

강도다리, *Platichthys stellatus*의 난발생과 자치어의 형태발달

변순규* · 이배익 · 이종하¹ · 구학동² · 박상연³
윤성민⁴ · 황선영⁵ · 김이청 · 한형균⁶

국립수산과학원 동해특성화연구센터, ¹동해수산연구소,
²중보존연구센터, ³바다목장화사업단 ⁴경상북도수산자원개발연구소,
⁵군산지방해양수산청, ⁶중부내수면연구소

Egg Development and Morphological Change of Larvae and Juveniles of the Starry Flounder, *Platichthys stellatus*

Soon-Gyu Byun*, Bae-Ik Lee, Jong-Ha Lee¹, Hak-Dong Ku²,
Sang-Un Park³, Seong-Min Yun⁴, Seon-Young Hwang⁵,
Yi-Cheong Kim and Hyung-Gyun Han⁶

Mariculture Research Center, NFRDI, Ulsan 767-860, Korea

¹East Sea Fisheries Research Institute, Gangneung 210-861, Korea

²Marine Species Conservation Center, NFRDI, Namjeju 699-800, Korea

³Marine Ranching Development & Management Center, NFRDI, Busan 619-902, Korea

⁴Gyeongsangbuk-do Fishery Resources Institute, Yeongdeok 766-852, Korea

⁵Gunsan Regional Maritime Affairs & Fisheries Offices, Gunsan 556-823, Korea

⁶Central Inland Fisheries Research Institute, NFRDI, Gapyeong 477-815, Korea

The egg development and morphological change of larvae and juveniles of the starry flounder, *Platichthys stellatus* were observed in laboratory. Fertilized eggs of the species, 1.09~1.19 mm (mean 1.13 ± 0.03 mm, n=50) in diameter, were floating, colorless, transparent in shape and lacked in oil globules. The eggs hatched out 121 hours after fertilization at water temperature 8.2~11.2°C. The size of the hatched larvae were 2.58~2.89 mm (mean 2.67 ± 0.09 mm) in total length, their mouth and anus were not open yet and myotome number was 14+27=41. Melanophore and xanthophore appeared on the notochord and digestive organ and the margin of membrane fin, on the yolk sac and eyes were lacking in pigment cells. 5 days after hatching the larvae attained 4.30~4.97 mm (mean 4.74 ± 0.21 mm) in TL, and their mouth and anus were open. 10 days after hatching the larvae transformed to postlarval stage and they were 4.67~5.75 mm in TL (mean 5.30 ± 0.31 mm), and absorbing the yolk completely. Feeding activity increased as the mouth became larger. At 23 days, the larvae attained 6.69~8.82 mm in TL (mean 7.85 ± 0.75 mm), and the right eye was started moving to the left side of the head. At 52 days, the juveniles attained 10.99~17.06 mm in TL (mean 13.50 ± 1.67 mm). The right eye

*Corresponding author: sgbyun@momaf.go.kr

was moved completely onto the left side. All of the fins had completed set of the fin rays (D. 64~67: A. 45~51: P. 11: V. 6: C. 19).

Key words : *Platichthys stellatus*, egg development, larvae and juveniles

서 론

강도다리, *Platichthys stellatus*는 가자미목 (Pleuronectiformes), 가자미과 (Pleuronectidae), 강도다리속 (*Platichthys*)에 속하는 저서성 어류로, 우리나라의 북부 연해 (원산, 청진) 및 일본 토오쿄오와 블라디보스톡, 오호츠크해, 베링해를 거쳐 미국 남 캘리포니아주 이북에 까지 널리 분포하며, 연해성 어류이나 기수에도 서식하는데 산란을 목적으로 하구에까지 올라오는 습성이 있고 개울 하류에까지도 거슬러 올라오며 하구 근처의 호소에도 서식 하고, 산란기는 일본 홋카이도 서안에서는 2~3월경이다 (정, 1998; 김 등, 2001).

강도다리에 관한 연구는 국외에서는 자연산 강도다리의 rhabdovirus 특성과 동정 (Mork *et al.*, 2004), 은 (Ag) 에 대한 생리학적 영향 (Hogstrand *et al.*, 1999), PAHs (Polycyclic aromatic hydrocarbons)의 생물학적 영향 (Stein *et al.*, 1990) 등 다양한 연구가 이루어졌다. 반면, 국내 연구자에 의해서는 필수 지방산이 강도다리 치어의 성장 등에 미치는 영향 (Lee *et al.*, 2003), 글루코스, 텍스트린 및 전분이 성장과 체조성에 미치는 영향 (Lee and Lee, 2004)과 GnRHα 처리에 의한 강도다리 성호르몬 및 정액 생산량의 증가 (Moon *et al.*, 2003)에 대해서 보고되어져 있다.

가자미류에 관한 연구는 문치가자미 (*Pleuronectes yokohamae*)의 난발생과 자치어 형태발달 (Yusa, 1960b; 김 등, 1983; 한 등, 2001), 물가자미 (*Eopsetta grigorjewi*)의 초기발달과 성장 (Yusa, 1961; Imaoka and Misu, 1974), 도다리 (*Pleuronichthys cornutus*)의 난발생과 초기생활사 (Takita and Fujita, 1964; Minami, 1982), 갈가자미 (*Tanakius kitaharai*)의 초기생활사 (Minami, 1983), 돌가자미 (*Kareius bicoloratus*)에 대한 난발생과 초기생활사 (김, 1982; Minami, 1984), 범가자미 (*Verasper variegatus*)에 대한 난발생과 형태발육 및 성장 (Takita *et al.*, 1967; 조 등, 1995; Aritaki *et al.*, 2001), 노랑가자미 (*Verasper moseri*) 자치어의 형태발육과 성장 (Aritaki *et al.*, 2000) 등과 문치가자미와 점가자미 (*Limanda schrenckii*)의 난과 자어의 구조적 차이 (Yusa, 1960a), 물가자미와 갈가자미의 초기 발생과 자어 사육 (Fujita, 1965), 문치가자미와 참가자미 (*Limanda herzensteinii*)의 외부 형태

의 비교와 식별 (Kato *et al.*, 1974), 참가자미의 초기 발생과 자치어 사육 (노 등, 1988) 등의 많은 연구가 있다.

가자미과 어류는 자연에서 채집된 자치어를 동정하는데는 많은 어려움이 있고, 같은 屬의 어류에서는 더욱 힘든 경우가 많다. 이 연구는 우리나라 동해 연안에서 겨울철에서 초봄까지 국한되어 어획되는 강도다리의 난발생과 자치어의 형태발달을 관찰함으로써 다른 종과의 비교동정을 위한 기초 자료로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

실험에 사용한 강도다리 어미는 동해특성화연구센터 실내사육 수조에서 사육한 성숙한 암컷 1마리와 수컷 3마리 (우: 전장 45.0 cm, 체중 2,203 g; 송: 전장 32.9~37.2 cm, 체중 533~758 g)로 2004년 3월 26일 복부를 압박하여 난과 정자를 취하였으며, 건도법으로 수정 시켰다. 수정란은 세란 후 300 L 원형 FRP 수조에 수용하였으며, 사육수는 5 μm 카트리지 필터와 자외선 투과 멸균 해수를 1일 100% 환수되도록 유수하여 주었고, 수정란이 엉키지 않을 정도로 약하게 통기하여 주었다. 부화한 자어는 초기에는 지수식에서 자어가 성장함에 따라 유수량을 늘려주었으며, 먹이는 부화 후 5일째부터 rotifer (*Brachionus plicatilis*)를 주었고, 성장함에 따라 *Artemia* sp. 부화유생과 양어용 배합사료를 공급하면서 사육, 관찰하였다. 실험기간 중 수온은 수질측정기 (YSI 50, America)를 이용하여 측정하였다. 난발생과정 중의 수온은 8.2~11.2°C (평균 10.2°C)였으며, 자어 사육기간 중의 수온은 10.2~15.9°C (평균 14.0°C)였다.

발생중인 알은 입체해부현미경을 사용하여 관찰하였고, 자치어는 1~3일 간격으로 10마리씩 무작위로 추출하여, 얼음과 MS-222 Sandoz (Tricaine methanesulfonate)로 마취시켜 만능투영기와 입체해부현미경으로 측정, 관찰하였고 각 부위는 0.01 mm까지 측정하였다.

결 과

강도다리 인공수정에 의한 난발생과정 및 자치어의 형태발달은 다음과 같다.

1. 난발생과정

강도다리의 인공수정에 의한 난발생과정은 Fig. 1과 같다. 수정란은 난경이 1.09~1.19 mm (평균 1.13 ± 0.03 mm, n=50)로 구형이며 분리부성란으로 유구는 없고, 난황과 난막은 무색투명하다 (Fig. 1, A). 수정 후 2시간

40분 뒤에 배반이 형성되고 (Fig. 1, B), 3시간 30분 뒤에는 난할이 진행되어 제1분열이 일어나 2세포기가 되었다 (Fig. 1, C). 난할이 계속되어, 5시간 뒤에는 4세포기가 되었으며 (Fig. 1, D), 6시간 30분 후에는 8세포기 (Fig. 1, E)가 되었다. 난할이 계속되어 8시간 뒤에는 16세포기가

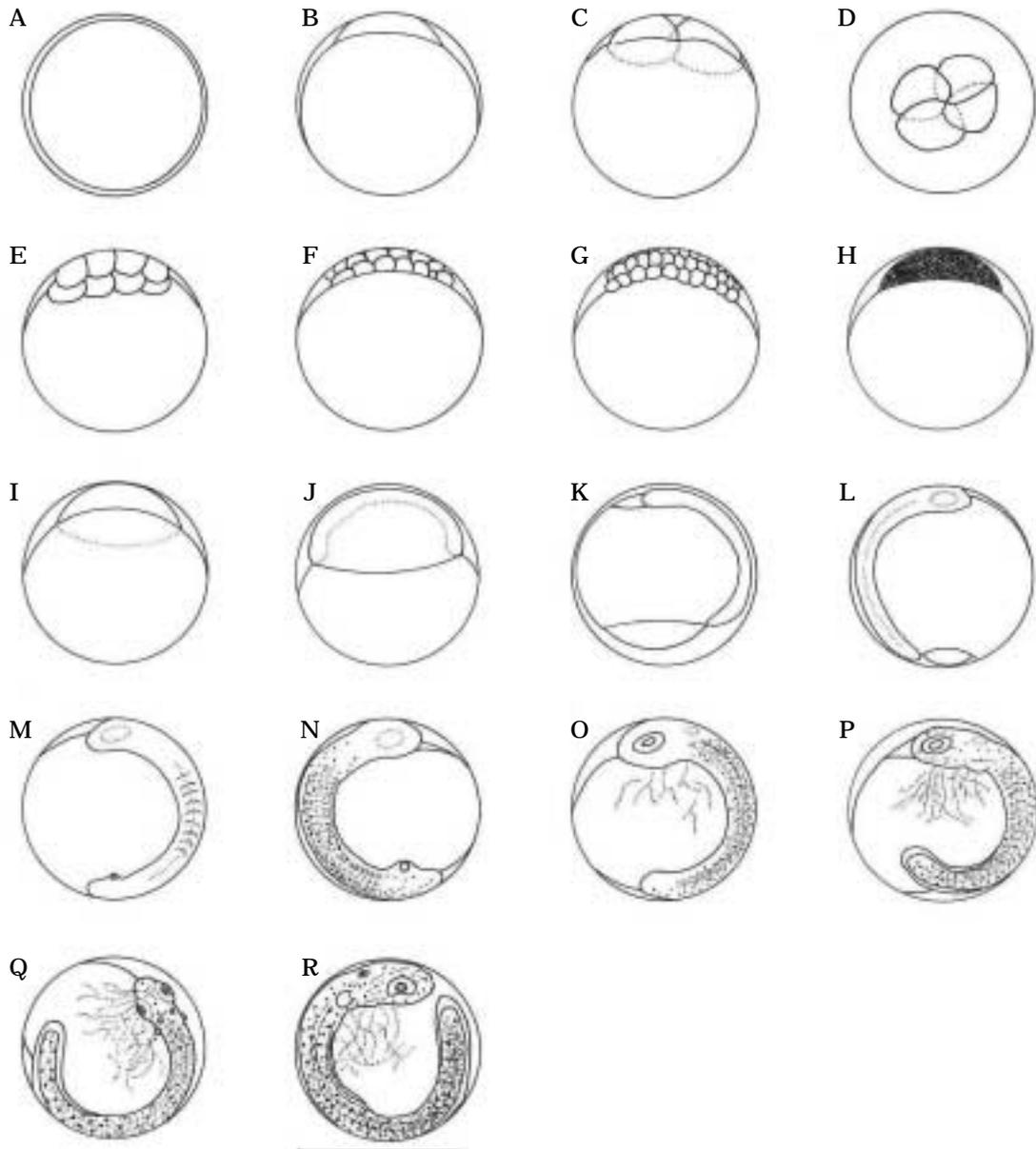


Fig. 1. Egg developmental stage of starry flounder reared in the laboratory. A: Fertilized egg; B: Blastodisc formed, 2 hrs. 40 mins. after fertilization; C: 2 cells stage, 3 hrs. 30 mins; D: 4 cells stage, 5 hrs; E: 8 cells stage, 6 hrs. 30 mins; F: 16 cells stage, 8 hrs; G: 32 cells stage, 9 hrs. 50 mins; H: Morula stage, 18 hrs; I: Blastura stage, 25 hrs. 30 mins; J: Gastrula stage, 42 hrs; K: Formation of embryo, 44 hrs. 30 mins; L: Optic vesicle appearing, 2 myomeres stage, 49 hrs; M: Formation of Kupffer's vesicle, 7~9 myomeres stage, 55 hrs. 30 mins; N: Melanophore appeared on the embryo, 12~14 myomeres stage, 62 hrs. 20 mins; O: Kupffer's vesicle disappeared, Formation of eye lens, 78 hrs. 30 mins; P: Formation of otolith and membrane fin, 30~31 myomeres stage, 89 hrs. 30 mins; Q: pulse of heart, 34~35 myomeres stage, 102 hrs; R: Development digestive tract, 35~37 myomeres stage, 114 hrs. 30 mins; Scale bar indicates 1.00 mm.

되며 (Fig. 1, F), 9시간 50분 뒤에는 32세포기에 달하였고 (Fig. 1, G), 12시간 10분 뒤에는 64세포기에 달하였다.

수정 후 18시간 뒤에는 상질기에 들어가고 (Fig. 1, H), 25시간 30분 뒤에는 포배기에 달하였으며 (Fig. 1, I), 42시간 뒤에는 배환이 형성되어 난황의 3/4 정도를 덮어 내려가 낭배기에 달하였다 (Fig. 1, J). 수정 후 44시간 30분 후에는 배순이 자라 올라가 배체가 형성되기 시작하며 (Fig. 1, K), 49시간 뒤에는 배체에 안포가 형성되고, 근절이 2개 정도 발달하였다 (Fig. 1, L). 수정 후 55시간 30분 후에는 Kupffer세포가 형성되고, 근절이 7~9개로 발달하였다 (Fig. 1, M).

수정 62시간 20분 뒤에는 두부 및 미부 등쪽에 최초로 흑색소포가 점상으로 출현하기 시작하였으며, 근절은 12~14개로 발달하였다 (Fig. 1, N). 수정 70시간 30분 뒤에는 배체의 등쪽에 흑색소포가 더욱 발달하여 그 수가 늘어나 있으며, 새롭게 황갈색소포가 배체의 배쪽에 고르게 발달하여 출현하여 있다. 이때의 근절은 20~21개로 증가되어 발달하여 있었다. 배체의 꼬리부분에 출현해 있던 Kupffer세포가 수정 후 78시간 30분 뒤에는 소멸되고, 황갈색소포가 더욱 발달하여 배체의 문부와 눈의 가장자리에도 출현하여 있으며, 배체의 흑색소포도 더욱 발달하여 그 수가 늘어나 있고, 황갈색, 담갈색 및 담녹색으로 색소포가 다양하게 발달하여 배체위에 흑색소포와 혼재되어 점모양으로 출현하여 있다. 이 시기에 근절이 24~25개로 발달하여 있으며, 배체도 더욱 신장하여 난황의 약 5/8 정도를 감고 있고, 렌즈가 형성되기 시작하였다 (Fig. 1, O). 수온 9.7~10.5°C에서 Kupffer세포는 약 23시간 존재하였다.

수정 후 89시간 30분 후에는 이포에 이석이 형성되고, 심장원기가 형성되며, 배체에 지느러미 원기가 분화하기 시작한다. 근절은 30~31개로 발달하여 있으며, 배체를 조금씩 움직이기 시작한다 (Fig. 1, P).

수정 후 102시간 뒤에는 이포에 이석이 뚜렷해지며, 심장이 박동하고, 배체의 색소포가 증가되어 있으며, 막상의 지느러미가 분화하고, 난황과 연결된 소화관이 발달하여 있으며, 배체는 더욱 심하게 꿈틀거린다. 근절은 34~35개로 발달해 있다 (Fig. 1, Q).

수정 후 114시간 30분 뒤에는 막지느러미가 더욱 발달해 있고 막지느러미 위에 흑색과 황갈색 색소포가 별모양으로 발달해 있다. 새롭게 배체의 중앙과 가장자리에 나뭇가지 모양의 흑색소포가 발달해, 배체 위의 색소포는 점모양과 나뭇가지 모양이 혼합되어 발달해 있다. 두부의 색소포는 흑색색소포는 점모양, 황갈색은 별모양으로 발달해 있다. 근절은 35~37개로 발달해 있으며, 난황과 연결된 소화관이 더욱 발달해 있고, 배체가 더욱

신장되어 난황을 거의 한 바퀴 감고 있으며, 심장박동이 활발하고, 배체의 움직임이 활발하여 부화 직전에 이르렀다 (Fig. 1, R).

121시간 후에는 최초의 부화가 일어났으며, 배체는 머리부터 부화하기 시작하였다.

2. 자치어 형태 발달

강도다리 자치어의 외부 형태발달은 Fig. 2와 같다.

부화 직후의 자어는 전장이 2.58~2.89 mm (평균 2.67 ± 0.09 mm)이고, 막지느러미가 발달해 있으며 막지느러미는 물방울 모양의 구조를 이루고 있다. 입과 항문은 열려 있지 않고, 항문은 난황의 바로 뒤쪽에 위치하고, 막상의 가슴지느러미 원기가 분화되어 있다. 척색은 직선형이며, 근절은 14+27=41개이다. 난황은 장경이 평균 1.34 ± 0.08 mm, 단경은 평균 0.75 ± 0.12 mm였다. 척색과 소화관 위에는 흑갈색소포와 황갈색소포가 점모양 및 별모양으로 산재해 있고, 특히 두부에는 황갈색소포가 나뭇가지 모양으로 발달해 있다. 눈과 난황 위에는 색소포가 없고, 막지느러미에는 미부 15번째 근절 위쪽과 아래쪽에 별모양 및 나뭇가지 모양으로 흑색과 갈색소포가 혼합되어 6~8개 출현해 있다 (Fig. 2, A).

부화 후 2일째가 되면 전장이 4.12~4.39 mm (평균 4.24 ± 0.09 mm)까지 성장하고, 뇌가 더욱 분화되어 있으며, 눈에 흑색소포가 발달하기 시작하여 옅은 흑색으로 나타나 있다. 미부 중앙부의 막지느러미 위에 출현해 있던 색소포가 더욱 발달하여 미부 11~16번째 근절 위와 11~17번째 근절 아래에 까지 분화되어 크기가 커져 있으며 그 수도 증가하여 색소포 띠를 형성하기 시작한다.

부화 후 3일째가 되면 전장 4.18~4.72 mm (평균 4.58 ± 0.12 mm)까지 성장해 있고, 흑색소포는 점모양으로 몸의 가장자리에 1열로 발달해 있고, 황갈색소포가 몸의 전체 면에 나뭇가지 모양으로 발달해 있다 (Fig. 2, B).

부화 후 5일째가 되면 전장 4.30~4.97 mm (평균 4.74 ± 0.21 mm)로 성장하였고, 입이 열려 개폐운동이 시작되며, 항문은 몸의 1/3 전방에 열려 있고, 소화관이 더욱 발달하여 굽어져 있었다. 난황이 현저히 축소되어 장경은 평균 0.48 ± 0.14 mm, 단경은 평균 0.23 ± 0.12 mm의 타원형으로 남아있다. 뇌가 더욱 분화되어 있으며, 이포부가 더욱 커져 있다. 눈에는 흑색소포가 더욱 발달하여 진한 흑색으로 나타나 있으며, 새롭게 난황 위에 황갈색소포가 나뭇가지 모양으로 7~9개 출현해 있다. 미부 척색쪽으로 색소포가 더욱 밀집되어 나타나 있으며, 미부 중앙부의 막지느러미 상하에 나뭇가지 모양의 흑색과 갈색소포가 더욱 발달하여 그 수가 증가하여 색소포 대

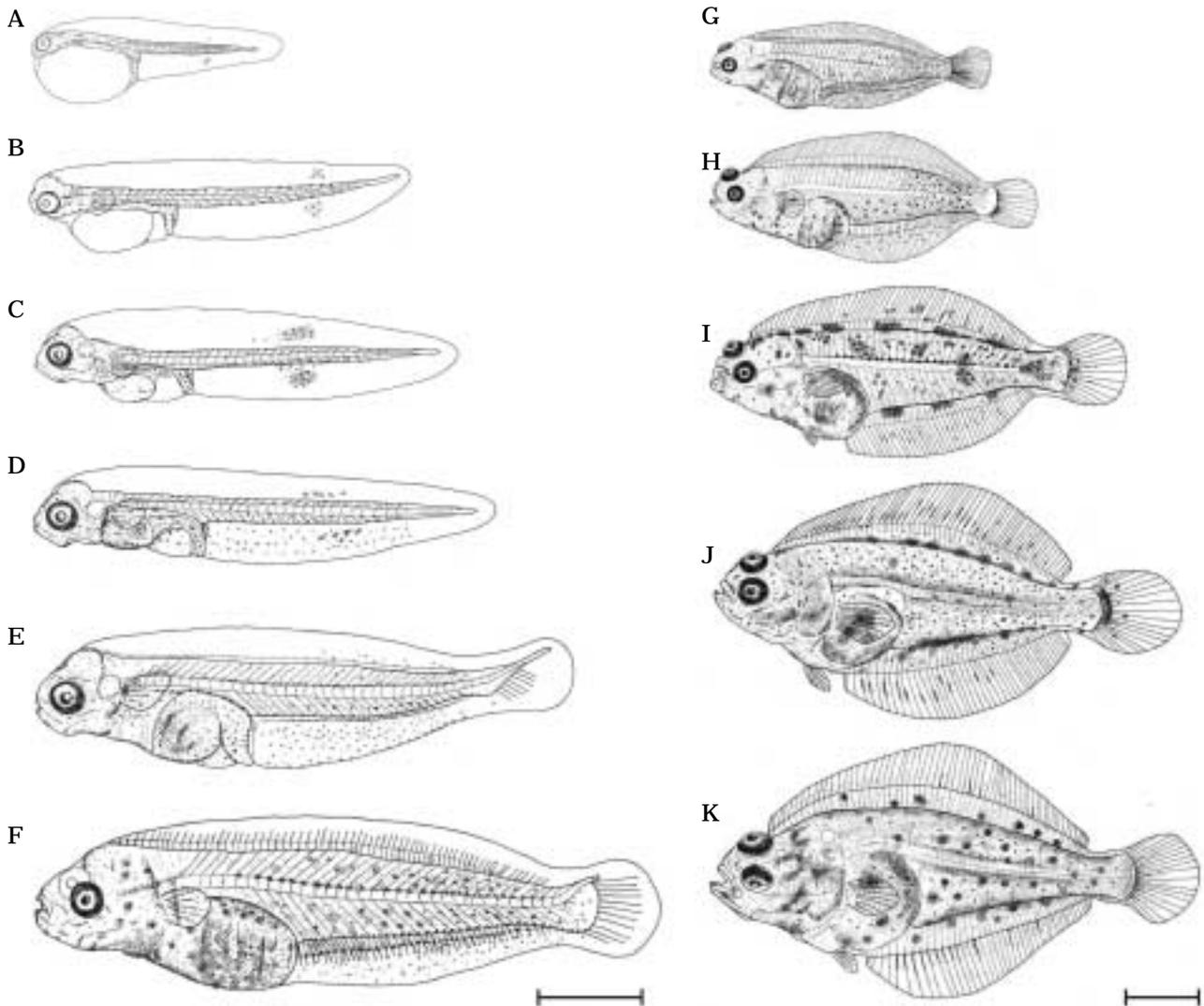


Fig. 2. Larvae developmental stages of starry flounder reared in the laboratory. A: Newly hatched larvae, mean 2.67 mm in total length (TL); B: 3 days after hatching, mean 4.58 mm in TL; C: 5 days after hatching, mean 4.74 mm in TL; D: 10 days after hatching, mean 5.30 mm in TL; E: 17 days after hatching, mean 6.91 mm in TL; F: 23 days after hatching, mean 7.85 mm in TL; G: 26 days after hatching, mean 8.97 mm in TL; H: 30 days after hatching, mean 9.68 mm in TL; I: 35 days after hatching, mean 11.20 mm in TL; J: 40 days after hatching, mean 13.09 mm in TL; K: 52 days after hatching, mean 13.50 mm in TL. Scale bar indicates 1.00 mm.

를 형성하고 있었다 (Fig. 2. C).

부화 후 10일째에는 전장 4.67~5.75 mm (평균 5.30 ± 0.31 mm)로 성장하고 난황이 흡수되어 후기자어기로 접어들었다. 장이 1바퀴 꼬이며, 로티퍼의 섭식이 활발해진다. 흑색소포가 아래턱과 장관 주변, 미부척색의 중앙, 막지느러미 위, 장관 주위는 별모양과 나뭇가지 모양으로 발달하고, 미부척색과 막지느러미 위에는 별모양으로 발달한다. 황색소포는 두정부, 척색 위, 문부와 장관 주변에 발달해 있고, 미부중앙의 막지느러미 위쪽에는 갈색소포가 발달해 있다 (Fig. 2. D). 부화 후 13일째에는 전장

5.89~6.47 mm (평균 6.22 ± 0.21 mm)로 성장하고 하미축골 원기가 분화되기 시작하며, 하미축골 부위에 흑색소포가 새롭게 발달한다. 척색의 등쪽에 황갈색 색소포가 1열로 줄지어 발달하고, 아래쪽에는 흑색소포가 별모양으로 1열로 발달한다. 미부의 12~16번째 근절위에 황갈색소포가 발달해 있으며, 미부 아래쪽 막지느러미 거의 전면에서 흑색소포가 산재하여 있고, 중앙부에는 황갈색소포가 5~6개 출현해 있다. 이포가 삼각형으로 더욱 분화되고 커지며, 등 및 뒷지느러미의 담기골이 앞에서부터 형성되기 시작한다.

부화 후 17일째에는 전장 6.25~7.60 mm (평균 6.91 ± 0.48 mm)로 성장하고, 꼬리지느러미 줄기 원기가 7~8 개 형성되며, 하미촉골이 더욱 분화되고 미부 말단이 휘기 시작한다. 체고가 높아지며, 근절이 W자 모양으로 체절이 형성되어 있다 (Fig. 2. E). 부화 후 20일째에는 전장 6.08~8.83 mm (평균 7.24 ± 0.84 mm)로 성장하고, 등 및 뒷지느러미 담기골이 미부 18~19번째 근절까지 발달해 있고, 추골에 가시가 형성되기 시작하며, 아래턱에는 이빨이 5~6개 발달해 있다. 미부 말단이 45° 정도로 위로 휘며, 꼬리지느러미 줄기가 8~10개 발달해 있다.

부화 후 23일째에는 전장 6.69~8.82 mm (평균 7.85 ± 0.75 mm)로 성장하고, 등 및 뒷지느러미 줄기가 발달하기 시작하며, 꼬리지느러미 줄기는 13~14개로 분화된다. 이 시기에는 등지느러미 담기골의 기저를 따라 갈색소포가 1열로 줄지어 발달해 있으며, 오른쪽 눈이 머리의 왼쪽으로 돌아가기 시작한다 (Fig. 2. F).

부화 후 26일째에는 전장 7.66~9.71 mm (평균 8.97 ± 0.66 mm)로 성장하고 꼬리는 말단이 완전하게 굽어져 있으며, 꼬리지느러미 줄기는 15~16개로 분화되어 있다. 등지느러미 줄기는 63개, 뒷지느러미 줄기는 42~44개로 분화되었으며, 배지느러미 원기가 출현하였고 가슴지느러미는 아직 막상이다. 아래턱에 이빨이 10여개로 더욱 분화되어 있다. 배체의 흑색소포는 국화모양으로 분화되어 있으며 크기가 커져 있다 (Fig. 2. G).

부화 후 30일째에는 전장 9.11~10.44 mm (평균 9.68 ± 0.39 mm)로 성장하고 체고가 더욱 높아져 있으며, 눈이 등쪽의 거의 정중선까지 이동해 있으며, 저서생활로 접어든다. 배체에는 미부의 후반부 중앙 부분에 흑색소포가 밀집되기 시작하며, 등 및 뒷지느러미 담기골과 줄기 위와 꼬리지느러미 줄기 기저부위에 흑색소포가 밀집되기 시작하였다 (Fig. 2. H).

부화 후 35일째에는 전장 10.52~11.66 mm (평균 11.20 ± 0.38 mm)로 성장하고 눈이 등의 정중선까지 이동하여 있으며, 체측과 등, 뒷 및 꼬리지느러미 담기골 및 줄기에 흑색소포가 밀집되어 색소포 대를 형성하기 시작하였으며, 지느러미 줄기에는 별모양의 흑색소포가 수개의 가로무늬 띠를 형성되기 시작하였다. 붉은 색소포가 점모양으로 두부와 배체 전체에 고루 발달하여 있으며, 배지느러미 줄기가 5개 출현하여 있다 (Fig. 2. I).

부화 후 40일째에는 전장 10.59~14.77 mm (평균 13.09 ± 0.90 mm)로 성장하고 체측과 등 및 뒷지느러미 담기골 및 줄기에 출현하였던 색소포 대는 흑색과 갈색소포가 혼합되어 그 수가 증가하고 밀집되어 등지느러미의 줄기와 담기골에 각각 7~8개, 5~6개, 뒷지느러미의 줄기와 담기골에 각각 5~6개, 5개 출현해 있으며, 황색소

포는 배체에는 흑색과 갈색소포에 가려 희미하게 나타나, 등 및 뒷지느러미 담기골과 지느러미 줄기에는 뚜렷이 나타나고, 적색소포는 배체의 중앙부분에 점모양으로 출현하여 있다. 등 및 뒷지느러미가 분리되어 형태를 갖추고 있으며, 가슴지느러미에 6~7개 줄기가 분화하기 시작하고, 아가미 뚜껑이 형태를 갖추게 된다 (Fig. 2. J).

부화 후 52일째에는 전장 10.99~17.06 mm (평균 13.50 ± 1.67 mm)로 성장하고 등지느러미 줄기는 64~67개, 뒷지느러미 43~46개, 꼬리지느러미 19개, 가슴지느러미 11개, 배지느러미 6개로 모든 지느러미 줄기 수는 정수에 달하여 치어기에 달한다. 눈의 이동이 완료되고 변태가 완료되어 체형이 성어와 유사하고, 측선이 뚜렷이 관찰된다. 배체에는 갈색소포가 전체적으로 산재하고 흑색소포는 퇴색하는 경향이 있으며, 가슴지느러미에도 흑색소포가 발달해 있다. 배체와 등, 뒷 및 꼬리지느러미의 색소포 대는 흑색과 갈색소포가 더욱 밀집되고 뚜렷해져 반문이 제법 어미의 형태를 닮아간다 (Fig. 2. K).

고 찰

해산 어류의 생산 기술을 확립하고 자연 상태에서의 자원을 파악하기 위해서는 대상 종들의 초기 발육 과정을 우선적으로 알아야 한다. 특히, 자연에서 채집한 난과 자치어에 대해서는 종을 동정하는데 어려움이 많기 때문에, 실내에서 인공수정에 의한 난과 자치어의 발육 단계로 형태적인 특징을 관찰하고, 다른 종과 비교하는 것이 무엇보다도 중요하다고 하겠다.

강도다리의 성숙 난은 무색으로 투명하고, 구형이다. Table 1에서 보는 바와 같이 넙치과의 넙치 (한과 김, 1997b)를 비롯하여 대부분의 가자미과 어류들은 강도다리와 같이 분리부성란인 반면, 점가자미 (Yusa, 1960a), 문치가자미 (Yusa, 1960b; 김 등, 1983) 및 사할린가자미, *Limanda sakhalinensis* (노 등, 1988)는 침성점착란이다.

유구의 유무는 가자미과 어류에 있어서 큰 특징 (Mito, 1963)이며, 대부분의 가자미과 어류는 유구를 가지지 않지만 넙치 (한과 김, 1997b)와 도다리 (Takita and Fujita, 1964)는 1개의 유구를 가지는 것이 특이하다고 하겠다.

강도다리 수정란의 크기는 1.09~1.19 mm (평균, 1.13 ± 0.03 mm)로 범가자미 (Takita et al., 1967)와 노랑가자미 (中川, 1989)보다 작고, 물가자미 (Yusa, 1961; Fujita, 1965)와 도다리 (Takita and Fujita, 1964)와 비슷하며, 점가자미 (Yusa, 1960a), 참가자미 (Mito, 1963), 문치가자

Table 1. Comparisons of eggs characteristics in Pleuronectidae fishes

Species	Egg type	Egg size (mm)	Number of oil globule	References
<i>Platichthys stellatus</i>	Buoyant	1.09~1.19	—	Present
<i>Verasper variegatus</i>	"	1.60~1.64	—	Takita <i>et al.</i> , 1967
<i>Eopsetta grigorjewi</i>	"	1.03~1.07	—	Yusa, 1961
	"	1.10~1.20	—	Fujita, 1965
<i>Pleuronichthys cornutus</i>	"	1.03~1.11	1	Takita and Fujita, 1964
<i>Tanakius kitaharai</i>	"	1.20~1.30	—	Fujita, 1965
<i>Kareius bicoloratus</i>	"	1.014~1.140	—	김, 1982
<i>Limanda schrencki</i>	Dermersal	0.70~0.83	—	Yusa, 1960a
<i>L. herzensteini</i>	Buoyant	0.85~0.95	—	Mito, 1963
	"	885 μ m	—	노 등, 1988
<i>L. punctatissima</i>	"	0.82~0.90	—	Mito, 1963
<i>Pleuronectes yokohamae</i>	Dermersal	0.812~0.845	—	Yusa, 1960a
	"	0.71~0.81	—	김 등, 1983
<i>L. sakhalinensis</i>	"	820 μ m	—	노 등, 1988
<i>Paralichthys olivaceus</i>	Buoyant	0.90~0.94	1	한과 김, 1997b
<i>Verasper moseri</i>	"	1.70~1.93	—	中川, 1989

Table 2. Comparisons of egg developmental characteristics in Pleuronectidae fishes

Species	Water temperature (°C)	Appearance time of melanophore after fertilization (hours)	Elasped time to hatching after fertilization (hours)	References
<i>Platichthys stellatus</i>	8.2~11.2	62:20	121	Present
<i>Microstomus achne</i>	9.8~13.0	84:40	169	변, 2002
<i>Pleuronichthys cornutus</i>	14.0	48	115	Takita and Fujita, 1964
<i>Tanakius kitaharai</i>	11.0~13.8	54	103	Fujita, 1965
<i>Eopsetta grigorjewi</i>	"	55	93	"
<i>Verasper variegatus</i>	12.0~13.0	58	107	Takita <i>et al.</i> , 1967
	14.0	54	91	조 등, 1995
<i>Kareius bicoloratus</i>	8.0~9.5	49	74	김, 1982
<i>Pleuronectes yokohamae</i>	11.4	62	120	김 등, 1983
<i>Paralichthys olivaceus</i>	17.6	37~39	50	한과 김, 1997b
<i>Limanda sakhalinensis</i>	11.5~13.0		150	노 등, 1988

미 (Yusa, 1960b; 김 등, 1983), 사할린가자미 (노 등, 1988) 보다는 큰 편이었다 (Table 1).

색소포의 출현 시기는 Table 2와 같이 강도다리의 경우 수온 8.2~11.2°C에서 Kupffer세포 형성 이후 근절이 12~14개로 발달하는 수정 후 62시간 20분인 렌즈형성 16시간 전에 배체의 두부 및 미부 등쪽에 최초로 흑색소포가 점상으로 출현한다. 도다리 (Takita and Fujita, 1964)의 경우 수온 14°C에서 척색 말단위에 Kupffer세포가 나타나는 수정 후 48시간인 렌즈형성 9시간 전에 흑색소포가 출현하고, 갈가자미와 물가자미 (Fujita, 1965)는 수온 11.0~13.8°C에서 근절이 17~18개 형성 시기로 수정 후 54~55시간 후인 렌즈형성 13시간 전에 배체 및 난황 위의 배체 가까운 곳에 흑색소포가 나타나며, 범가자미는 12~13°C에서 수정 후 58시간 뒤 (Takita *et al.*, 1967), 14°C에서 54시간 후 (조 등,

1995)로 렌즈형성 10~18시간 전에 난황위의 배체 가까운 부위에 색소포가 출현하여 색소포의 출현시기가 강도다리와 같이 Kupffer세포 형성 후 렌즈형성 이전에 색소포가 출현한다.

한편, 돌가자미 (김, 1982)와 문치가자미 (김 등, 1983)는 각각 렌즈형성 시기에 흑색소포가 출현하는 종으로, 돌가자미는 수온 8.0~9.5°C에서 49시간 후에 배체 위에서 흑색소포를 볼 수 있으며, 문치가자미는 수온 11.4°C에서 62시간 후 배체 위에 흑색소포가 출현한다. 한편, 넘치 (한과 김, 1997b)는 평균 17.6°C에서 렌즈형성 이후인 수정 후 37~39시간 후에 배체 위에 색소포가 나타나, 색소포의 출현 부위와 시기에 있어 종간에 다소 차이가 있음을 보여준다.

그리고, 갈가자미와 물가자미 (Fujita, 1965)의 경우 막지느러미 꼬리부분 중간부위를 따라서 흑색소포가 확산

Table 3. Comparisons of total length and myotome of hatched larvae in Pleuronectidae fishes

Species	Total length (mm)	Myotome	References
<i>Platichthys stellatus</i>	2.58~2.89	14+27=41	Present
<i>Microstomus achne</i>	3.85~4.34	14~15+33~34	변, 2002
<i>Verasper moseri</i>	3.65~4.78	11~12+20~23	Aritaki <i>et al.</i> , 2000
<i>Verasper variegatus</i>	3.80	13+29=42	Takita <i>et al.</i> , 1967
	3.87~4.20	39~40	Aritaki <i>et al.</i> , 2001
<i>Kareius bicoloratus</i>	3.05	12+27=39	Minami, 1984
	2.98~3.01	11~12+21~22	한과 김, 1997a
<i>Tanakius kitaharai</i>	3.40	11~12+42	Fujita, 1965
<i>Eopsetta grigorjewi</i>	2.80~3.00	41	Yusa, 1961
	3.00~3.20	12~13+32	Fujita, 1965
<i>Pleuronichthys cornutus</i>	2.80	12~13+24	Takita and Fujita, 1964
	2.75	13+24=37	Minami, 1982
<i>Pleuronectes yokohamae</i>	2.64~2.72	9~10+30~32	김 등, 1983
<i>L. herzensteini</i>	2.40~2.60	-	노 등, 1988

되어 가고, 도다리 (Takita and Fujita, 1964)는 배체 전체에 흑색소포가 확산되어 발달하며, 돌가자미 (김, 1982)는 배체의 상하 가장자리와 꼬리부분의 중간부위에 나뭇가지 모양의 흑색소포가 확산 발달 되어가나 강도다리의 경우는 배체의 두부 및 미부 등쪽에 최초로 흑색소포가 점상으로 출현하여 배체 등쪽으로 확산 발달되어 간다. 이러한 현상은 종에 따른 형질을 나타내는 것이라고 생각된다.

다양한 환경 요인 중에서 온도는 발육에 영향을 미치고, 부화 시간을 결정하며 발생학적으로 볼 때 기관 형성에 직접적인 영향을 미치는 것으로 (Hempel, 1979), 부화에 소요된 시간은 찰가자미 (변, 2002)는 9.8~13.0°C에서 169시간, 사할린가자미 (노 등, 1988)는 11.5~13.0°C에서 150시간이 소요된 것과 비교해 볼 때, 본 연구에서는 수온 8.2~11.2°C에서 121시간이 소요되는 것으로 나타나, 비록 사육수온에 차이가 있었으나 강도다리가 찰가자미 및 사할린가자미 보다는 다소 빠르게 부화하는 것으로 나타났다 (Table 2).

강도다리 부화 자어의 크기는 2.58~2.89 mm (평균, 2.67±0.09 mm)로 Table 3과 같이 도다리의 2.75~2.80 mm (Takita and Fujita, 1964; Minami, 1982), 문치가자미의 2.64~2.72 mm (김 등, 1983) 및 참가자미의 2.40~2.60 mm (노 등, 1988)와 비슷하였으며, 찰가자미 (변, 2002), 노랑가자미 (Aritaki *et al.*, 2000) 및 범가자미 (Takita *et al.*, 1967; Aritaki *et al.*, 2001)와는 큰 차이를 보여 중간 차이를 나타내었다.

근절수는 부화자어의 크기가 비슷하였던 문치가자미 (김 등, 1983)와 부화자어 크기에서 큰 차이를 보였던 범가자미 (Aritaki *et al.*, 2001)와 비슷하였고, 다른 종보다 적거나 많아 중간에 차이가 있는 것으로 나타났다

(Table 3).

치어기에 달하여 저서생활로 이행하는 시기가 강도다리의 경우는 부화 후 30일 경 전장 9.11~10.44 mm 개체였는데, 돌가자미 (한과 김, 1997a)의 경우는 부화 후 52일째 전장 13.52~14.34 mm였고, 범가자미 (조 등, 1995)는 부화 후 32일째 전장 13.83~18.45 mm였으며, 넙치 (한과 김, 1997b)는 부화 후 32일째 전장 11.40~13.25 mm로 나타나 이들 가자미류보다 착저 시기가 빠른 것으로 생각된다.

적 요

강도다리, *Platichthys stellatus*의 난발생과정과 자치어의 형태발달에 관하여 관찰하였다. 수정란은 무색투명한 분리부성란이며, 유구는 없고, 난경은 1.09~1.19 mm (평균 1.13±0.03 mm, n=50)였다. 사육 수온 8.2~11.2°C에서 수정 후 121시간 만에 부화를 시작하였다. 부화 직후의 자어는 전장 2.58~2.89 mm (평균 2.67±0.09 mm)로 입과 항문은 열려 있지 않으며, 척색은 직선형이고, 근절은 14+27=41개이다. 척색과 소화관 위에는 흑갈색소포와 황갈색소포가 산재해 있고, 막지느러미 가장자리와 눈 및 난황 위에는 색소포가 없다. 부화 후 5일째에는 전장 4.30~4.97 mm (평균 4.74±0.21 mm)로 입과 항문이 열려 있으며, 부화 후 10일째 자어는 전장 4.67~5.75 mm (평균 5.30±0.31 mm)로 난황이 완전히 흡수되어 후기자어기로 이행하며, 로티피의 섭식이 활발해진다. 부화 후 23일째에는 전장 6.69~8.82 mm (평균 7.85±0.75 mm)로 오른쪽 눈이 왼쪽으로 이동하기 시작한다. 부화 후 52일째 개체는 전장 10.99~17.06 mm (평균

13.50±1.67 mm)로 눈은 머리부분의 왼쪽으로 완전히 이동하여 있으며, D. 64~67: A. 43~46: P. 11: V. 6: C. 19개로 각 지느러미 줄기가 정수에 달하여 치어기로 이행하였다.

사 사

이 연구는 국립수산물연구원 수산시험연구과제인 양식 어류 특산화 기술개발 연구(RP-2007-AQ-080)의 일부로 수행되었습니다.

인 용 문 헌

- 김용억. 1982. 돌가자미의 난발생과 부화자어. 한국수산학회지, 15 : 323~328.
- 김용억 · 명정구 · 박지상. 1983. 문치가자미의 난발생과 부화자어. 한국수산학회지, 16 : 389~394.
- 김용억 · 명정구 · 김영섭 · 한경호 · 강충배 · 김진구. 2001. 한국해산어류도감. 도서출판 한글, 288 pp.
- 노용길 · 박두원 · 박영조 · 이좌형. 1988. 사할린 가자미의 인공종묘생산에 관한 연구. 수산진흥원 연구보고, 41 : 75~85.
- 노용길 · 박두원 · 이기택. 1988. 참가자미의 초기발생과 자치어사육에 관한 연구. 수산진흥원 연구보고, 41 : 65~73.
- 변순규. 2002. 찰가자미, *Microstomus achne*의 번식생물학적 특성 및 초기발육. 여수대학교 대학원 박사학위 논문, 162 pp.
- 정문기. 1998. 한국어류도감. 일지사, 570 pp.
- 조기채 · 김중현 · 고창순 · 김 윤 · 김경길. 1995. 범가자미, *Verasper variegatus*의 종묘생산에 관한 연구. 수산진흥원 연구보고, 50 : 41~57.
- 한경호 · 김용억. 1997a. 돌가자미 (*kareius bicoloratus*) 자치어의 성장에 따른 형태 발달. 여수수산대학교 연보, 6 : 39~47.
- 한경호 · 김용억. 1997b. 넙치(*Paralichthys olivaceus*)의 초기 생활사에 관한 연구 I. 난발생과정 및 자치어의 형태발달. 여수수산대학교 논문집, 11 : 105~117.
- 한경호 · 박준택 · 진동수 · 장선익 · 정현호 · 조재권. 2001. 문치가자미 (*Limanda yokohamae*) 자치어의 형태발달. 한국어류학회지, 13 : 161~165.
- Aritaki, M., K. Ohta, Y. Hotta and M. Tanaka. 2001. Morphological development and growth of laboratory-reared spotted halibut *Verasper variegatus*. Nippon Suisan Gakkaishi, 67 : 58~66 (in Japanese).
- Aritaki, M., S. Suzuki and K. Watanabe. 2000. Morphological development and growth of laboratory-reared barfin flounder *Verasper moseri*. Nippon Suisan Gakkaishi, 66 : 446~453 (in Japanese).
- 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 (in Japanese).
- Hempel, G. 1979. Early life history of marine fish. Univ. Washington Press, pp. 38~60.
- Hogstrard, C., E.A. Ferguson, F. Galvez, J.R. Shaw and C.M. Wood. 1999. Physiology of acute silver toxicity in the starry flounder (*Platichthys stellatus*) in seawater. J. Comp. Physiol. B: Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology, 169 : 461~573.
- 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.
- Kato, F. M. Okiyama and M. Tajima, 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. Res. Lab., 25 : 63~87.
- Lee, S.M. and J.H. Lee. 2004. Effect of dietary glucose, dextrin and starch on growth and body composition of juvenile starry flounder, *Platichthys stellatus*. Fish. Sci., 70 : 53~58.
- Lee, S.M., J.H. Lee and K.D. Kim. 2003. Effect of dietary essential fatty acids on growth, body composition and blood chemistry of juvenile starry flounder (*Platichthys stellatus*). Aquaculture, 225 : 269~281.
- Minami, T. 1982. The early life history of a Flounder *Pleuro-nichthys cornutus*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 48 : 369~374 (in Japanese).
- Minami, T. 1983. The early life history of a flounder *Tanakius kitaharai*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 49 : 527~532 (in Japanese).
- Minami, T. 1984. The early life history of a flounder *Kareius bicoloratus*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 50 : 551~560 (in Japanese).
- Mito, S. 1963. Pelagic fish eggs from Japanese waters-IX. Echineiformes and pleuronectiformes. Jap. J. Ichthyol., 11 : 81~102 (in Japanese).
- Moon, S.H., H.K. Lim, J.Y. Kwon, J.K. Lee and Y.J. Chang. 2003. Increased plasma 17-hydroxyprogesterone and milt production in response to gonadotropin-releasing hormone agonist in captive male starry flounder, *Platichthys stellatus*. Aquaculture, 218 : 703~716.
- Mork, C., P. Hershberger, R. Kocan, W. Batts and J. Winton, 2004. Isolation and characterization of a rhabdovirus

- from starry flounder (*Platichthys stellatus*) collected from the northern portion of Puget Sound, Washington, USA. J. Gen. Virol., 85 : 495~505.
- Stein, J.E., W.L. Reichert, M. Nishimoto and U. Varanasi. 1990. Overview of studies on liver carcinogenesis in English sole from Puget Sound; evidence for a xenobiotic chemical etiology. II: Biochemical studies. The Sci. of The Total Environ., 94 : 51~69.
- 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 (in Japanese).
- Takita, T., S. Fujuta and Y. Dotsu. 1967. Egg development and prolarval stages of flatfish, *Verasper variegatus* (temminck et Schlegel). Fac. Fish., Nagasaki Univ., 23 : 101~106 (in Japanese).
- 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 Mub dab, *Limanda yokohamae* Gunter. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 17 : 15~30.
- Yusa, T. 1961. Eggs and larvae of flatfishes in the coastal waters of Hokkaido V. Embryonic development of the flatfish, *Xystrias grigorjewi* (Herzenstein). Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 19 : 109~118.
- 中川 亨 1989. 栽培漁業と新養成技術. (27) マツガワの種苗生産, 水産の研究, 8 : 71~77.

Received : September 24, 2007

Accepted : November 2, 2007