

찰가자미(*Microstomus achne*)의 난발생 및 자치어 형태 발달

변순규¹ · 이성훈² · 황재호³ · 한경호² · 강경완² · 김진도⁴ · 김이청⁴ · 이배익^{1*}

¹국립수산과학원 동해특성화연구센터, ²전남대학교 해양기술학부

³전남대학교 친환경해양바이오특성화사업단, ⁴국립수산과학원 내수면양식연구센터

Embryonic and Larva Development of Slime Flounder, *Microstomus achne*

Soon-Gyu Byun¹, Sung-Hun Lee², Jae-Ho Hwang³, Kyeong-Ho Han², Kyeong-Wan Kang²
Jin-Do Kim⁴, Yi-Cheong Kim⁴ and Bae-Ik Lee^{1*}

¹East Sea Mariculture Research Center, National Fisheries Research & Development Institute, Uljin 767-863, Korea

²Marine Technology, Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea

³Eco Marine Bio Center, Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea

⁴Inland Aquaculture Research Center, National Fisheries Research & Development Institute, Jinhae 645-251, Korea

ABSTRACT : The slime flounder *Microstomus achne* were caught at Geomun Island, Yosu-si, Jeollanamdo from January to March in 2006. The fertilized eggs were observed for morphological development of egg, embryo and larva. Eggs were colorless transparent, separative pelagic, absent of oil globule, and the diameter was 1.64 ± 0.03 mm (n=50). The eggs were hatched at 168 hours 40 minutes after fertilization in the range of $9.8 \sim 13.0^\circ\text{C}$ (mean $11.4 \pm 1.6^\circ\text{C}$). Total length of newly hatched larva was 4.05 ± 0.18 mm (n=20). The larva had developed membranous fin showing waterdrop-shaped structure, and their mouth and anus were not open. The myotomes were $14 \sim 15 + 33 \sim 34 = 47 \sim 49$. The egg yolks were 1.64 ± 0.12 mm in major axis, and 1.23 ± 0.19 mm in minor axis. At 12 days after hatching, the total length was 7.32 ± 0.42 mm (n=20). The egg yolk was completely absorbed and transferred to post larval stage. Star-shaped melanophores and branch-shaped xanthophores in the edge of membranous fin were more densed. *Chrysanthemum*-shaped melanophores in the notochord were densed and formed 4~5 melanophore bands. At 90~93 days after hatching, morphological features of the larva, 19.91 ± 1.63 mm TL (n=20), were transferred to juvenile stage showing similar features with those of the adult fish.

Key words : *Microstomus achne*, Egg development, Larvae and juveniles.

요 약 : 이 연구는 2006년 1월부터 3월까지 전남 여주시 거문도 해역에서 어획된 찰가자미의 어미로부터 실험실 내 자연 산란을 유도하여 난발생 및 자치어 형태 발달을 관찰하였다. 수정란은 무색 투명한 분리부성란이고, 유구는 없었으며, 난경은 1.64 ± 0.03 mm(n=50)였다. 부화에 소요되는 시간은 수온 $9.8 \sim 13.0^\circ\text{C}$ (평균 $11.4 \pm 1.6^\circ\text{C}$)에서 수정 후 168시간 40분이었으며, 부화 직후의 평균 전장은 4.05 ± 0.18 mm(n=20)였다. 부화 직후 자어는 막지느러미가 발달하였고, 물방울 모양 구조를 이루고 있으며, 입과 항문은 열려 있지 않았다. 이때 근절은 $14 \sim 15 + 33 \sim 34 = 47 \sim 49$ 개였으며, 난황은 장경이 평균 1.64 ± 0.12 mm, 단경은 평균 1.23 ± 0.19 mm였다. 부화 후 12일째 자어의 전장은 평균 7.32 ± 0.42 mm(n=20)로 난황은 완전히 흡수되어 후기 자어기로 이행하였고, 막지느러미 가장자리에는 별 모양 흑색 소포와 나뭇가지 모양의 황색 소포가 더욱 밀집되었고, 척색은 국화 모양의 흑색 소포가 밀집되어 4~5개의 흑색 소포대를 형성하였다. 부화 후 90~93일째 평균 전장이 19.91 ± 1.63 mm(n=20)였고, 모든 지느러미 줄기 수가 정수에 달하였으며, 모든 반문이 형성되어 치어기로 이행하였다.

서 론

* 교신저자: 경상북도 울진군 원남면 오산리 22 국립수산과학원 동해 수산연구소 동해특성화연구센터. (우) 767-863, (전) 054-782-5497, (팩) 054-783-5398, E-mail: bilee@nfrdi.go.kr

찰가자미, *Microstomus achne*는 가자미목(Pleuronectiformes), 가자미과(Pleuronectidae), 찰가자미속(*Microstomus*)에 속하

는 저서성 어류로서, 우리나라에 분포하는 찰가자미속 어류는 찰가자미 1종이 알려져 있다. 전 세계적으로 가자미과에 속하는 어류는 39속 93종이 보고되어 있으며(Nelson, 1994), 우리나라에서는 17속 24종이 보고되어 있다(한국동물분류학회, 1977). 찰가자미의 몸은 긴 타원형이며, 꼬리자루 길이는 짧고, 꼬리자루 높이는 높은 편이며, 몸 빛깔은 붉은 색을 띠는 갈색으로 분명치 않은 흑갈색 또는 유백색의 반점들이 있고, 눈이 없는 쪽은 백색이다. 찰가자미는 우리나라 연 근해, 발해, 동중국해, 일본 서부 연안 등에 걸쳐 분포하며, 바다이끼나 모래질인 수심 50~450 m로 주로 깊은 바다에 서식한다. 또한, 찰가자미는 우리나라 서해에서는 여름에 백령도, 중국 산둥성 연안에 분포하다가 가을에 남하하여 제주도 서쪽 해역에서 월동하며, 또 대마도 서쪽 해역에서 형성된 계군은 가을, 겨울에 제주도 동남쪽 해역에서 서식하다가, 봄, 여름에는 대마도 서쪽 해역으로 북상하고, 일부는 동해안까지 이동하는 분포 특성이 있다(Chyung, 1991; Kim et al., 1994).

가자미류의 난발생 및 자치어 형태 변화에 관한 연구는 문치가자미(*Pleuronectes yokohamae*)의 난발생과 자치어 형태 발달(Yusa, 1960b; Kim et al., 1983; Han et al., 2001), 물가자미(*Eopsetta grigorjewi*)의 초기 발달과 성장(Yusa, 1961; Imaoka & Misu, 1974), 도다리(*Pleuronichthys cornutus*)의 난발생과 초기생활사(Takita & Fujita, 1964; Minami, 1982), 갈가자미(*Tanakius kitaharai*)의 초기생활사(Minami, 1983), 돌가자미(*Kareius bicoloratus*)에 대한 난발생과 초기생활사(Kim, 1982; Minami, 1984), 범가자미(*Verasper variegatus*)에 대한 난발생과 형태 발달 및 성장(Takita et al., 1967; Cho et al., 1995; Aritaki et al., 2001), 노랑가자미(*Verasper moseri*) 자치어의 형태 발달과 성장(Aritaki et al., 2000) 등과 문치가자미와 점가자미(*Limanda schrencki*)의 난과 자어의 구조적 차이(Yusa, 1960a), 물가자미와 갈가자미의 초기 발생과 자어 사육(Fujita, 1965), 문치가자미와 참가자미(*Limanda herzensteini*)의 외부 형태의 비교와 식별(Kato et al., 1974), 참가자미의 초기 발생과 자치어 사육(Rho et al., 1988) 등의 많은 연구가 있다. 찰가자미에 관한 연구는 수정란의 분포(Ishito & Hashimoto, 1993), 정자의 냉동 보존(Saitoh, 1996), 해양 세균(*Erythrobacter* sp. S π -1)을 이용한 자어 사육(Kang et al., 1999) 등이 보고된 바는 있으나, 난발생 및 자치어 형태 발달에 관한 보고는 없는 실정이다.

따라서 이 연구는 찰가자미의 난 발생과정과 발육단계에 따른 자치어의 형태 발달과정에 대하여 상세히 관찰한 결과를 토대로 생태학적 연구에 대한 기초적 자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

이 연구는 2006년 2월 전남 여수시 거문도 해역에서 어획된 찰가자미 어미 중 성숙한 암컷 1마리와 수컷 3마리를 이용하였다. 암컷은 전장 46.1 cm, 체중 962.3 g이었으며, 수컷은 전장 32.5~39.8 cm, 체중 417.1~759.6 g이었다.

난발생 과정을 관찰하기 위하여 암컷과 수컷의 복부를 압박하여 난과 정자를 취하였으며, 건도법으로 수정시켰다. 수정란을 물리망(망목 125 μ m)을 사용하여 5 μ m 카트리지 필터를 통과한 여과 해수로 세란 후, 200 l 사각 FRP 수조에 수용하여 수정란이 엉키지 않을 정도로 약하게 통기하여 주었다. 사육수는 5 μ m 카트리지 필터와 자외선 투과 멸균 해수를 1일 100% 환수되도록 유수하여 주었다. 부화한 찰가자미 자어를 사육하면서 성장에 따른 자치어의 형태 발달을 관찰하였다. 부화 후 5일까지 지수 상태를 유지하였고, 이후 유수식으로 전환하여 사육하였다. 사육 해수는 1차 모래 여과를 거친 해수를 5 μ m cartridge filter로 여과하여 주수하여 주었으며, 유수량은 1일 0.5~5회전으로 실험어가 커짐에 따라 증가시켰다. 난발생 과정 관찰 기간 중 수온은 9.8~13.0°C였으며, 자어 사육기간 중의 수온은 12.6~18.8°C였다.

난의 발생 과정은 입체해부현미경(SZH-10, Olympus, Japan)을 이용하여 관찰 및 스케치하였으며, 자치어의 형태 변화 관찰은 1~3일 간격으로 10마리 내외의 자치어를 무작위로 추출하여 얼음과 MS-222로 마취시켜 만능투영기(V-12A, Nikon, Japan)와 입체해부현미경(SZH-10, Olympus, Japan)을 이용하여 관찰, 측정하였고, 몸의 각 부위는 0.01 mm까지 측정하였다.

사육기간 중 수온과 염분은 매일 오전 10시에 측정하였으며, 부화 후 3일째부터 rotifer를 주었고, 성장에 따라 *Artemia* sp.와 양어용 배합 사료를 순차적으로 공급하면서 사육, 관찰하였다.

결 과

1. 난발생 과정

찰가자미의 인공수정에 의한 난발생 과정은 Fig. 1과 같다.

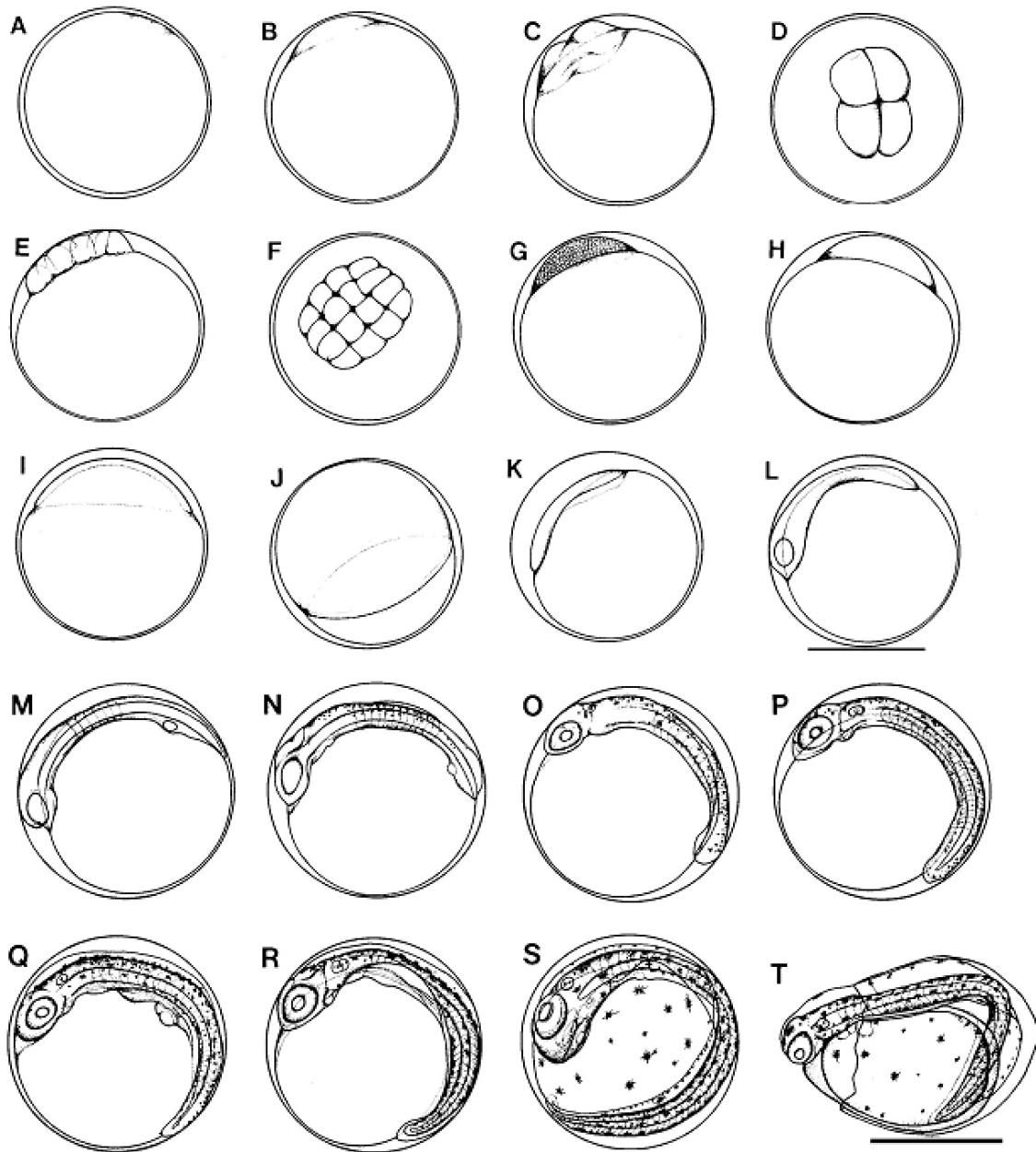


Fig. 1. Egg developmental stages of *M. achne* reared in the laboratory. A: fertilized egg; B: blastodisc formed, 2 hrs. 10 min. after fertilization; C: 2 cells stage, 4 hrs; D: 4 cells stage, 5 hrs. 50 mins; E: 8 cells stage, 6 hrs 25 mins; F: 16 cells stage. 7 hrs. 15 mins; G: morula stage, 12 hrs. 50 mins; H: blastula stage, 16 hrs; I: formation of ring, 37 hrs. 50 mins; J: post-gastrula stage, 53 hrs. 50 mins; K: formation of embryo, 58 hrs. 40 mins; L: Optic vesicle appearing, 3~4 myotomes stage, 6 hrs. 40 mins; M: Formation of Kupffer's vesicle, 6~7 myotomes stage, 76 hrs. 30 mins; N: melanophore appeared on the embryo, 12~13 myotomes stage, 86 hrs. 40 mins; O: formation of eye lens, Kupffer's vesicle disappeared. 95 hrs. 10 mins; P: auditory vesicles appeared, number of melanophores on the embryonic body increasing. 105 hrs. 20 mins; Q: formation of otoliths, pulse of heart, 34~35 myotomes stage. 112 hrs. 40 mins; R: appeared melanophore on the yolk sac, 123 hrs. 40 min; S: development digestive tract, 42~43 myotomes stage, 160 hrs. 40 mins; T: hatching began, 168 hrs. 40 min; Scale bar indicate 1 mm.

수정란은 무색 투명한 구형으로 분리부성란이며, 난막에 특수한 구조는 없다. 유구는 가지지 않으며, 난경은 1.54~1.73 mm(1.64±0.03 mm, n=50)이었다(Fig. 1, A). 수정 후 2시간 10분 후에 배반이 형성되고(Fig. 1, B), 4시간 뒤에는 난황이 진행되어 제1분열이 일어나 2세포기가 된다(Fig. 1, C). 난황이 계속되어, 5시간 50분 뒤에는 4세포기가 되며(Fig. 1, D), 6시간 25분 후에는 8세포기(Fig. 1, E)가 된다. 난황이 계속되어 7시간 15분 뒤에는 16세포기가 되며(Fig. 1, F), 12시간 50분 뒤에는 상실기에 달한다(Fig. 1, G).

수정 후 16시간 후에는 포배기에 들어가고(Fig. 1, H), 37시간 50분 뒤에는 배환이 형성되어 낭배기에 달한다(Fig. 1, I). 53시간 50분 후에는 낭배 후기에 달하며(Fig. 1, J), 58시간 40분 뒤에는 원구가 폐쇄되며, 배체가 형성된다(Fig. 1, K). 69시간 40분 후에는 안포가 형성되고, 근절이 3~4개 발달한다(Fig. 1, L). 76시간 30분 후에는 Kupffer 씨포가 형성되고 근절이 6~7개로 발달한다(Fig. 1, M). 수정 후 86시간 40분 후에는 최초로 난황과 인접한 배체 위에 흑색 소포가 점상으로 출현하기 시작하며(Fig. 1, N), 95시간 10분 후에는 Kupffer 씨포가 소멸되고, 렌즈가 형성되어 있으며, 근절은 22~23개로 발달한다(Fig. 1, O). 수온 10.6~12.0°C에서 Kupffer 씨포는 약 19시간 존재한다. 수정 후 105시간 20분 이후에는 이포가 형성되어 있고, 막지느러미가 형성되기 시작하며, 등쪽의 색소포는 나뭇가지 모양으로 2열로 줄지어 발달하게 된다(Fig. 1, P). 수정 후 115시간 40분 이후에는 이포에 이석이 형성되고, 심장이 박동하기 시작하며, 근절은 34~35개로 발달한다(Fig. 1, Q). 수정 후 123시간 40분 후에는 심장의 박동이 활발하고 배체의 움직임이 활발하며 난황에 나뭇가지 모양의 흑색 소포가 출현하며, 눈뒤, 후두부, 이포 주위, 배체 중앙부와 꼬리 부분에는 황색 소포가 발달한다(Fig. 1, R). 131시간 40분 후에는 뇌가 더욱 분화되어 있고, 배체 등면의 흑색 소포가 막지느러미 상으로 뻗어 있다. 난황과 연결된 소화관이 발달하며 근절은 42~43개 분화되어 있고, 막지느러미가 더욱 분화되어 있다. 160시간 40분 후에는 배체가 난황을 거의 한바퀴 감고 있으며 배체의 움직임이 활발하고 배체 전면과 난황의 흑색 소포와 황색 소포가 밀집되어 발달되어 있으며, 부화 직전에 이른다(Fig. 1, S). 168시간 40분 후에는 최초의 부화가 일어나며, 배체는 머리부터 부화하기 시작한다(Fig. 1, T).

2. 자치어 형태 발달

1) 전기 자어기

부화 직후의 자어는 전장이 3.85~4.34 mm(4.05±0.18 mm, n=20)이고(Table 2), 막지느러미가 발달하여 있으며, 물방울 모양 구조를 이룬다. 입과 항문은 열려 있지 않으며, 항문은 난황의 바로 뒤에 위치하고 막상의 가슴지느러미 원기가 분화되어 있다. 근절은 14~15+33~34=47~49개였다. 난황은 장경이 평균 1.64±0.12 mm, 단경은 평균 1.23±0.19 mm였다. 색소포는 흑색 소포와 담갈색 및 황색 소포로서, 배체 위에는 나뭇가지 모양의 흑색 소포가 있으며, 막지느러미 가장자리에는 나뭇가지 모양의 흑색과 담갈색 색소포가 섞여 있다. 난황 위에도 나뭇가지 모양의 흑색 소포가 발달하며, 황색 소포는 중앙부에 2~4개 출현한다. 미부 척색의 아랫면에 있는 나뭇가지 모양의 흑색 소포는 부분적으로 막지느러미 속으로 뻗어져 발달해 있는 개체도 있다. 이 시기의 이들 색소포는 어떤 자극에 의해 수축, 확산된다(Fig. 2, A).

부화 후 2일째 자어는 전장이 4.83~5.91 mm(5.43±0.32 mm, n=20)로 성장하였으며, 항문이 열려 있고 소화관이 ‘ㄱ’자로 휘어져 있다. 자어는 난황이 현저히 축소되어 난황의 장경은 0.94~1.35 mm(1.12±0.14 mm), 난황의 단경은 0.28~0.98 mm(0.58±0.21 mm)였다. 눈은 짙은 회색을 나타내며 막지느러미는 부화 직후에 비하여 상당히 넓게 발달해 있다. 척색과 난황 위의 색소포가 더욱 커지고 수도 증가되어 있으며, 특히 막지느러미 가장자리에 1열로 늘어 서 있던 흑색과 담갈색 색소포가 군집을 이루어 등쪽 가장자리에 10~11개, 배쪽 가장자리에 7~8개 형성되어 있고, 직장 주변에도 흑색 소포가 분포하여 있다(Fig. 2, B).

부화 후 3일째 자어는 전장이 5.24~5.73 mm(5.54±0.14 mm, n=20)이고, 입이 열리기 시작하며, 소화관이 더욱 발달하여 굽어져 있다. 두부와 척색 전체에 걸쳐 황색 소포가 나뭇가지 모양으로 산재하여 있으며, 흑색 소포는 나뭇가지 모양에서 국화 모양으로 변하여 더욱 밀집되어 발달되어 있다. 소화관의 위쪽에는 흑색 소포가 국화 모양으로 질으며, 막상의 가슴지느러미 기저와 주둥이에는 별 모양의 흑색 소포가 1~2개 출현해 있다(Fig. 2, C).

부화 후 5일째 자어는 전장이 5.60~6.56 mm(5.91±0.30 mm, n=20)로 성장하고, 난황이 현저히 축소되어 장경은 평균 0.18±0.07 mm, 단경은 평균 0.11±0.05 mm의 타원형으로 남는다. 소화관은 1회전된 완전한 형태의 굴곡 현상을 볼 수 있었다. 이때부터 자어는 먹이를 섭취하였다. 두부와 아래턱, 아

가미 부위에 별 모양 흑색 소포 수가 증가되었으며, 척색 끝에 나뭇가지 모양의 흑색 소포는 그 수가 더욱 증가하고, 막지느러미 위로 뻗어져 있다(Fig. 2, D).

부화 후 7일째 자어는 전장이 5.64~6.44 mm(6.00 ± 0.32 mm, $n=20$)로 성장하였으며, 척색의 등쪽과 배쪽의 막지느러미 위에 나뭇가지 모양의 황갈색 색소포가 산재해 있으며, 막지느러미 가장자리를 따라 별 모양 흑색 소포가 발달하고, 그 안쪽에는 황갈색 색소포가 발달해 있다. 막지느러미 가장자리의 흑색과 황갈색 색소포대는 그 크기가 더욱 커져 있다. 자어의 머리와 막상의 가슴지느러미가 크게 발달하며, 난황은 소화관 뒤쪽에 소량 남아 있다(Fig. 2, E).

2) 후기 자어기

부화 후 12일째가 되면 자어는 전장이 6.41~7.62 mm(7.22 ± 0.42 mm, $n=20$)로 성장하고, 난황은 완전히 흡수되어 후기 자어기로 접어들었다. 이 때의 자어는 이포가 더욱 커지고, 이포에 한 쌍의 극이 출현한다. 막지느러미 가장자리에는 별 모양 흑색 소포와 나뭇가지 모양의 황색 소포가 더욱 밀집되고,

척색의 등쪽과 배쪽의 막지느러미 위로 새롭게 별 모양 흑색 소포가 확산되기 시작하며, 척색에는 국화 모양의 흑색 소포가 밀집되어 4~5개의 흑색 소포대를 형성하였다(Fig. 2, F).

부화 후 15~16일째 자어는 전장이 6.78~8.19 mm(7.32 ± 0.43 mm, $n=20$)로 이포가 더욱 커지고, 이포부에 이포극이 2쌍으로 분화되어 있으며(Fig. 2, G), 부화 후 19~20일째 자어는 전장 6.97~8.23 mm(7.74 ± 0.41 mm, $n=20$)로 이포부의 극이 더욱 커지며, 하미축골 지지 부분이 부풀어 올라 분화되기 시작하고, 체고가 높아지기 시작한다. 척색을 따라 발달한 흑색 소포대는 척색 등쪽 면에는 복추골 2~5번째, 7~10번째, 미추골 6~9번째, 11~15번째 19~24번째 근절 위에, 척색 배쪽면에는 미추골 3~6, 8~14, 15~19, 19~24번째 근절 밑에 발달해 있다(Fig. 2, H).

부화 후 22~23일째 자어는 7.06~10.07 mm(8.74 ± 0.92 mm, $n=20$)로 꼬리지느러미 줄기가 3~4개 분화되기 시작하며, 척색의 등쪽과 배쪽 막지느러미 위에 국화 모양의 흑색 소포가 산재하고 척색은 직선형이다(Fig. 2, I).

부화 후 30~31일째 자어는 전장이 8.39~10.51 mm($9.69 \pm$

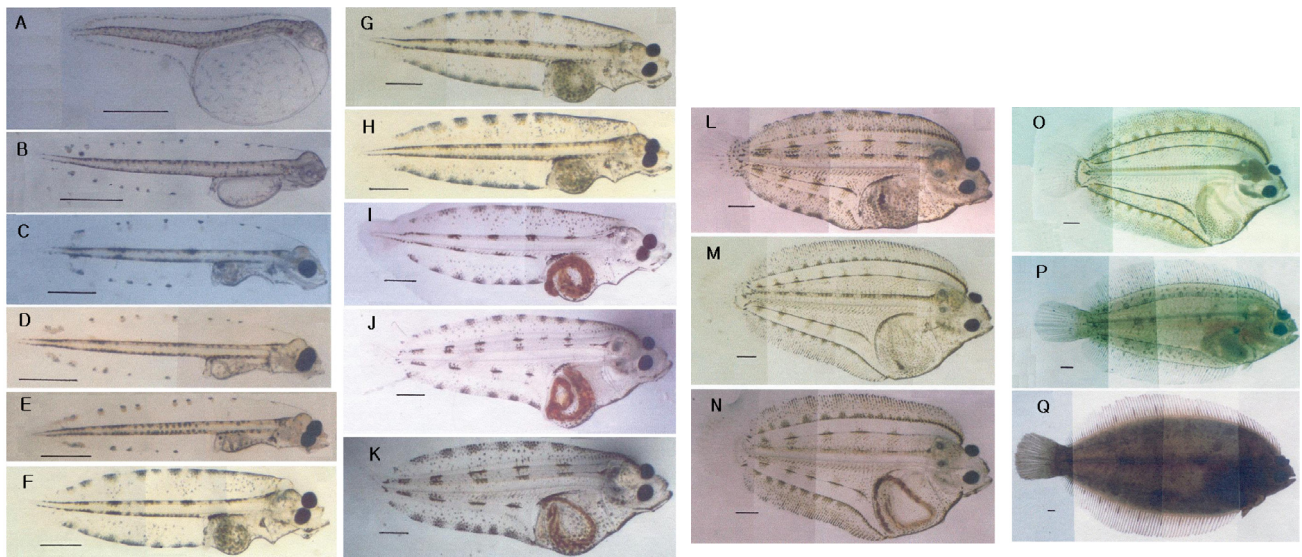


Fig. 2. Larvae developmental stages of *M. achne* reared in the laboratory. A: 4.05 mm in total length(TL), newly-hatched larva; B: 5.34 mm in TL, 2 days after hatching; C: 5.54 mm in TL, 3 days after hatching; D: 5.91 mm in TL, 5 days after hatching; E: 6.00 mm in TL, 7 day after hatching; F: 7.22 mm in TL, 12 day after hatching; G: 7.32 mm in TL, 15~16 days after hatching; H: 7.74 mm in TL, 19~20 days after hatching; I: 8.74 mm in TL, 22~23 day after hatching; J: 9.69 mm in TL, 30~31 day after hatching; K: 10.59 mm in TL, 34~35 days after hatching; Scale bars indicate 1.00 mm; L: 11.12 mm in TL, 38~41 days after hatching; M: 12.24 mm in TL, 44~45 day after hatching; N: 14.81 mm in TL, 51~53 hatching; O: 17.39 mm in TL, 69~72 days after hatching; P: 19.91 mm in TL, 90~93 day after hatching; Q: 33.10 mm in TL, 116~120 day after hatching; Scale bars indicate 1.00 mm.

0.70 mm, n=20)로 막지느러미는 여전히 물방울 모양의 구조를 갖고 있으며, 이포부의 극은 거대극으로 분화되어 있다. 척색 말단이 45° 정도로 굽어지기 시작하고 하미촉골이 더욱 분화되며, 꼬리지느러미 줄기가 10여 개 분화된다. 이 시기에는 꼬리 부분에 별 모양으로 수개, 막상의 가슴지느러미에 국화 모양의 흑색 소포가 12~15개 정도 출현하고, 등 및 뒷지느러미의 담기골뿔이 앞에서부터 형성되며, 체고가 더욱 높아져 체형이 가자미목 어류로서의 특징을 갖추게 된다. 척색의 등쪽과 배쪽 면의 흑색 소포대는 더욱 뚜렷해지며, 아가미 뚜껑이 형성되기 시작한다(Fig. 2, J).

부화 후 34~35일째 자어는 전장 8.69~11.88 mm(10.59±0.90 mm, n=20)로 성장하였으며, 눈이 돌아가기 시작한다. 꼬리지느러미 줄기가 13~14개 분화되어 있고, 꼬리지느러미 형태가 부정미 형태로 위쪽이 길게 신장된다. 척색의 흑색 소포대는 척색의 등쪽 면은 7~9, 15~17, 22~25, 33~36, 40~43번째 근절 위에, 배쪽은 17~20, 24~26, 32~34, 39~42번째 근절 밑에 위치하고, 위쪽과 아래쪽이 약간 엇갈리게 흑색 소포대를 이루고 있다. 이 시기에는 이포부 뒤쪽에 점 모양의 적색 소포가 발달하며, 협부에는 점 모양의 황색 소포가 산재해 있다(Fig. 2, K).

부화 후 38~41일째 자어는 전장 9.42~12.77 mm (11.12±1.15 mm, n=20)로 미부봉상골이 70° 이상 휘어져 있으며, 하미촉골이 더욱 발달하고, 꼬리지느러미 줄기가 15~17개 분화되어 있으며 꼬리지느러미는 부채 모양이다. 가슴지느러미는 막상으로 이포부 정도 크기이며, 부채 모양이다. 등 및 뒷지느러미 줄기 원기가 앞에서부터 분화되기 시작하며, 근절은 'W'자 모양이고, 추골에 신경극과 혈관극이 발달한다. 꼬리지느러미에 흑색 소포의 수가 증가되어 있으며, 이포부 뒤쪽에는 점 모양의 적색 소포가 여전히 산재해 있다. 이 시기에는 수조 바닥으로 착저하는 개체들이 출현하기 시작한다(Fig. 2, L).

부화 후 44~45일째의 자어는 전장이 10.10~14.56 mm (12.24±1.25 mm, n=20)로 꼬리지느러미가 분리되어 어미의 형태를 갖추고, 항문은 앞쪽으로 위치한다. 꼬리지느러미 줄기가 19~20개, 등지느러미 줄기가 75~76개, 뒷지느러미 줄기는 56~60개 분화되어 있으며, 지느러미 형태를 갖추고 있고, 체고는 더욱 높아져 있다(Fig. 2, M).

부화 후 51~53일째 자어는 전장 13.22~17.24 mm(14.81±1.84 mm, n=20)로 눈이 등의 정중선 위에 위치하여 있다. 이

시기에는 배지느러미 원기가 출현하였다. 등지느러미 줄기가 80~87개, 뒷지느러미 줄기가 60~70개, 꼬리지느러미 줄기는 22개로 분화되었다. 전장 17 mm 이상의 자어는 이빨이 발달하기 시작하였으며, 배체의 전 표면에 점 모양의 적색 소포가 산재해 있다(Fig. 2, N).

부화 후 65~67일째 자어는 배지느러미가 더욱 신장되었으며, 눈과 왼쪽 콧구멍이 더욱 오른쪽으로 이동하고, 체고가 더욱 높아져 전장의 약 50%에 달한다.

부화 후 69~72일째 자어는 전장 13.81~21.76 mm(17.39±3.21 mm, n=20)로 배지느러미에는 3~4개의 줄기가 발달해 있으며, 꼬리 부분의 흑색 소포는 수가 증가하나, 분포 상태는 큰 차이가 없으며, 이포부의 극은 거대 극으로 분화되어 있다(Fig. 2, O).

3) 치어기

부화 후 90~93일째에는 전장이 17.57~22.47 mm(19.91±1.63 mm, n=20)로 왼쪽 눈과 콧구멍이 완전히 오른쪽으로 이동하여 있고, 가슴지느러미가 부채 모양에서 길게 신장되어 성어의 형태를 닮아 있으며, 이포부의 극은 보이지 않게 된다. 등지느러미 줄기는 87~93개, 뒷지느러미 70~81개, 가슴지느러미 10개, 배지느러미 6개로 모든 지느러미 줄기 수가 정수에 달하여 치어기에 달한다. 체표면에는 흑색 및 흑갈색 색소포로 전체에 발달되어 있으며, 몸의 정중선 위에 2~3개, 지느러미를 제외한 등쪽 가장자리에 6~7개, 배쪽에 5개 정도의 갈색 반문이 형성되고, 근절이 발달되어 치어기로 이행하였다(Fig. 2, P).

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.

찰가자미의 성숙 난은 무색 투명, 구형, 분리부성란으로 유구를 가지고 있지 않다. 가자미목 어류의 대부분은 구형의 분리부성란을 가지며, 일부는 침성점착란을 가지는데, 넓치

과의 넙치, *Paralichthys olivaceus*(Rho & Pyen, 1986; Han & Kim, 1997b)를 비롯하여 대부분의 가자미과 어류들은 분리부성란을 가지는 반면, 점가자미, *Limanda schrencki*(Yusa, 1960a), 문치가자미, *Pleuronectes yokohamae*(Yusa, 1960b; Kim et al., 1983) 및 사할린가자미, *Limanda sakhalinensis*(Rho et al., 1988)는 침성접착란을 가진다. 유구의 유무는 가자미목 어류에 있어서 큰 특징(Mito, 1963)이며, 대부분의 가자미목 어류는 유구를 가지지 않지만 넙치(Rho & Pyen, 1986; Han & Kim, 1997b)와 도다리, *Pleuronichthys cornutus*(Takita & Fujita, 1964)는 1개의 유구를 가지는 것이 특이하다고 하겠다.

찰가자미 난의 크기는 1.54~1.73 mm(1.64±0.03 mm)로 범가자미, *Verasper variegatus*(Takita et al., 1967)의 1.60~1.64 mm와 비슷하였고, 점가자미(Yusa, 1960a)의 0.70~0.83 mm, 문치가자미(Yusa, 1960b; Kim et al., 1983)의 0.71~0.845 mm, 사할린가자미(Rho et al., 1988)의 평균 820 μm 및 강도다리, *Platichthys stellatus*(Byun et al., 2007)의 1.09~1.19 mm 보다는 큰 편이며, 노랑가자미, *Verasper moseri*(中川, 1989)의 1.70~1.93 mm보다 조금 작은 크기였다.

찰가자미 부화 자어의 크기는 3.85~4.34 mm(4.05±0.18 mm)로 범가자미의 3.80 mm(Takita et al., 1967), 3.87~4.20 mm(Aritaki et al., 2001), 노랑가자미 3.65~4.78 mm(Aritaki et al., 2000)와 비슷하였고, 도다리의 2.75~2.80 mm(Takita & Fujita, 1964; Minami, 1982), 문치가자미의 2.64~2.72 mm(Kim et al., 1983), 참가자미의 2.40~2.60 mm(Rho et al., 1988)와는 차이가 컸다.

부화 직후 자어의 근절 수는 14~15+33~34=47~49개로 다른 가자미류보다 많은 편이었으며, 부화 자어의 크기가 비슷하였던 노랑가자미(Aritaki et al., 2000)와 범가자미(Aritaki et al., 2001)보다도 많았다.

가자미류 자어의 막지느러미 위의 흑색 소포는 불안정하다는 보고(Kato et al., 1974)가 있으나, 찰가자미는 부화 직후 막지느러미 가장자리를 따라 나무가지 모양의 색소포가 1열로 나타나는데 비하여, 문치가자미(Kim et al., 1983)의 경우는 부화 직후 자어 미부의 막지느러미 위에 나뭇가지 모양의 색소포가 나타나고, 점가자미(Yusa, 1960a)와 돌가자미(Kim, 1982)는 부화 직후 막지느러미 위에 색소포가 나타나지 않은 점에서 차이가 있다. 또한 찰가자미의 경우는 막지느러미 가장자리와 배체 위의 가장자리를 따라 색소포가 확

산되어 배체 전체와 막지느러미 위에 확산 발달하여 6~7개 반문이 형성되는 것이 특징이나, 갈가자미, *Tanakius kitaharai*와 물가자미, *Eopsetta grigorjewi*의 경우 막지느러미의 꼬리 부분 중간 부위에 가장자리를 따라서 색소포가 확산되어 가고, 도다리의 경우 배체 전체에 색소포가 확산되어 발달하며, 돌가자미의 경우는 배체의 상하 가장자리와 꼬리 부분의 중간 부위에 나뭇가지 모양의 색소포가 서서히 확산 발달되어 간다. 이러한 색소포의 위치, 출현 시기 및 발달 양상은 종에 따라 특수한 형질의 상태를 나타내는 것이라 생각되며, 이들 흑색 소포의 분포 상태는 분류 형질로 중요한 역할을 할 것으로 생각된다(Han et al., 2001).

한편, 찰가자미는 평균 전장 7.22±0.43 mm 때에 이포부에 한 쌍의 극이 출현하여 거대 극으로 발달하다 치어기로 이행하는 시기인 부화 후 90~93일째 평균 전장 19.91±1.63 mm로 성장하면 극이 보이지 않게 되는데, 이러한 형질은 찰가자미 자치어 발달 과정 중 출현하는 독특한 현상으로서 찰가자미 자치어기의 분류 형질로 중요한 역할을 할 것이라 생각된다(Okiyama, 1987).

치어기에 도달하여 저서 생활로 이행하는 시기가 찰가자미는 수온 12.6~18.8°C에서 부화 후 38~41일째 전장 11.12 mm때부터 착저가 시작되어 90~93일째 전장 19.91 mm 때에 착저가 완료되어 치어기로 이행한 것으로 나타나, 도다리(杉野等, 1996)의 체장 24.5 mm, 노랑가자미와 범가자미(Aritaki et al., 2000; 2001)의 전장 25.75 mm와 23.83 mm보다 작은 시기에 저서생활로 이행하였고, 돌가자미(Han & Kim, 1997a)의 전장 14.24 mm, 문치가자미(Han et al., 2001)의 전장 10.03 mm, 넙치(Han & Kim, 1997b)의 12.3 mm 및 강도다리(Byun et al., 2007)의 13.5 mm 보다는 큰 시기에 저서 생활로 이행하는 것으로 나타났다. 이러한 발육 과정에서의 성장 패턴의 차이는 형태 발달에 있어서의 종간의 독특한 특징이라 생각된다.

인용문헌

- Aritaki MK, Ohta Y, Hotta, Tanaka M (2001) Morphological development and growth of laboratory-reared spotted halibut *Verasper variegatus*. Nippon Suisan Gakkaishi Japanese 67:58-66.
- Aritaki M, Suzuki S, Watanabe K (2000) Morphological

- development and growth of laboratory-reared barfin flounder *Verasper moseri*. Nippon Suisan Gakkaishi Japanese 66:446-453.
- Byun SG, Lee BI, Lee JH, Ku HD, Park SU, Yun SM, Hwang SY, Kim YC, Han HG (2007) Egg development and morphological change of larvae and juveniles of the starry flounder, *Platichthys stellatus*. Korean J Ichthyol 19:350-359.
- Cho KC, Kim JH, Go CS, Kim Y, Kim KK (1995) A study on seedling production of the spotted flounder, *Verasper variegatus*. Bull Nat'l Fish Res Dev Agency 50:41-57.
- Chyung MK (1991) The Fishes of Korea. Iljisa, Seoul, Korea, pp 443-444.
- 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 HK, Kang DY, Hur SB, Kim SW (2001) Effects of temperature and salinity on early development, survival and growth rate in seabass, *Lateolabrax japonicus*. J Aquaculture 14:17-21.
- Han KH, Kim YU (1997a) Development of larvae and juvenile of the stone flounder, *Kareius bicoloratus*. Bull Mar Sci Inst Yosu Nat'l Fish 6:39-47.
- Han KH, Kim YU (1997b) 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 KH, Park JT, Jin DS, Jang SI, Joung HH, Jho JK (2001) Morphological development of larvae and juveniles of the marbled sole, *Limanda yokohamae*. Korean J Ichthyol 13:161-165.
- Ishito Y, Hashimoto R (1993) Distribution of the egg of the slime-flounder, *Microstomus achne* (Jordan et Starks) in the northeastern coast of Japan. Bull Tohoku Nat'l Fish Inst 55:37-51.
- Imaoka Y, Misu H (1974) Fisheries biology of the round-nose 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.
- Kang SJ, Lim YS, Park SU, Lee WJ, Cho BD, Park HG, Park YS, Oh HY (1999) Availability of marine bacteria (*Erythrobacter* sp. Σ -1) for enrichment of livefood in the slime flounder larvae, *Microstomus achne*. J Korean Fish Soc 32:798-802.
- Kato F, Okiyama M, 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 YU (1982) On the egg development and larvae of right-eye flounder, *Kareius bicoloratus* (Basilewsky). Bull Korean Fish Soc 15:323-328.
- Kim YU, Myoung JK, Park JS (1983) Eggs development and larvae of the right-eye flounder, *Limanda yokohamae* Gunther. Bull Korean Fish Soc 16:389-394.
- Kim YU, Kim YM, Kim YS (1994) Commercial Fishes of the Coastal and Offshore Waters in Korea. Nat'l Fish Res Dev Agency, pp 1-299.
- 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. Echeineiformes and pleuronectiformes. Jap J Ichthyol 11:81-102.
- Nelson JS, (1994) Fishes of the World. 3rd ed., Hohn Wiley and Sons, New York, U.S.A., pp 1-439.
- Okiyama M (1987) An Atlas of the Early Stage Fishes in Japan. Tokai Univ Press, pp 1-1154.
- Rho S, 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, Lee GT (1988) Early development and rearing of floating larvae and fry of flatfish, *Limanda herzensteini* Jordan et Synder. Bull Nat'l Fish Res Dev Agency 41:65-73.
- Rho YG, Park DW, Park YJ, Lee JH (1988) The artificial seedling production of flounder, *Limanda sakhalinensis* Hubbs. Bull Nat'l Fish Res Dev Inst 41:75-85.
- Saitoh S (1996) Cryopreservation of flatfish sperm 1. Pellet and straw methods. Sci Rep Hokkaido Fish Exp Stn 48:9-17.
- Takita T, Fujita S (1964) Egg development and prolarval stages of the turbot, *Pleuronichthys cornutus* (Temminck et Schlegel). Bull Jap Soc Sci Fish 30:613-618.
- Takita T, Fujuta S, Dotsu Y (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 Mub dab, *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 V. Embryonic development of flatfish, *Xystrias grigorjewi* (Herxenstein). Bull Tohoku Reg Fish Res Lab 19:109-118.
- 한국동물분류학회 (1977) 한국동물명집(곤충제외). 아카데미서적, 서울, pp 1-489.
- 杉野博之, 水戸 敷, 近藤正美 (1996) 메이타가레이의採卵と飼育. 岡山水試報 11:65-68.
- 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(6):71-77.

(received 6 October 2009, received in revised form 13 November 2009, accepted 19 November 2009)