세계 39속 93종, 우리나라에는 15속 26종이 알려져 있고(Kim et al., 2005), 본 연구에 사용된 종은 현재 국내에서 보고되지 않은 미기록종으로 국명 가칭을 Rho et al. (1988a)에 따라 사할린가자미(*Limanda sakhalinensis*)로 칭하였다. 사할린가자미는 가자미목(Pleuronectiformes) 가자미과(Pleuronectidae) 각시가자미속(*Limanda*)에 속하는 어류로 우리나라 동해안을 비롯한 일본 북해도의 오후츠크해, 러시아 사할린섬 및 미국 알래스카 연안에 서식하는 것으로 알려져 있다(Rho et al., 1988a; Nakabo, 2002). 가자미류는 중요한 수산자원으로 양식대상 품종으로 개발하기 위해서 인공종묘생산 기술 연구가 필요하며, 자원생태를 파악하기 위해서는 종의 초기 발육 과정을 우선적으로 알아야한다(Byun et al., 2007; Byun

et al., 2009). 가자미류에 대해서는 강도다리(*Platichthys stellatus*), 문치가자미(*Pseudopleuronectes yokohamae*)의 난 발생과 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; Aritaki et al., 2001), 도다리(*Pleuronichthys cornutus*), 갈가자미(*Tanakius kitaharae*), 돌가자미(*Kareius bicoloratus*)의 난 발생과 초기 생활사(Takita and Fujita, 1964; Minami, 1982; Kim, 1982; Minami, 1983; Minami, 1984), 참가자미(*P. herzensteini*)의 초기발생과 자치어 사육(Rho et al., 1988b), 문치가자미와 점가자미(*P. schrenki*)의 난과 자어의 구조적 차이(Yusa, 1960a), 물가자미와 갈가자미의 초기발생과 자어사육(Fujita, 1965), 문

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2017.0287>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Korean J Fish Aquat Sci 50(3) 287-295, June 2017

Received 23 March 2017; Revised 13 April 2017; Accepted 25 April 2017

\*Corresponding author: Tel: +82. 54. 830. 8833 Fax: +82. 54. 830. 8809

E-mail address: jml1090@korea.kr

치가자미와 참가자미 외부형태 비교와 식별(Kato et al., 1974) 및 해외 선행연구와 분자계통분류학적 연구에 근거하여 새롭게 분류체계를 정리한 연구(Ji et al., 2016) 등의 많은 연구가 수행되었다. 해산어류의 자치어 시기에는 형태와 특징이 종마다 다양하며, 특히 가자미류의 경우 같은 속에 속하는 종이라도 종을 동정하는데 많은 어려움이 있다(Byun et al., 2007). 따라서 본 연구에서는 사할린가자미의 난 발생 과정, 자치어 형태발달을 관찰하여 중요생산 및 유사종간의 비교동정을 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 어미확보 및 채란

실험에 사용된 어미는 2010년 1월 동해안의 경북 영덕 및 포항 연안에서 자망으로 포획하였고, 어미는 종 동정을 위해 지느러미 개수 및 형태를 관찰하였다. 그 중 성숙한 암컷 전장 28.0-32.5 cm (평균±SD, 30.3±3.18 cm, n=4), 수컷 전장 25.0-32.0 cm (28.5±4.95 cm, n=4) 총 8개체를 선별하여 연구실 원형수조(Ø1.5×1 m)로 운반 후 수용하였다. 산란수 파악을 위해 알의 총 중량과 1g당 난의 개수를 조사하였고, 암컷은 복부압박법으로 채란 후, 미리 채취한 수컷의 정액을 혼합하여 건식법으로 인공수정하였다. 수정란은 사각수조(50×35×30 cm)에 수용하였고, 사육수온은 14.0-15.0°C (14.5±0.5°C)였으며, 염분은 31.3-33.6 psu (32.5±1.63 psu)를 유지하였다.

### 난 발생 과정 및 자치어 형태발달

난 발생 과정은 수정란 1,000개를 별도로 채취하여 1,000 mL 유리 비이커에 수용하였고, 에어레이션으로 약하게 폭기시켜 주었다. 먹이는 부화 후 4일부터 56일까지 Rotifer (*Brachionus rotundiformis*)+*Artemia* sp. nauplius 유생을 mL 당 10-20개체 혼합 공급하였고, 부화 후 56일 이후부터는 배합사료(Love larva, Japan)를 공급하였다. 사육용수는 매일 1/3씩 환수하였고, 부화 후 30일 이후부터 순환여과식으로 전환하여 사육하였다. 난의 크기 측정을 위해 30개를 무작위로 추출하였고, 자치어는 부화 직후부터 70일까지 10개체를 선별하여 10% 중성 포르말린에 고정 후 만능투영기(Nikon JP V-12BM, Japan)를 이용하여 측정 및 관찰하였다. 난 발생 과정과 자치어 형태는 입체현미경(Nikon NM-40, Japan)으로 관찰하였고, 발육단계는 Okiyama (1988)에 따라 구분하였으며, 고정된 자치어의 시료는 표본병에 보관 후 전남대학교 자원생물실험실에 보관하였다.

## 결 과

### 성어의 종 동정

채집한 어미의 종 동정을 위하여 검토한 결과, 학명은 *Liman-*

*da sakhalinensis* (Hubbs, 1915)로 Nakabo (2002)가 보고한 형태적인 특징(아래턱의 경사가 급한 점, 양안간격이 좁은 점, 체표면의 비늘에 가시가 3-10개 있는 점 등)과 계수형질(등지느러미 줄기 수 70-76개, 뒷지느러미 55-60개, 가슴지느러미 11-12개, 측선비늘수 81-92, 새파수 5~9+8~10)이 일치하였다. 외부 형태적 특징은 몸은 좌우로 납작한 측편형으로 유안측의 눈이 우측에 위치하여 양안간격이 좁았으며, 체색은 몸 전체가 황갈색을 띠고 흰색반점이 불규칙적으로 산재해 있었다. 체장은 체고의 2.5-2.7배였고, 머리길이는 위턱 길이보다 3.4-3.6배였다. 등지느러미는 눈이 위치한 중간부분부터 시작하여 꼬리자루까지 이어져 있으며, 뒷지느러미는 항문 뒷부분부터 꼬리자루까지 이어져 있었다. 국명은 Rho et al. (1988a)이 사할린가자미로 국명을 가칭하여 기재하였기에 이에 따랐다.

### 난의 특징 및 산란수

수정란의 크기는 0.72-0.82 mm (0.77±0.07 mm, n=30)였고, 난의 형태는 구형으로 유구는 없었으며, 무색 투명한 침성점착란이었다. 암컷의 체중이 475 g 일 때 채란된 난의 총 중량은 212 g이었고, 1 g당 난의 개수는 180개로, 산란 수는 38,160개였다.

### 난 발생 과정

사할린가자미의 난은 수정 10분 후 난황이 난모로부터 분열되었고(Fig. 1A), 수정 약 2시간 후에는 배반이 형성되며(Fig. 1B), 4.5시간 후에는 제1분할이 일어나 2세포기에 달하였다(Fig. 1C). 수정 5시간 후에는 제2분할이 일어나 4세포기에 달하였고(Fig. 1D), 수정 6시간 후에는 8세포기에 달하였으며(Fig. 1E), 6시간 55분 후에는 16세포기에 달하였다(Fig. 1F). 수정 7.5시간 후에는 32세포기에 달하였고(Fig. 1G), 수정 8시간 55분 후에는 64세포기에 달하였으며(Fig. 1H), 15시간 후에는 상실기에 달한다(Fig. 1I). 수정 21.5시간 후에는 포배기에 달하였고(Fig. 1J), 수정 23.5시간 후에는 배반이 난황의 1/2를 덮어내려 왔으며(Fig. 1K), 26시간 55분 후에는 배반이 난황의 2/3를 덮어 내려왔다(Fig. 1L). 수정 29시간 후에는 배반이 난황을 완전히 덮어 원구폐쇄 직전이 되고(Fig. 1M). 수정 31.5시간 후에는 원구가 폐쇄되며, 낭배가 형성된다(Fig. 1N). 수정 36시간 후에는 배체가 형성되기 시작하고(Fig. 1O), 수정 40시간 후에는 배체의 형태가 뚜렷하게 발달하며(Fig. 1P), 43시간 후에는 안포가 형성되기 시작하였다(Fig. 1Q). 수정 55시간 후에는 Kuffer's vesicle이 형성되었고, 이 시기에는 근절이 8개 형성되었으며(Fig. 1R), 63시간 후에는 체표에 흑색소포가 침착하였고, 근절 수는 14-16개로 증가하였다(Fig. 1S). 수정 70시간 55분 후에는 Kuffer's vesicle이 소실되었고, 흑색소포는 몸 전체에 침착하였으며, 꼬리에는 막지느러미가 분화하였다. 눈에는 렌즈와 동공이 발달하였고, 이 시기의 근절 수는 20-22개로 증가하였다(Fig. 1T). 수정 76.5시간 후에는 입이 발달하고, 심장박동이 시작되었으며, 수정 84시간 후에는 배체의 움직임이

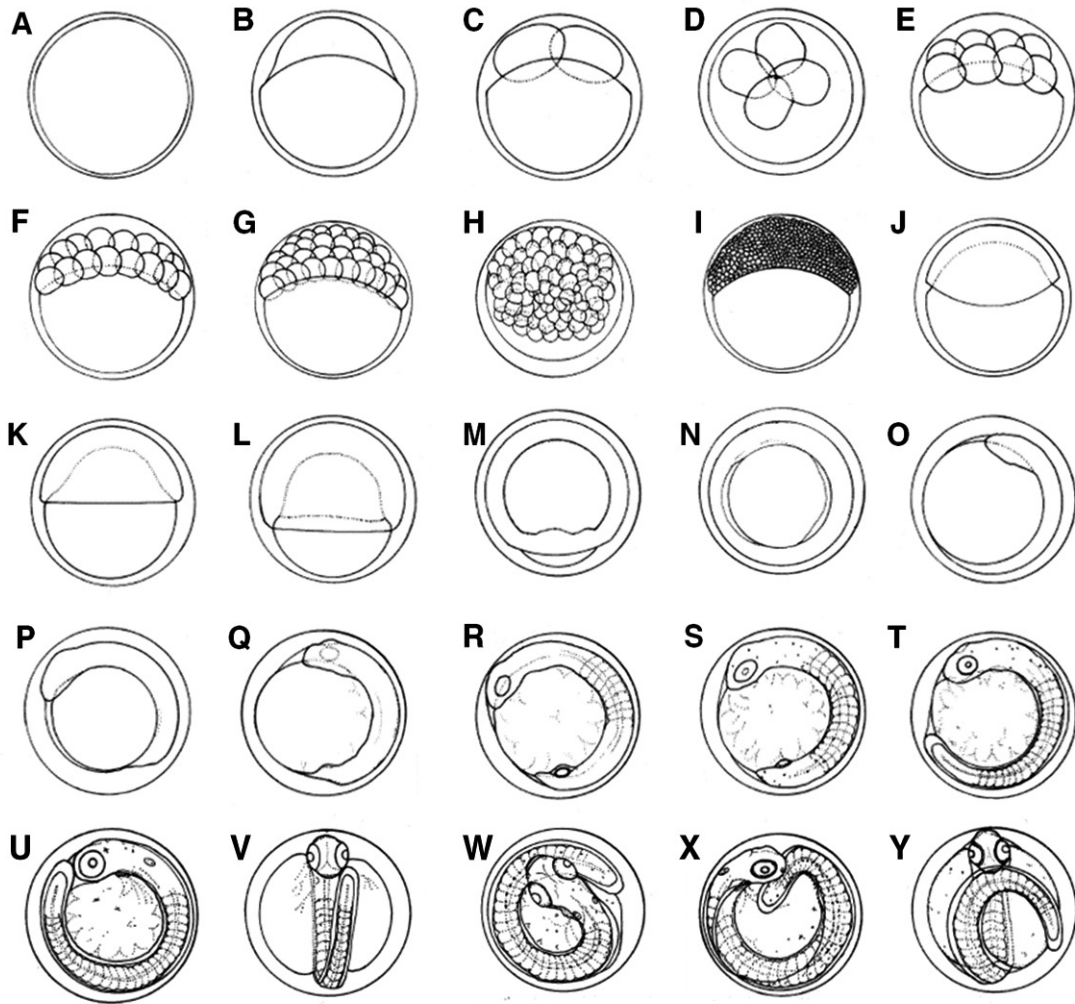


Fig. 1. Egg development of Sakhalin sole *Limanda sakhalinensis*. A: Fertilized egg, 10 min post-fertilization (PF); B: Blastodisc formed, 2 hour post-fertilization (hPF); C: 2cells, 4.5 hPF; D: 4cells, 5 hPF; E: 8cells, 6 hPF; F: 16cells, 6 hPF 55 min; G: 32cells, 7.5 hPF; H: 64cells, 8 hPF 55 min; I: Morula stage, 15 hPF; J: Blastula stage, 21.5 hPF; K: Gastrula stage 1/3, 23.5 hPF; L: Gastrula stage 2/3, 26 hPF 55 min; M: Gastrula stage 3/3, 29 hPF; N: Closure of circle, 31.5 hPF; O: Formation of embryo, 36 hPF; P: The embryo is distinctly developed, 40 hPF; Q: Formation of optic vesicle, 43 hPF; R: Formation of kuffer's vesicle, 55 hPF; S: Number of myotomes 14-16 development, 63 hPF; T: Disappear of kuffer's vesicle, 70 hPF 55 min; U: Heart beating and formation of otocyst, 76.5-86 hPF; V: Number of myotomes 34-35 development, 87 hPF; W: Development of nostril, 99 hPF; X: Number of myotomes 36-37 development, 118 hPF 53 min; Y: Just before hatching, 130 hPF. Scale bar=0.5 mm.

시작되었다. 그리고 수정 86시간 후에는 머리부분에 이포가 형성되었고, 근절 수는 28-29개로 증가하였다(Fig. 1U). 수정 87시간 후에는 배체가 난황을 둘러싸고 근절 수는 34-35개로 증가하였으며(Fig. 1V), 수정 99시간 후에는 이포에 이석이 형성되고 비공이 분화하면서 난황에는 흑색소포가 침착하였다(Fig. 1W). 수정 118시간 53분 후에는 비공이 형성되었고, 눈에 흑색소포가 착색하였으며, 근절 수는 36-37개로 증가하였다(Fig. 1X). 수정 130시간 후에는 막상의 지느러미가 형성되고 근절 수는 38-39개로 증가하였으며, 부화 직전에 이르렀다(Fig. 1Y).

수정 133시간 후에는 전체의 50% 이상이 부화가 완료되었고, 부화 자어는 수조 벽에 붙어 있다가 유영하기를 반복하였다.

#### 자치어 형태발달

부화 직후의 자어는 전장 3.3-3.6 mm (평균 3.5±0.25 mm, n=10)로 입과 항문은 열리지 않았고, 눈에는 색소포가 분포되어 있었다. 난황과 막지느러미에는 흑색소포가 침착되어 있었고, 근절 수는 10+28=38개 었다(Fig. 2A).

부화 후 4일째 전기자어는 전장 3.7-4.2 mm (평균 4.0±0.36

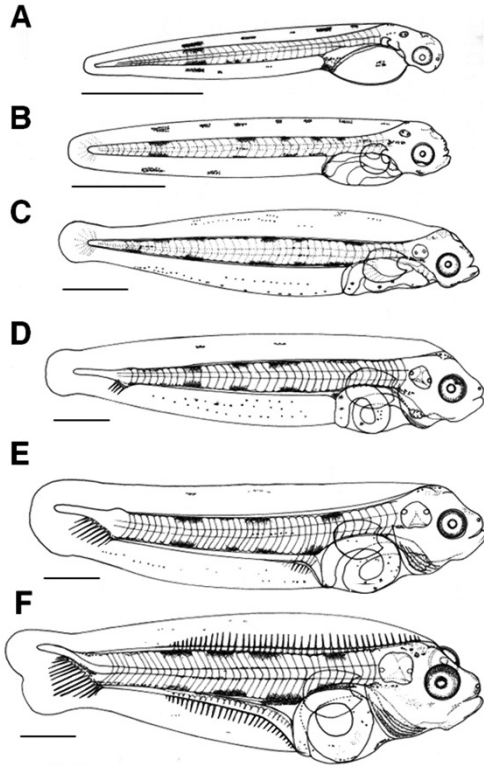


Fig. 2. Morphological development of preflexion and flexion of sakhalin sole *Limanda sakhalinensis*. A: Newly hatched larvae, mean 3.5 mm TL; B: 4 days after hatching (dAH), mean 4.0 mm TL; C: 10 dAH, mean 5.2 mm TL; D: 24 dAH, mean 6.4 mm TL; E: 30 dAH, mean 7.4 mm TL; F: 35 dAH, mean 7.8 mm TL. Scale bars=1.0 mm.

mm, n=10)로 입이 열리기 시작하였고, 꼬리부분의 체측에 색소포가 산재되어 있는 것과 대응하는 위치인 등과 배쪽의 막지느러미에도 침착되어 있지만 꼬리 말단부분에는 나타나지 않았으며, 항문 위쪽과 후두부에는 새롭게 흑색소포가 침착하였다(Fig. 2B).

부화 후 10일째 전기자어는 전장 4.8-5.5 mm (평균  $5.2 \pm 0.53$  mm, n=10)로 난황이 모두 흡수되었고, 소화관 위에는 별모양의 흑색소포가 4~5개 침착하였으며, 막지느러미 위에 침착되었던 색소포는 넓게 침착하였다. 이 시기에는 꼬리지느러미의 줄기가 분화되기 시작하였다(Fig. 2C). 부화 후 24일째 전기자어는 전장 5.7-7.1 mm (평균  $6.4 \pm 1.04$  mm, n=10)로 척색말단은 위쪽으로 휘어지지 않았고, 하미축골 기저부분이 부풀면서 꼬리지느러미의 기초 원기가 4개 형성되었다. 막지느러미에 침착된 흑색소포는 소실되었고, 두정부에 새롭게 침착되기 시작하였으며, 소화관은 나선형으로 발달하여 1회전 하였다. 이 시기에는 아가미 뚜껑이 발달하여 개폐 운동하는 것이 육안으로 관찰되었다(Fig. 2D).

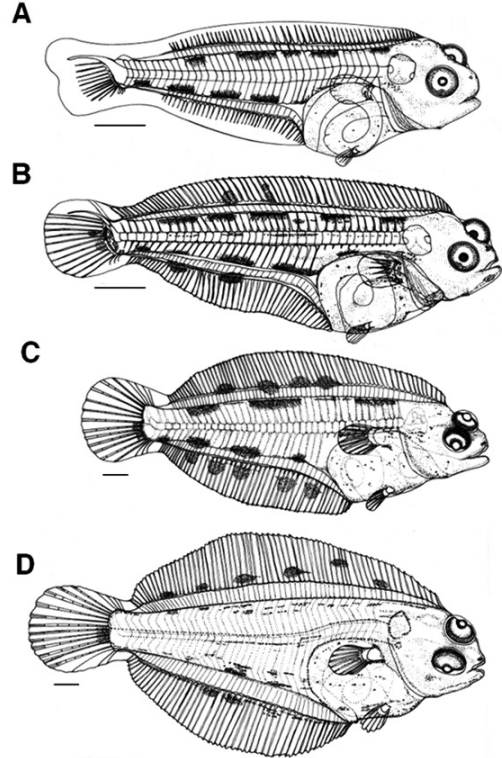


Fig. 3. Morphological development of postflexion and juveniles of sakhalin sole *Limanda sakhalinensis*. A: 39 dAH, mean 8.9 mm TL; B: 45 dAH, mean 9.5 mm TL; C: 50 dAH, mean 12.4 mm TL; D: 56 dAH, mean 15.8 mm TL. Scale bars=1.0 mm.

부화 후 30일째 중기자어는 전장 6.5-8.2 mm (평균  $7.4 \pm 1.19$  mm, n=10)로 두부의 외형이 다소 커졌고, 척색말단은 상부로 휘어지기 시작하였다. 꼬리지느러미의 기초 원기는 9개로 증가하였고, 뒷지느러미 줄기 수는 5개가 형성되었다(Fig. 2E). 부화 후 35일째 중기자어는 전장 7.0-8.6 mm (평균  $7.8 \pm 1.07$  mm, n=10)로 이 시기에는 체고가 높아지고, 왼쪽의 눈이 위쪽으로 올라가면서 좌우 상칭이 되지 않아 변태하기 직전의 형태적 특징을 나타냈다. 흑색소포는 체표면과 두정부에 넓게 침착하였고, 꼬리 말단부분에도 침착하였다. 각 부위별 지느러미 줄기 수는 등지느러미가 44개 형성되었고, 뒷지느러미 29개, 꼬리지느러미의 기초 원기는 14개로 증가하였다(Fig. 2F). 부화 후 39일째 후기자어는 전장 8.0-9.9 mm (평균  $8.9 \pm 1.33$  mm, n=10)로 왼쪽 눈은 위쪽으로 계속 이동하였고, 비공은 우측으로 이동하였다. 각 부위별 지느러미 줄기 수는 등지느러미 54-56개, 뒷지느러미 37-38개로 증가하였고, 꼬리지느러미 줄기 11개, 배지느러미 줄기 수가 4개 형성되었다. 가슴지느러미는 막상으로 되어 있었고 줄기의 분화는 관찰되지 않았다(Fig. 3A).

부화 후 45일째 후기자어는 전장 9.3-9.7 mm (평균  $9.5 \pm 0.28$  mm, n=10)로 각 부위별 지느러미 줄기 수는 등지느러미 연조

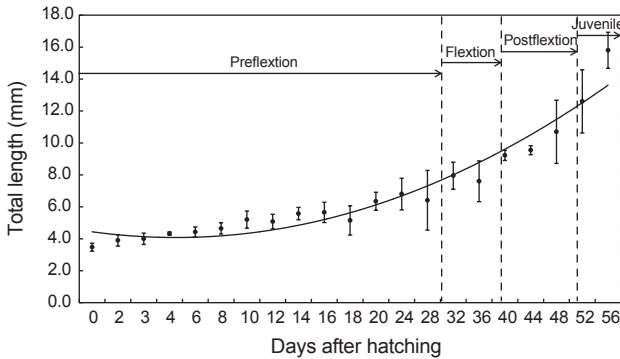


Fig. 4. Growth of larvae and juveniles after hatching in day of sakhalin sole *Limanda sakhalinensis*. circle and bars represent the mean and SD.

65-67개, 뒷지느러미 연조 47-49개, 꼬리지느러미 연조 12개로 증가하였고, 가슴지느러미 연조 5개가 형성되었다. 흑색소포는 두부 표면 및 복부에 다소 증가하였고, 각 부위별 지느러미에 침착하였다. 이 시기에는 담기골을 이루는 뼈가 후두부에서 미부의 2/3지점까지 이르렀고, 새파는 흔적 적으로 나타났다. 척추골 수는 11+27~28=38~39개로 정수에 달하였고, 미부봉상골

의 골화가 완료되었다(Fig. 3B).

부화 후 50일째는 전장 11.5-13.2 mm (평균 12.4±1.20 mm, n=10)로 수중에 유영하던 개체가 저서생활로 이행하면서 변태 후기에 달하였다. 왼쪽 눈은 등 쪽 전방으로 이동하여 안와부가 우측에서 왼쪽 눈의 일부와 겹쳐진다. 몸에 침착하였던 흑색소포는 점차 감소하였으나 좌측에 비하여 우측에 흑색소포의 침착이 증가하였다. 각 부위별 지느러미 줄기 수는 등지느러미 70-72개, 뒷지느러미 55-56개, 가슴지느러미 연조 11개, 배지느러미 연조 6개, 꼬리지느러미 19개로 모든 지느러미의 줄기 수가 정수에 달하면서 성어와 일치하였고, 치어기로 이행하였다(Fig. 3C). 부화 후 56일째 치어는 전장 15.0-16.6 mm (평균 15.8±1.13 mm, n=10)로 왼쪽 눈은 머리의 오른쪽으로 완전히 이동하였고, 흑색소포는 우측(유안측)에 불규칙적인 반문이 등, 뒷, 꼬리지느러미 위에 형성되었으며, 근절은  $\Sigma$ 형태를 이루었다(Fig. 3D).

자치어 성장

사할린가자미 자치어의 성장은 Fig. 4와 같았다. 부화 직후 자어는 평균전장(±SD)은 3.5±0.25 mm (n=10)였고 이후 완만한 성장을 보이면서 후기자어로 이행하는 시기인 부화 후 10일째 평균전장은 5.2±0.53 mm (n=10)였으며, 변태하기 직전

Table 1. Comparison of eggs characteristics in Pleuronectiformes fishes

Species	Egg type	Fertilized egg diameter (mm)	Number of Oil globule	Time for hatching (water temperature)	References
<i>Limanda sakhalinensis</i>	Dermersal	0.72-0.82	-	133 h (14.5°C)	Present study
	"	-	-	150 h (11.5-13.0°C)	Rho et al., 1988a
<i>Pseudopleuronectes herzensteini</i>	Buoyant	0.85-0.95	-		Mito, 1963
	"	885 μm	-		Rho et al., 1988b
	"	-	-	63-64 h (13.5-19.8°C)	Han and Kim, 1999
<i>Pseudopleuronectes schrencki</i>	Dermersal	0.70-0.83			Yusa, 1960a
<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)	Byun et al., 2007
<i>Pleuronichthys cornutus</i>	"	1.03-1.11	1	-	Takita and Fujita, 1964
<i>Pseudopleuronectes yokohamae</i>	Dermersal	0.71-0.81	-	-	Kim et al., 1983
	"	0.812-0.845	-	-	Yusa, 1960b
<i>Paralichthys olivaceus</i>	Buoyant	0.90-0.94	1	-	Han and Kim, 1997a
<i>Verasper variegatus</i>	"	1.60-1.64	-	-	Takita et al., 1967
<i>Verasper moseri</i>	"	1.70-1.93	-	-	Nakagawa, 1989
<i>Eopsetta grigorjewi</i>	"	1.03-1.07	-	-	Yusa, 1961
	"	1.10-1.20	-	-	Fujita, 1965
<i>Kareius bicoloratus</i>	"	1.014-1.40	-	-	Kim, 1982
<i>Tanakius kitaharai</i>	"	1.20-1.30	-	-	Fujita, 1965
<i>Microstomus achne</i>	"	1.54-1.73	-	169 h (9.8-13.0°C)	Byun et al., 2009

인 부화 후 35일째 평균전장  $7.8 \pm 1.07$  mm ( $n=10$ )부터 치어기로 이행하는 시기인 부화 후 50일째 평균전장  $12.4 \pm 1.20$  mm ( $n=10$ )까지 빠른 성장을 보였다.

부화 후 56일째 평균전장  $15.8 \pm 1.13$  mm ( $n=10$ )의 치어기에 는 변태가 완료된 후부터 빠른 성장을 보였다.

## 고 찰

경골어류는 일반적으로 산란생태가 다양하며, 난의 형태 또한 종에 따라 다르다. 대부분의 가자미류 수정란은 분리부성란인 반면 사할린가자미를 비롯한 점가자미, *P. schrencki* (Yusa, 1960a) 및 문치가자미(Yusa, 1960b; Kim et al., 1983)는 침성 점착란이다. 유구의 유무는 가자미류의 가장 큰 특징이며, 대부분의 가자미류와 사할린가자미는 유구를 가지지 않으나 도다리(Takita and Fujita, 1964)와 넙치과 어류인 넙치, *Paralichthys olivaceus* (Han and Kim, 1997a; Rho and Pyen, 1986)는 1개의 유구를 가지고 있어 차이를 나타낸다. 수정란의 크기를 다른 가자미과 어류와 비교해보면 사할린가자미는  $0.72-0.82$  mm (평균  $0.77 \pm 0.07$  mm)였고, 점가자미(Yusa, 1960a)와 유사하였으며, 문치가자미(Yusa, 1960b; Kim et al., 1983), 참가자미(Mito, 1963), (Rho et al., 1988b), 층거리가자미, *L. punctatissima* (Mito, 1963), 넙치 (Han and Kim, 1997a), 도다리(Takita and Fujita, 1964), 물가자미(Yusa, 1961), (Fujita, 1965), 돌가자미(Kim, 1982), 갈가자미(Fujita, 1965), 노랑가자미(Nakagawa, 1989), 범가자미(Takita et al., 1967), 강도다리(Byun

et al., 2007), 찰가자미(Byun et al., 2009)는 사할린가자미 보다 컸다. 난 발생 과정 중 색소포의 출현 시기를 비교한 결과 사할린가자미는 평균수온  $14.5^\circ\text{C}$ 일 때 Kuffer's vesicle 형성 이후 근절이 14-16개 형성되는 시기인 수정 후 63시간, 렌즈형성 7시간 55분 전에 체표면 위 색소포가 침착하였다. 강도다리(Byun et al., 2007)는 수온  $8.2-11.2^\circ\text{C}$ 일 때 Kuffer's vesicle 형성 이후 근절이 12-14개 형성되는 시기인 수정 후 62시간 20분, 렌즈형성 16시간 전에 배체의 두부 및 미부 등쪽에 출현하였고, 도다리(Takita and Fujita, 1964)는 수온  $14^\circ\text{C}$ 일 때 Kuffer's vesicle이 나타나는 수정 후 48시간, 렌즈형성 9시간 전에 흑색소포가 출현하며, 범가자미는 수온  $12-13^\circ\text{C}$ 일 때 수정 후 58시간(Takita et al., 1967),  $14^\circ\text{C}$ 일 때 54시간(Cho et al., 1995), 렌즈형성 10-18시간 전에 난황 위쪽의 배체와 근접한 곳에 출현한다. 갈가자미와 물가자미(Fujita, 1965)는 수온  $11.0-13.8^\circ\text{C}$ 일 때 근절이 17-18개 형성되는 시기인 수정 후 54-55시간, 렌즈형성 13시간 전에 배체와 난황 위쪽 배체와 근접한 부분에 색소포가 출현하여 이들 종의 색소포 출현시기는 사할린가자미와 동일하게 Kuffer's vesicle 형성 이후 렌즈형성 이전에 색소포가 출현하였다.

돌가자미(Kim, 1982)와 문치가자미(Kim et al., 1983)는 렌즈형성 시기에 흑색소포가 출현하는 종으로 돌가자미(Kim, 1982)는 수온  $8.0-9.5^\circ\text{C}$ 에서 수정 후 49시간 일 때 배체의 위쪽에 흑색소포가 침착하였고, 문치가자미(Kim et al., 1983)는 수온  $11.4^\circ\text{C}$ 에서 수정 후 62시간 일 때 배체 위에 흑색소포가 침착하였다. 넙치과 어류인 넙치(Han and Kim, 1997a)는 평균수

Table 2. Comparison of total length and myotomes of newly hatched larvae in Pleuronectiformes fishes

Species	Newly hatched larval size (mm)	Number of myotomes	References
<i>Limanda sakhalinensis</i>	3.30-3.60	10+28=38	Present study
<i>Pseudopleuronectes herzensteini</i>	2.40-2.60	-	Rho et al., 1988b
<i>Limanda aspera</i>	2.6	-	Okiyama, 1988
<i>Platichthys stellatus</i>	2.58-2.89	14+27=41	Byun et al., 2007
<i>Pleuronichthys cornutus</i>	2.75-2.80	12~13+24=36~37	Takita and Fujita, 1964
	-	13+24=37	Minami, 1982
<i>Pseudopleuronectes yokohamae</i>	2.64-2.72	9~10+30~32=39~42	Kim et al., 1983
<i>Verasper variegatus</i>	3.80	13+29=42	Takita et al., 1967
	3.87-4.20	39~40	Aritaki et al., 2001
<i>Verasper moseri</i>	3.65-4.78	11~12+32=44~45	Aritaki et al., 2000
<i>Eopsetta grigorjewi</i>	-	41	Yusa, 1961
	-	12~13+32=44~45	Fujita, 1965
<i>Kareius bicoloratus</i>	-	12+27=39	Minami, 1984
	-	11~12+32=44~45	Han and Kim, 1997b
<i>Tanakius kitaharai</i>	-	11~12+42=53~54	Fujita, 1965
<i>Microstomus achne</i>	3.85-4.34	14~15+33~34=47~49	Byun et al., 2009

은 17.6℃에서 렌즈형성 이후인 수정 후 37-39시간 일 때 배체 위에 흑색소포가 출현하여 종마다 색소포의 출현부위와 시기에 차이를 나타냈다. 가자미류의 흑색소포 발달양상을 비교해보면 사할린가자미는 체표면 위에 흑색소포가 침착하기 시작하여 난황을 포함한 몸 전체에 나뭇가지 모양으로 침착한다. 강도다리(Byun et al., 2007)는 두부 및 미부 등쪽으로 점상의 흑색소포가 침착하여 등 쪽으로 확산된다. 도다리(Takita and Fujita, 1964)는 흑색소포가 배체 전체에 확산되어 발달하며, 돌가자미(Kim, 1982)는 배체의 상하 가장자리와 꼬리중간 부위에 나뭇가지 모양으로 확산되면서 발달한다. 이와 같이 가자미류의 흑색소포 발달은 종마다 다양한 부위와 형태를 나타내며, 이러한 현상은 종에 따른 형질을 나타내는 것이라고 생각된다(Byun et al., 2007). 어류의 종묘 생산과정에서 수온은 어류의 난 발생 및 자치어의 성장과 생존에 영향을 미치는 중요한 환경요인 중 하나이며, 발생학적으로 볼 때 기관형성에 직접적인 영향을 미친다(Yoon et al., 2007; Hempel, 1979).

같은 가자미과 어류의 수온에 따른 부화 소요시간을 비교한 결과 사할린가자미는 평균수온 14.5℃에서 133시간, Rho et al. (1988a) 보고에 따르면 11.5-13.0℃에서 150시간이 소요되었고, 강도다리(Byun et al., 2007) 및 참가자미(Han and Kim, 1999)보다 느렸으며, 찰가자미(Byun et al., 2009)보다는 빠르게 부화하는 것으로 나타났다(Table 1). 부화자의 크기를 비

교해보면 사할린가자미는 전장 3.3-3.6 mm로 각시가자미, *L. aspera* (Okiyama, 1988), 강도다리 (Byun et al., 2007), 도다리 (Takita and Fujita, 1964), 문치가자미(Kim et al., 1983), 참가자미(Rho et al., 1988b)보다 작았으며, 찰가자미(Byun et al., 2009), 범가자미(Takita et al., 1967; Aritaki et al., 2001) 및 노랑가자미(Aritaki et al., 2000)보다 컸다. 부화자의 근절 수를 비교해보면 사할린가자미는 10+28=38개였고, 노랑가자미(Aritaki et al., 2000), 도다리(Takita and Fujita, 1964; Minami, 1982)보다 적었고, 강도다리(Byun et al., 2007), 찰가자미(Byun et al., 2009), 범가자미 (Takita et al., 1967; Aritaki et al., 2001), 돌가자미(Minami, 1984; Han and Kim, 1997b), 갈가자미(Fujita, 1965), 물가자미(Yusa, 1961; Fujita, 1965) 및 문치가자미(Kim et al., 1983)보다 많았다(Table 2). 같은 속 어류인 각시가자미(Okiyama, 1988)와 형태적 특징을 비교한 결과 사할린가자미는 부화 직후 전장 3.5 mm일 때 난황과 막지느러미에는 나뭇가지 모양의 흑색소포가 침착되어 있었고, 꼬리자루 상단과 하단 부분에도 침착되어 있었다. 각시가자미는 부화 직후 전장 2.6 mm일 때 복부 소화관과 꼬리부분에 흑색소포가 침착되었고, 몸의 정중앙을 따라 2열의 점선이 좌우로 연결되어 있어 형태적인 차이를 나타냈다.

사할린가자미는 전장 7.4 mm일 때 꼬리지느러미의 하미촉골이 골화하였고, 줄기는 9개가 형성되었으며, 전장 7.8 mm일 때

Table 3. Comparison of the number of fin in each part of the Pleuronectiformes fishes

Species	Total length (mm)	Dorsal fin	Anal fin	Ventral fin	Caudal fin	Pectoral fin	References
<i>Limanda sakhalinensis</i>	12.4	70-72	55-56	6	19	11	Present study
<i>Microstomus achne</i>	19.9	87-93	70-81	6	22	10	Byun et al., 2009
<i>Platichthys stellatus</i>	13.5	64-67	43-46	6	19	11	Byun et al., 2007
<i>Kareius bicoloratus</i>	16.9	65	50	-	18	-	Kim et al., 1981
	16.6	71	50	-	-	-	Kim, 1983
	14.2	67-69	49-52	6	16-18	11-12	Han and Kim, 1997b
<i>Verasper variegatus</i>	13.5	77	58	-	17	-	Kim et al., 1981
	15.5	78	58	-	-	-	Kim, 1983
<i>Pleuronichthys cornutus</i>	19.6	76	59	-	-	-	Kim, 1983
<i>Paralichthys olivaceus</i>	12.3	76-83	60-65	6	18-19	14-16	Han and Kim, 1997a

Table 4. Comparison of the number of number of lateral line scales and gil raker

Species	Number of Lateral line scales	Gill raker	References
<i>Limanda sakhalinensis</i>	81-92	5~9+8~10	Present study
<i>Limanda aspera</i>	74-90	3~9+5~10	
<i>Limanda punctatissima</i>	64-73	4~6+10~13	
<i>Pseudopleuronectes herzensteini</i>	68-82	2~5+6~8	Nakabo, 2002
<i>Pseudopleuronectes yokohamae</i>	74-90	2~4+6~7	
<i>Hippoglossoides dubius</i>	87-98	1~4+11~17	

눈의 이동이 시작되었다. 각시가자미는 전장 5.8 mm일 때 하미 촉골이 골화하여 전장 9.2 mm일 때 꼬리지느러미의 줄기가 형성되었고, 이 시기에 눈의 이동이 시작되었다. 사할린가자미는 전장 12.4 mm일 때 각 부위별 지느러미의 발달이 완료되었고, 흑색소포는 등과, 뒷지느러미 줄기 윗부분과 몸통 가장자리에 침착되었다. 각시가자미는 전장 15.0 mm일 때 지느러미의 줄기가 완성되었고, 흑색소포는 체측 정중앙을 따라 얼룩무늬의 반문이 침착되었다. 이에 따라 유사종 간의 자치어 시기에 나타나는 흑색소포 분포위치, 하미촉골 및 지느러미 발달 시기 등 형태적인 차이점으로 구분할 수 있었다. 치어기에 달하여 저서생활로 이행하는 시기를 비교한 결과 사할린가자미는 부화 후 50 일째 전장 11.5-13.2 mm일 때 이행하였고, 강도다리(Byun et al., 2007), 찰가자미 부화 후 38-41 일째(Byun et al., 2009)보다 크기가 작을 때 이행하였고, 돌가자미 부화 후 52 일째(Han and Kim, 1997b), 범가자미 부화 후 32 일째(Cho et al., 1995), 넙치 부화 후 32 일째(Han and Kim, 1997a)보다 크기가 클 때 저서생활로 이행하였다. 이처럼 저서생활로 이행하는 시기는 수온과 먹이 등의 사육환경에 따라 영향이 있을 것으로 판단되며 향후 상관관계를 밝히기 위해서는 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다. 우리나라에 서식하는 가자미류는 형태가 유사하여 육안으로 쉽게 구분이 어렵고, 새파수 및 지느러미 개수 등 계수형질을 이용한 분류가 이루어져 할 것으로 판단되며, 측선비늘수, 새파수와 지느러미 개수가 정수에 달하였을 시 다른 가자미류와 비교해보았다. 사할린가자미의 측선비늘수는 81-92개, 새파수는 5~9+8~10개였고, 각 부위별 지느러미 줄기 수는 등지느러미 70-72개, 뒷지느러미 55-56개, 가슴지느러미 연조 11개, 배지느러미 연조 6개로, Nakabo (2002)가 보고한 성어의 측선비늘수, 새파수 및 각 부위별 지느러미 개수와 유사하였으며, 다른 가자미류인 강도다리(Byun et al., 2007), 찰가자미(Byun et al., 2009) 및 넙치류의 넙치(Han and Kim, 1997a) 등과 비교한 결과 차이를 나타냈다(Table 3, 4). 따라서 사할린가자미의 난 발생과 자치어 형태발달의 특징을 종합해보면 수정란은 유구가 없는 침성점착란으로 수정란의 크기는 점가자미와 유사하였으며 나머지 가자미류보다 컸다. 난 발생 과정 중 색소포의 출현 시기는 Kuffer's vesicle 형성 이후 렌즈형성 이전에 출현하였으며 렌즈형성 이후에 색소포가 출현하는 돌가자미, 문치가자미 및 넙치와 구분할 수 있었다. 또한 부화자의 흑색소포는 나뭇가지 모양으로 체표면에 침착 후 등 쪽으로 확산되어 다른 가자미류의 흑색소포 발달양상과 차이를 보였다. 본 연구를 통해 유사종간의 차이를 구분할 수 있는 기초자료를 마련하게 되었으며, 향후 가자미류의 종묘생산 및 분류학적 연구 자료를 마련하기 위해서는 초기생활사에 대한 연구가 지속적으로 이루어져야 한다고 생각된다.

## References

Aritaki M, Suzuki S and Watanabe K. 2000. Morphological de-

velopment and growth of laboratory-reared barfin flounder *Verasper moseri*. Nippon Suisan Gakkaishi Japanese 66, 446-453.

Aritaki MK, Ohta Y, Hotta and Tanaka M. 2001. Morphological development and growth of laboratory-reared spotted halibut *Verasper variegatus*. Nippon Suisan Gakkaishi Japanese 67, 58-66.

Byun SG, Lee BI, Lee JH, Ku HD, Park SU, Yun SM, Hwang SY, Kim YC and Han HG. 2007. Egg development and morphological change of larvae and juveniles of the starry flounder, *Platichthys stellatus*. Korean J Ichthyol 19, 350-359.

Byun SG, Lee SH, Hwang JH, Han KH, Kang KW, Kim JD, Kim YC and Lee BI. 2009. Embryonic and larva development of slime flounder, *Microstomus achne*. Dev Reprod 13, 281-289.

Cho KC, Kim JH, Go CS, Kim Y and Kim KK. 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 KH, Park JT, Jin DS, Jang SI, Joung HH and Jho JK. 2001. Morphological development of larvae and juveniles of the marbled sole, *Limanda yokohamae*. Korean J Ichthyol 13, 161-165.

Han KH and Kim YU. 1999. Eggs development and morphology of larvae of the flounder, *Limanda herzensteini*. Korean J Ichthyol 11, 86-93.

Han KH and Kim YU. 1997a. The early life history of the flounder, *Paralichthys olivaceus* 1. Development of egg, larvae and juveniles. Bull Yosun Nat'l Fish 11, 105-117.

Han KH and Kim YU. 1997b. Development of larvae and juvenile of the stone flounder, *Kareius bicoloratus*. Bull Mar Sci Inst Yosun Nat'l Fish 6, 39-47.

Hempel G. 1979. Early life history of marine fish. Univ. Washington Press, pp. 38-60.

Imaoka Y and Misu H. 1974. Fisheries biology of the roundnose flounder, *Eopsetta grigorjewi* Herzenstein, in the southwestern Japan sea and its adjacent water-VI. Early stage in development and growth by rearing. Bull Jap Soc Sci Fish 40, 1107-1114.

Ji HS, Kim JK and Kim BJ. 2016. Molecular phylogeny of the families Pleuronectidae and Poecilopsettidae (Pisces, Pleuronectiformes) from Korea, with a proposal for a new classification. Ocean Sci J 51, 299-304. <http://dx.doi.org/10.1007/s12601-016-0026-8>.

Kato F, Okiyama M and Tajima M. 1974. External morphology and discrimination of two species of flounders belonging to the genus *Limanda* (*L. yokohamae*, and *L. herzensteini*) from the Japan sea. Bull Jap Sea Reg Fish Lab 25, 63-87.



- Kim IS, Choi Y, Lee CL, Lee YJ, Kim BJ and Kim JH. 2005. Illustrated book of Korean fishes. Kyo Hak Publishing, Seoul Korea, 474-484.
- Kim YU. 1983. Fish larvae of changson channel in Namhae, Korea. Korean J Fish Aquat Sci 16, 163-180.
- Kim YU, Chin P, Lee TY, Kang YJ. 1981. Studies on the fish larvae of coastal waters in Korea. Publ Inst Mar Sci Nat Fish Univ Busan 13, 1-35.
- Kim YU. 1982. On the egg development and larvae of right-eye flounder, *Kareius bicoloratus* (Basilewsky). Korean J Fish Aquat Sci 15, 323-328.
- Kim YU, Myoung JK and Park JS. 1983. Eggs development and larvae of the right-eye flounder, *Limanda yokohamae* Gunther. Bull Korean Fish Soc 16, 389-394.
- 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. Eche-neiformes and pleuronectiformes. Jap J Ichthyol 11, 81-102.
- Nakabo T. 2002. Fishes of Japan with pictorial keys to the species second edition. Tokai Univ Press, Tokyo, 1800.
- Nakagawa T. 1989. Cultivation fishery and freshness synthesis skill. (27) seedlings of Matsukawa 8, 71-77.
- Okiyama M. 1988. An atlas of the early stage fishes in Japan. Tokai Univ Press, Tokyo, 943.
- Rho S and Pyen CK. 1986. Mass fry production of rock cod, *Epinephelus fario* and flat fish, *Paralichthys olivaceus*. Rept Aquacult Lab Coll Mar Sci Technol Cheju Univ 3, 20-37.
- Rho YG, Park DW, Park YJ and Lee JH. 1988a. The artificial seeding production of flatfish, *Limanda sakhalinensis* Hubbs. Bull Nat Fish Res Dev Agency 41, 75-85.
- Rho YG, Park DW and Lee GT. 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, Fujuta S and Dotsu Y. 1967. Egg development and pro-larval stages of flatfish, *Verasper variegatus* (Temminck et Schlegel). Fac Fish Nagasaki Univ 23, 101-106.
- Takita T and Fujita S. 1964. Egg development and prolarval stages of the turbot, *Pleuronichthys cornutus* (Temminck et Schlegel). Bull Jap Soc Sci Fish 30, 613-618.
- Yoon SJ, Kim DH, Hwang HG, Song GC and Kim YC. 2007. Effects of water temperature, stocking density and feeding frequency on survival and growth in the oblong rockfish *Sebastes oblongus* larvae. Korean J Ichthyol 19, 1-7.
- 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, *Xystrias grigorjewi* (Herxenstein). Bull Tohoku Reg Fish Res Lab 19, 109-118.