

## 문치가자미(*Pseudopleuronectes yokohamae*) 치어의 이석 일륜을 이용한 성장 및 산란시기 추정

주형운<sup>1</sup> · 곽우석<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>국립경상대학교 해양생명과학과  
<sup>2</sup>해양산업연구소

### Estimation of Early Growth and Spawning Period of Marbled Flounder (*Pseudopleuronectes yokohamae*) in the Water off Namhae of Korea as Indicated from Daily Growth Increments in Otoliths

HYEONG-WOON JOO<sup>1</sup> AND WOO-SEOK GWAK<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Marine Biology & Aquaculture

<sup>2</sup>The Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University, Tongyeong 650-160, Korea

2011년 2월부터 5월까지 경남 남해군 연안에서 소형 Beam trawl에 채집된 문치가자미 치어 이석을 관찰 분석하여 부화시기와 초기성장을 추정하였다. 문치가자미 치어는 2011년 2월에서 5월까지 총 175개체가 채집되었으며, 체장-체중 관계식은  $W=9.76*10^{-8}L^{4.39}$  ( $r^2=0.93$ )를, 체장-이석경 관계식은  $L=0.0795R+0.2249$  ( $r^2=0.92$ )로 추정되었다. 체장 성장은  $L_t=135\exp\{-\exp[0.0103(t-116)]\}$  ( $r^2=0.83$ )로 Gompertz 성장식이 가장 유의하게 회귀되었다. 이석 일륜으로부터 추정한 주 산란시기는 12월에서 1월인 것으로 추정되었다.

Hatching date, main spawning period and growth of juvenile marbled flounder (*Pseudopleuronectes yokohamae*) were determined by analysis of microstructure in otoliths. Marbled flounders were collected by a small beam trawl in Namhae from February 2011 to January 2012. The length (L, mm) was related to body weight (W, g);  $W=9.76*10^{-8}L^{4.39}$  ( $r^2=0.93$ ). The length was also related to otolith radius (R,  $\mu\text{m}$ );  $L=0.0795R+0.2249$  ( $r^2=0.92$ ). The growth in length was represented by Gompertz growth curve;  $L_t=135\exp\{-\exp[0.0103(t-116)]\}$  ( $r^2=0.83$ ). The hatching date calculated from the number of daily growth increments in otoliths was between mid-December and mid-February.

**Key words:** marbled flounder, *Pseudopleuronectes yokohamae*, otolith, growth, spawning period

## 서 론

어류 이석에는 대부분 부화 후부터 일륜이 형성되기 때문에 이석의 미세구조를 관찰 분석하면, 연구대상 어종의 부화일, 변태시기, 일일성장률 등을 추정할 수 있으므로(Campana and Neilson, 1985; Stevenson and Campana, 1992; Joh *et al.*, 2005), 어류의 초기 생태연구에 있어 많이 활용되고 있다(Jenkins, 1987; Maillet and Checkley, 1991; Noichi *et al.*, 1994; Bailey *et al.*, 1995; Meekan and Fortier, 1996).

문치가자미(*Pseudopleuronectes yokohamae*)는 우리나라 전 연

안, 일본 북해도, 발해, 동중국해 등에 분포하고 있으며, 등쪽의 체색은 갈색 또는 황갈색 바탕에 크고 작은 부정형의 암색 반점이 많이 있다(NFR, 2004). 문치가자미는 침성점착란을 낳고(池田 *et al.*, 2010), 치어기 말기에 왼쪽 눈이 오른쪽으로 이동하며, 이 때 천해역에 들어와 저서생활을 시작하여 일정기간 성장한 후 수심이 깊은 곳으로 이동하는 것으로 알려져 있다(Yamada *et al.*, 1986).

문치가자미를 비롯한 일부 가자미류는 산란, 성숙 및 섭이를 위해 계절에 따라 얕은 연안에서 깊은 근해로 소규모 회유가 이루어지므로 해역에 따라 산란시기가 다소 차이가 있다(高橋 *et al.*, 1983; Cho *et al.*, 2006; Cho *et al.*, 2008). 우리나라 연안에 서식하는 문치가자미의 산란시기는 지역마다 조금씩 차이가 있는데,

부산 연안에서는 12월 하순에서 1월 하순(Lee *et al.*, 1985), 가덕도 연안에서는 11월 중순에서 1월 초순에 산란하는 것으로 추정하였다(Moon and Lee, 1999). 남해의 경우 문치가자미 산란시기는 11월에서 2월, 주 산란시기는 12월에서 1월로 추정하였다(Seo *et al.*, 2010). 특히 진해만 및 자란만 안쪽에 서식하는 문치가자미의 경우 10월에 성숙하기 시작하여 11월부터 산란이 시작되고 12월이 지나면 대부분 산란이 종료되는 반면, 육지도 연안 해역에 서식하는 문치가자미의 경우 1월말부터 성숙하기 시작하여 2월 중순에 대부분 산란하는 것으로 알려져 있다(GMRRI, 2010).

우리나라 연안 문치가자미에 대해서는 Kim *et al.*(1983)과 Na *et al.*, (2000)의 난발생, Han *et al.*(2001)의 자치어 형태발달, Lee *et al.*(1985)과 Kang *et al.*(1985)의 생식주기 및 개체군 동태에 대하여 연구되었으며, Seo *et al.*(2010)의 성숙과 산란, Kim *et al.*(1991), Park(1997), 그리고 Moon and Lee(1999)에 의한 연령 및 성장에 관하여 연구되었다. 이와 같은 연구결과에 근거하여 우리나라 연안 문치가자미의 자원관리를 위해 포획금지 기간이 경상북도의 2월 1일에서 2월 28일을 제외한 우리나라 전 연안이 12월 1일에서 1월 31일로 일괄적으로 정해져서 포획금지 기간이 적용되고 있으나(NFR, 2013) 어종의 생태를 고려한 금어기 설정 및 수산자원관리가 필요한 것으로 생각된다. 즉, 문치가자미는 서식해역에 따라 산란시기와 성숙체장이 서로 다르게 나타나는 것으로 보고되어 있으므로 서식해역에 따른 포획금지 기간을 명확히 구명할 필요성이 있다. 이번 연구는 문치가자미 치어의 이석 일련을 분석하여 부화일과 산란시기를 추정한 후 그 결과를 선행 연구들과 비교하여 해역별 문치가자미 자원관리를 위한 기초자료를 제공하고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

어류는 경남 남해군 삼동면 둔촌리 연안에서 2011년 2월에서 2012년 1월까지 매월 사리 때 간조시에 소형 Beam trawl(입구 폭 110 cm, 높이 20 cm, 끝자루 45 cm, 망목 2.5×2.5 mm)을 이용하여 채집하였다(Fig. 1). 수온과 염분 측정은 Multi-analyzer 815 PDC

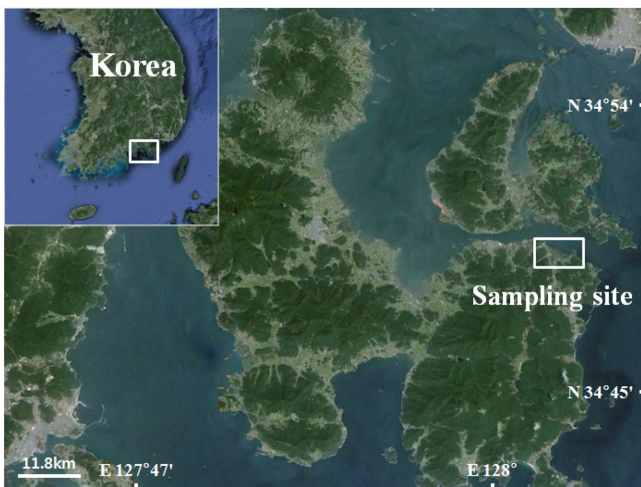


Fig. 1. Map showing the sampling site of *Pseudopleuronectes yokohamae* juveniles in Namhae of Korea.

(ISTEK)를 이용하였고, 시료는 즉시 cooler에 냉장 보관하여 실험실로 운반한 후, Nakabo(2002)와 Kim *et al.*(2005)에 따라 동정하였다. 문치가자미 체장은 0.1 mm, 체중은 0.01 g까지 측정하였다.

계측된 문치가자미에서 매월 30개체 내의(30개체 이하인 경우는 전 개체)의 이석을 추출 하여, 증류수로 이물질을 제거하였다. 분석의 통일성을 위해 좌측 이석을 사용하였으며, 이석은 폴리에스테르수지(Polycoat)와 경화제, 촉진제를 이용하여 상온에서 72시간동안 고정하였다. 고정된 이석은 절단 과정을 거치지 않고 sand paper(grid 400, 800, 1,200, 2,000)와 lapping film(Grid 4000, 6000, 10,000, 15,000)을 이용하여 두께 0.2-0.3 mm로 연마하였다. 연마 과정 중 수시로 현미경을 이용하여 관찰하였으며, 미세성장선이 뚜렷하게 나타날 때까지 연마하였다. 연마를 마친 이석박편을 슬라이드글라스에 고정한 후 현미경으로 관찰하면서 재연마를 하였다. 이석 관찰과 촬영은 현미경(Leica DM 2500)과 컴퓨터 영상분석시스템(Leica application suite V.3.3.0)을 이용하였다. 미세성장선은 영상분석프로그램을 이용, 150-200%로 확대하여 관독하였으며, 이석은 한 평면상으로 자라지 않기 때문에 먼저 가장자리 성장선을 계수하고 연마를 계속하여 핵까지 계수하였다. 분석을 통하여 미세성장선의 관독이 어려울 때 재연마를 한 뒤 다시 관찰하였다. 문치가자미 이석의 미세성장선은 부화 이후 하루주기로 형성된다고 보고하였고(Joh *et al.*, 2005), 산란에서 부화까지는 15일이 소요되는 것으로 보고되어(Yusa, 1960), 부화 및 산란일은 Joh *et al.*(2005)과 Yusa(1960)에 따라 추정하였다. 체장의 성장은 3개의 성장모델(von Bertalanffy, logistic, Gompertz)로 비선형 회귀분석에 의하여 계산하였다(Microsoft excel solver routine). 상관관계는 SPSS 18.0 통계프로그램을 이용하여 검정 하였다.

## 결 과

2011년 2월에서 2012년 1월까지 채집해역의 수온범위는 최저 6°C(1월)에서 최고 27°C(8월)의 범위였고(Fig. 2), 문치가자미 치어는 2월에서 5월 사이에 채집되었으며, 이때의 수온 범위는 9.5-23°C였다.

조사기간중 총 175개체의 문치가자미 치어가 채집되었으며, 체장범위는 11.9-48.7 mm(24.4±9.5; mean±SD)였다(Fig. 3).

체장은 2월에는 10-15 mm 범위의 5개체가 채집되었고, 3월에는

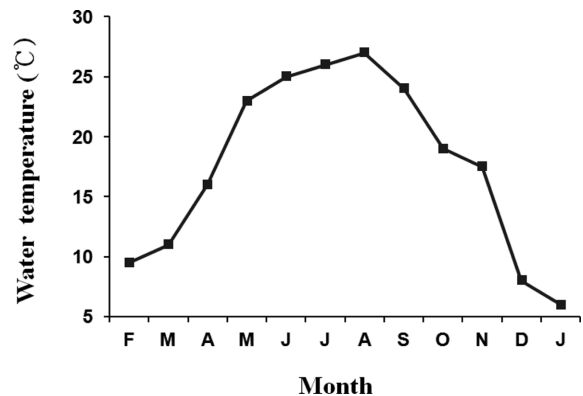


Fig. 2. Monthly variation of water temperature in Namhae of Korea, from February 2011 to January 2012.

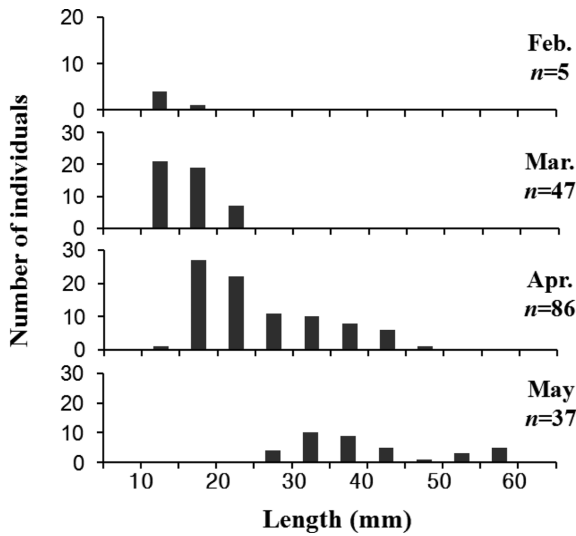


Fig. 3. Length frequency distribution of *Pseudopleuronectes yokohamae* juveniles collected by a beam trawl in the water off Namhae of Korea, from February to May 2011.

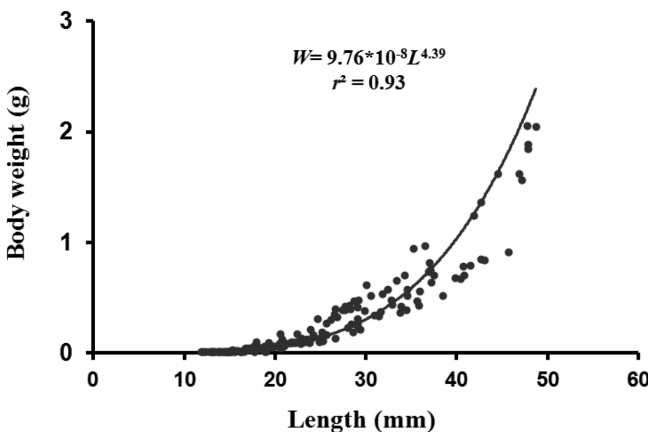


Fig. 4. Relationship between length and body weight of *Pseudopleuronectes yokohamae* juveniles.

10-20 mm, 4월에는 15-25 mm, 5월에는 30-40 mm인 개체가 가장 많았다. 2월 이후 시간경과에 따라 체장이 증가하였으며, 4월에 체장분포 범위가 가장 넓었다(Fig. 3).

2011년 2월에서 5월까지( $n=175$ ) 문치가자미 치어의 체장범위는 11.9-48.7 mm( $24.4 \pm 9.5$ ; mean $\pm$ SD), 체중범위는 0.01-2.05 g( $0.39 \pm 1.75$ ; mean $\pm$ SD)였다. 체장에 대하여 체중은 지수 함수에서 유의한 상관관계를 가졌으며 식은 다음과 같다(Fig. 4).

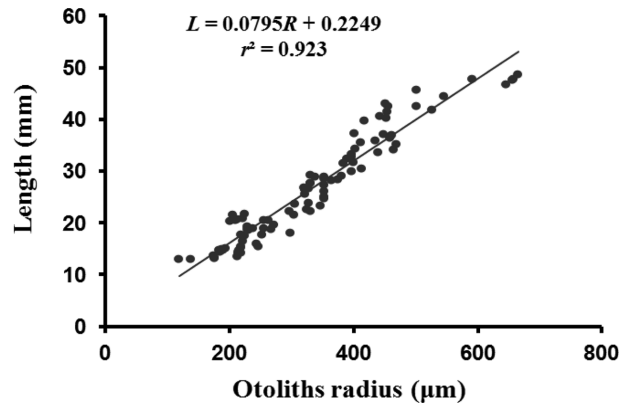


Fig. 5. Relationship between otolith radius and length of *Pseudopleuronectes yokohamae* juveniles.

$$W = 9.76 \times 10^{-8} L^{4.39} \quad (r^2 = 0.93, n = 175)$$

채집된 문치가자미 치어 175개체 중 이석분석에 사용된 것은 98개체로 체장 범위는 2월 13.5-15.4 mm( $n=5$ ), 3월 13.0-23.8 mm( $n=30$ )였으며, 4월은 15.6-45.8 mm( $n=31$ ), 5월은 20.6-48.7 mm( $n=32$ )의 범위였다(Table 1).

이석경의 범위는 2월에는 174-219  $\mu$ m, 3월에는 119-305  $\mu$ m, 4월은 228-501  $\mu$ m, 5월은 255-665  $\mu$ m의 범위였다(Table 1). 체장에 대하여 이석경은 유의한 상관관계( $F=3.88, P<0.001$ , ANCOVA)를 보였으며, 식은 다음과 같다(Fig. 5).

$$L = 0.0795R + 0.2249 \quad (r^2 = 0.92)$$

문치가자미 치어의 미세성장선은 2월 65-68개( $n=5$ ), 3월 62-83개( $n=30$ ), 4월 79-130개( $n=31$ ), 5월은 79-131개( $n=32$ )의 범위를 보였으며(Table 1), 이석의 핵에서 이차성장핵이 나타나는 곳까지의 성장선 수는 40-58개였다(Fig. 6).

전장과 미세성장선에 대하여 3개의 성장모델(von Bertalanffy, logistic, Gompertz)로 계산 하였고, 그 중 Gompertz 성장식에 가장 유의하게 회귀하였으며, 식은 다음과 같다(Fig. 7).

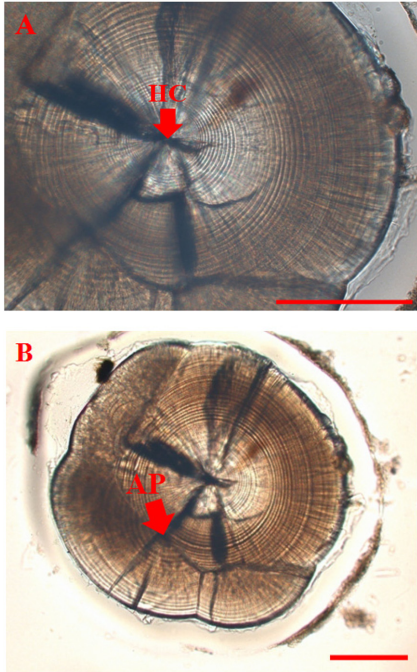
$$L_t = 135 \exp\{-\exp[0.0103(t-116)]\} \quad (r^2 = 0.83)$$

이석의 일륜수로부터 추정된 문치가자미의 부화시기는 주로 12월 중순에서 1월이었다(Fig. 8). 2월에 채집된 개체는 12월 중순에 부화 되었으며, 3월은 1월 초에서 1월 말까지, 4월은 12월 중순에서 2월초, 5월은 12월 말에서 2월 중순에 부화한 것으로 나타났다.

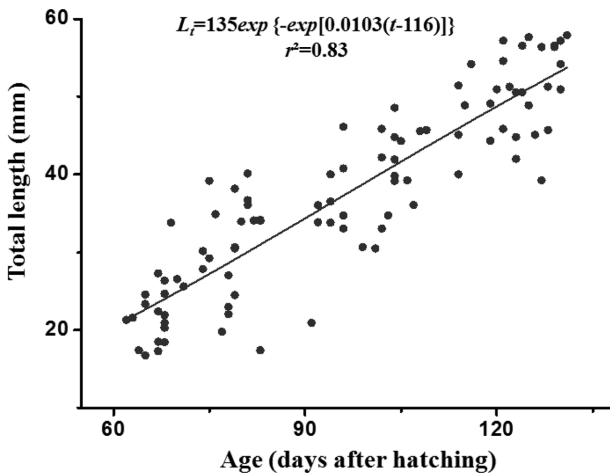
가장 많은 개체가 부화한 달을 기준으로 산란일을 역추정해 보

Table 1. Otolith radius and age (days after hatching) of *Pseudopleuronectes yokohamae* juveniles collected by a beam trawl in the water off Namhae of Korea in 2011

Month	No. of individuals	Length (mm)		Otolith radius ( $\mu$ m)		Age (days after hatching)	
		Range	Mean ( $\pm$ SD)	Range	Mean ( $\pm$ SD)	Range	Mean ( $\pm$ SD)
Feb.	5	13.5-15.4	14.2 $\pm$ 0.8	174-219	199 $\pm$ 22	65-68	66 $\pm$ 1
Mar.	30	13.0-23.8	17.3 $\pm$ 3.0	119-305	213 $\pm$ 36	62-83	72 $\pm$ 6
Apr.	31	15.6-45.8	30.5 $\pm$ 8.6	228-501	370 $\pm$ 71	79-130	106 $\pm$ 16
May	32	20.6-48.7	33.7 $\pm$ 8.3	255-665	429 $\pm$ 115	79-131	111 $\pm$ 13
Total	98	13.0-48.7	26.7 $\pm$ 10.2	119-665	332 $\pm$ 123	62-131	96 $\pm$ 22



**Fig. 6.** Microphotographs of thin sectioned otoliths of *Pseudopleuronectes yokohamae* juveniles (13.3 mm SL). HC, Hatch Check; AP, Accessory Primordia (scale bar: 100  $\mu$ m).

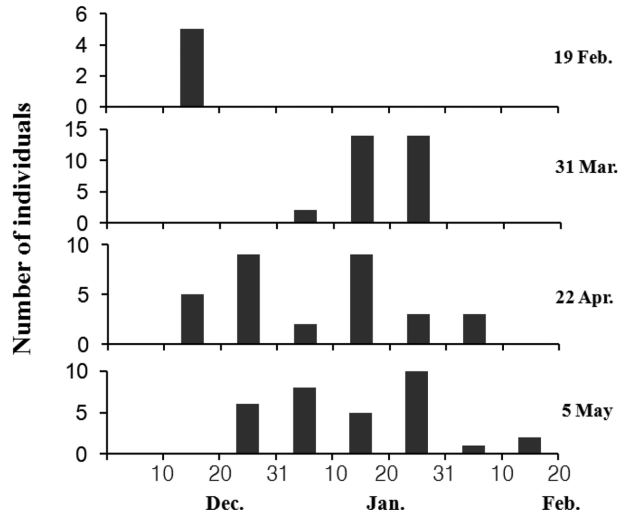


**Fig. 7.** Gompertz growth curve fitted to total length-at-age data of *Pseudopleuronectes yokohamae* juveniles.

있을 때, 이번 조사해역에서 문치가자미의 주 산란일은 12월에서 1월로 나타났다.

### 고찰

천해역이나 조간대 지역은 수온, 염분의 변화 폭이 크고 파도와 조석작용 등이 심하여 어류가 살아가는데 많은 에너지가 요구되는 단점이 있다(Allen, 1982; Lasiak, 1984). 하지만 먹이가 풍부하고 햇빛으로부터 열을 쉽게 얻어 신진대사가 활발히 일어날 수 있는 장점이 있어 자·치어들의 보육 및 성육장으로 이용되기도



**Fig. 8.** Hatching date of *Pseudopleuronectes yokohamae* juveniles calculated from the number of growth increments in otoliths, collected by a beam trawl in the water off Namhae of Korea from February to May 2011.

한다(Ayvazian and Hyndes, 1995). 이번 연구에서 문치가자미 치어의 채집해역인 남해는 잘피밭이 발달되어 있다. 잘피밭은 저질의 안정 및 파랑의 힘을 약화시키고 포식자로부터 은신처의 역할을 하며, 먹이 생물이 풍부한 곳으로서(Klumpp *et al.*, 1992; Kwak, 1997) 문치가자미 치어가 성장하기 적합한 곳으로 추정된다.

이번 연구의 문치가자미 치어 체중과 체장 관계를 나타낸 식에서 기울기 값이 4.39으로 3보다 높게 나타나서 이 시기의 성장은 체장보다는 체고나 체폭이 증가하는 것으로 확인되었다. Yoshihara *et al.*(1999)은 자연 해역에서 벵에돔 치어와 유어를 채집하여 이들의 체중과 체장 관계식의 기울기 값이 3.101-3.213이라고 보고 하였고, 吉原와 久保(1981)는 어류의 경우 일반적으로 비중이 같고 입체적으로 유사한 형태를 취하고 있으면 체중은 체장의 3승에 비례하지만, 어중에 따라서 고유의 기울기 값을 갖는 것도 있다고 하였다. 문치가자미 치어의 경우 성육장에서 체고나 체폭 위주의 성장이 확인되었는데 이와 같은 현상이 종 특이적으로 발생한 것인지 치어기라는 특정 시기에 나타나는 것인지에 대해 추가적인 조사가 필요할 것으로 판단된다.

조사기간 동안 문치가자미 치어는 수온이 상승하는 시기인 2월에서 5월까지 출현하였다. 월별 평균체장은 2월 14.2 $\pm$ 0.7 mm, 3월 16.1 $\pm$ 2.9 mm, 4월 25.7 $\pm$ 8.2 mm, 5월 33.3 $\pm$ 8.3 mm 였으며, 부화 이후 평균 일륜수는 2월 66.6 $\pm$ 1.5개, 3월 72.9 $\pm$ 6.2개, 4월 106.7 $\pm$ 16.4 개, 5월 111.9 $\pm$ 13.8개로 증가하여, 치어가 부화 2개월 후부터 조사해역으로 이동하여 약 2개월간 이곳을 보육장으로 이용한 것으로 추정된다. 그리고 2월에서 5월 중 4월에 체장분포 범위가 가장 넓게 나타났는데 이는 4월에 부화시기가 다양한 개체가 많은 것 때문으로 생각되며, 또한 2월에서 5월까지의 조사기간 동안 같은 달에 채집된 문치가자미 치어의 최소 체장과 최대 체장이 두 배 이상 차이가 나타나는 것은 부화시기에 따른 성장 차이로 추정된다. 가자미과 어류 치어의 경우, 생존과 성장에 유리한 수심이 얇은 해역을 성육장으로 선호하고 일정 크기로 성장이 되면 성육장에서 보다 깊은 수심대로 이동하는 것으로 보고되었다(Minami,

1989). 이 때 깊은 바다로의 이동은 체장이 큰 개체부터 순차적으로 진행된다고 보고하였는데(Minami, 1989), 문치가자미 치어도 성육장인 연안역에 착저후 일정 크기로 성장하기 전까지는 성육을 위해 연안역에 새롭게 착저하는 치어와 공존하게 되므로 채집된 치어의 체장에 차이가 있는 것으로 추측된다.

어류에 있어 이석의 일륜 형성 시기는 대부분 부화 이후부터 시작된다. Joh *et al.*(2005)의 문치가자미 일륜 형성의 주기성을 알아보는 ALC(alizarin complexone) 실험에서 ALC-mark 한 6일 후 일륜을 계수 하였을 때 평균 5.7개로 나타났으며, 가자미목 어류 중에서는 강도다리(*Platichthys stellatus*), winter flounder(*Pseudopleuronectes americanus*)에서 이석의 미세성장선이 하루주기로 형성된다고 보고하였다(Campana and Neilson, 1982; Radtke and Scherer, 1982). 그러므로 이번 연구에서 문치가자미 치어의 이석 미세성장선이 부화 후부터 하루주기로 형성된다고 했을 때 오차는 크지 않을 것으로 생각된다.

이석의 이차 성장핵은 Christopher *et al.*(1993)과 Ambrose *et al.*(1993)의 연구에서 가자미류인 *Pseudopleuronectes americanus*와 *Microstomus pacificus*의 치어가 변태를 마치고 바닥으로 착저하면서 이차 성장핵이 생긴다고 보고하였다. 또한 다른 어류에서도 이차 성장핵은 변태 이후 형성되는 것으로 보고되어 있어(Nishimura and Yamada, 1984; Lee and Byun, 1996), 이차 성장핵까지의 일륜수는 변태까지의 기간을 나타내는 지표로 이용할 수 있다(Campana, 1984). 이번 연구에서 문치가자미 치어의 이석 미세성장선 분석결과 부화 후부터 착저까지의 이차 성장핵이 형성되는 기간까지 범위가 총 98개체 중 93개체가 46-56일로 Moon and Lee(1999)의 결과와 유사한 결과를 나타냈으며, 40일이 1개체, 58일이 4개체로 총 5개체가 차이를 나타냈다. 이렇게 개체 간에 차이가 나타나는 것은 수온에 의한 것으로 생각된다. Fukuhara(1988)와 Han *et al.*(2001)의 형태발달 연구에서도 유사한 결과가 나타났다. Fukuhara(1988)는 문치가자미 사육수조의 평균 수온을 12.1°C에서 사육한 결과 변태 후 착저 기간이 대부분 최소 34일에서 43일로 나타난 반면, Han *et al.*(2001)은 평균 수온 7.5°C에서 55일경에 변태를 마치고 착저 한다고 보고한 연구결과에도 잘 반영되어 있다.

이번 연구에서 추정된 문치가자미 치어의 부화일은 12월 중순에서 2월 중순(12월 14일-2월 17일)으로 1월에 68%로 가장 많은 개체가 부화 했고, 12월 26%, 그리고 2월에 6%로 가장 낮게 나타났으며, 부화일을 기준으로 추정된 주 산란기간은 12월에서 1월이었다.

Yusa(1960)는 문치가자미 적정 산란수온이 7-9°C라고 보고하였으며, 난 발생에 있어 적정 수온이 10°C 이하라고 보고한 바 있다(Na *et al.*, 2000). 문치가자미의 난 발생에 있어 Kim *et al.*(1983)은 평균수온 11.4°C에서 부화에 걸리는 시간은 120시간 소요된다고 보고하였으며, Yusa(1960)는 7.2-9.2°C에서 372시간이 소요된다고 보고한 바 있다. 이번 연구의 채집해역에서 부화에 소요되는 시간을 최대 15일이 소요된다고 가정하고 산란 시기를 역추정 할 때 채집해역의 수온이 6.0-9.5°C로 기존의 연구결과에서 나타난 수온과 일치하는 것으로 미루어 남해의 문치가자미 주 산란시기는 12월에서 1월로 추정된다. 또한 선행연구에서 Seo *et al.*(2010)이 보고한 같은 남해지역 문치가자미의 주 산란시기, GSI 값이 높은 기간, 난경의 크기가 최대치인 기간도 이번 연구결과와 일치한다.

우리나라의 문치가자미 자원관리를 위한 포획금지 시기는 경상 북도를 제외한 우리나라 전 연안에서 12월에서 1월로 부산 연안 해역(Lee *et al.*, 1985)과 이번 연구해역인 남해는 일치하나 가덕도(Moon and Lee, 1999)와 옥지도 연안해역(GMRRI, 2010)은 일치하지 않으므로 문치가자미 포획금지 기간에 대한 수정이 필요할 것으로 생각되며 효율적인 자원관리와 적합한 포획금지 기간을 설정하기 위해서는 다른 지역에서도 이와 같은 연구가 수행되어야 할 것으로 생각된다.

## 참고문헌(References)

- Allen, L.G., 1982. Seasonal abundance, composition and productivity of the littoral fish assemblage in upper Newport Bay, California. *Fish. Bull.*, **80**: 769-790.
- Ambrose, J.Jr., L.S. Sherry and F.D. Melinda, 1993. Early growth, behavior, and otolith development of the winter flounder *Pleuronectes americanus*. *Fish. Bull.*, **91**: 65-75.
- Ayvazian, S.G. and G.A. Hyndes, 1995. Surf zone fish assemblages in south-western Australia: do adjacent nearshore habitats and the warm Leeuwin current influence the characteristics of the fish fauna?. *Mar. Biol.*, **122**: 527-536.
- Bailey, K.M., M.F. Canino, J.M. Napp, S.M. Spring and A.L. Brown, 1995. Contrasting years of prey levels, feeding conditions and mortality of larval walleye pollock *Theragra chalcogramma* in the western Gulf of Alaska. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **119**: 11-23.
- Campana, S.E., 1984. Lunar cycles of otolith growth in the juvenile starry flounder *Platichthys stellatus*. *Mar. Biol.*, **80**: 239-246.
- Campana, S.E. and J.D. Neilson, 1982. Daily growth increments in otoliths of Starry flounder(*Platichthys stellatus*) and the influence of some environmental variables in their production. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **39**: 937-942.
- Campana, S.E. and J.D. Neilson, 1985. Microstructure of fish otoliths. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **42**: 1014-1032.
- Cha, H.K., K.Y. Park, S.I. Lee, H.W. Park, H.C. Kwon and S.H. Choi, 2006. Maturity and spawning of brown sole, *Pleuronectes herzensteini* (Jordan et Snyder) in the East Sea of Korea. *Korean J. Ichthyol.* **18**: 363-367.
- Cha, H.K., H.C. Kwon, S.I. Lee, J.H. Yang, D.S. Chang and Y.Y. Chun, 2008. Maturity and Spawning of Korean Flounder *Glyptocephalus stelleri* (Schmidt) in the East Sea of Korea. *Korean J. Ichthyol.* **20**: 263-271.
- Christopher, L.T., F.M. Douglas and M.H. Phillip, 1993. Relationships between otolith microstructure microchemistry and early life history events in Dover sole, *Microstomus pacificus*. *Fish. Bull.*, **91**: 732-753.
- Fukuhara, O., 1988. Morphological and functional development of larval and juvenile *Limanda yokohamae* (Pisces: Pleuronectidae) reared in the laboratory. *Mar. Biol.*, **99**: 271-281.
- GMRRI (Gyeongsangnam-do Marine Resources Research Institute), 2010. Research Project Report. 65-75pp.
- Kwak, S.N., 1997. Biotic communities and feeding ecology of fish in zostera marina beds off dae island in kwangyang bay. Ph.D. Thesis, Pukyong National University, Busan, 411pp.
- Han, K.H., J.T. Park, D.S. Jin, S.I. Jang and J.K. Cho, 2001. Morpho-

- logical Development of Larvae and Juveniles of the Marbled sole, *Limanda yokohamae*. Korean J. Ichthyol. **13**: 161–165.
- Jenkins, G.P., 1987. Age and growth of co-occurring larvae of two flounder species, *Rhombosolea tapirina* and *Ammotretis rostratus*. Mar. Biol., **95**: 157–166.
- Joh, M., T. Takatsu, M. Nakaya, T. Higashitani and T. Tkahashi, 2005. Otolith microstructure and daily increment validation of marbled sole (*Pseudopleuronectes yokohamae*). Mar. Biol., **147**: 59–69.
- Kim, I.S., Y. Choi, C.Y. Lee, Y.J. Lee, B.J. Kim, J.H. Kim, 2005. Illustrated Book of Korean fishes. Kyohaksa, Korea, 615pp.
- Kim, Y.H., Y.J. Kang and I.J. Bae, 1991. Age and Growth of Marbled Sole, *Limanda yokohamae* (GENTHER). Korean J. Ichthyol. **3**: 130–139.
- Kim, Y.U., J.G. Myoung and J.S. Park, 1983. Eggs Development and Larvae of the Right-eye Flounder, *Limanda yokohamae* Gnther. Bull. Korean Fish. Soc. **16**(4): 389–394.
- Klumpp, D.W., J.S. Salit-Espinosa and M.D. Fortes, 1992. The role of epiphytic periphyton and macroinvertebrate grazers in the trophic flux of a tropical seagrass community. Aquat. Bot., **43**: 327–349.
- Lasiak, T.A., 1984. Structural aspects of the surf-zone fish assemblage at King's Beach, Algoa, South Africa: Long-term fluctuations. Estuarine, Coastal and Shelf Sci., **18**: 161–168.
- Lee, T.Y., Y.J. Kang and B.D. Lee, 1985. Reproduction and Population Dynamics of Marbled Sole *Limanda yokohamae* 1. Reproduction. Bull. Korean Fish. Soc. **18**(3): 253–261.
- Kang, Y.J., T.Y. Lee and B.D. Lee, 1985. Reproduction and Population Dynamics of Marbled Sole *Limanda yokohamae* 2. Population Dynamics. Bull. Korean Fish. Soc. **18**(3): 261–265.
- Lee, T.W. and J.S. Byun, 1996. Microstructural growth in otoliths of conger eel (*Conger myriaster*) leptocephali during the metamorphic stage. Mar. Biol., **125**: 259–268.
- Maillet, G.L. and D.M. Checkley, 1991. Storm-related variation in the growth rate of otoliths of larval Atlantic menhaden *Brevoortia tyrannus* : a time series analysis of biological and physical variables and implications for larva growth and mortality. Mar. Ecol. Prog. Ser., **79**: 1–16.
- Meekan, M.G. and L. Fortier, 1996. Selection for fast growth during the larval life of Atlantic cod *Gadus morhua* on the Scotian Shelf. Mar. Ecol. Prog. Ser., **137**: 25–37.
- Minami, T., 1989. Early life history of flatfishes - XII. Nursery ground (2), Ocean and Biology, Seibutsukenkyusha, Tokyo.
- Moon, H.T. and T.W. Lee, 1999. Age and Growth of Juvenile *Limanda yokohamae* in the Shallow Water off Gaduk-do as Indicated from Microstructure in Otoliths. Korean J. Ichthyol. **11**(1): 46–51.
- Nakabo, T., 2002. Fishes of Japan with pictorial keys to the species. Tokai Univ. Press, Kanagawa, 1749pp.
- NFR (National Fisheries Research and Development Institute), 2004. Commercial fishes of the coastal and offshore waters in Korea. 333pp.
- Nishimura, A. and J. Yamada, 1984. Age and growth of larval and juvenile walleye pollock, *Theragra chalcogramma* (Pallas), as determined by otolith daily growth increments. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., **82**: 191–205.
- Noichi, T., T. Matsuo and T. Senta, 1994. Hatching dates of the Japanese flounder settling at Yanagihama Beach in Nagasaki prefecture, Japan. Fish. Sci., **60**: 369–372.
- Park, J.S., 1997. Age and Growth of the Marbled sole, *Pleuronectes yokohamae*, in Approaches to Kyongyolbiyolto of the Yellow Sea, Korea. Bull. Kor. Soc. Fish. Tech., **33**: 85–89.
- Radtke, R.L. and M.D. Scherer, 1982. Daily growth of winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*) larvae in the Plymouth Harbor Estuary. In: 5th Annual Larval Fish Conference. La. Cop. Fish. Res., Unit: 1–5.
- Seo, I.L., H. Joo, S.K. Lee, H.Y. Kim, J.C. Ko, M.S. Choi, J.I. Kim and T.Y. Oh, 2010. Maturity and Spawning of Marbled Sole *Pleuronectes yokohamae* in the Southern Sea of Korea. Korean J. Ichthyol. **22**(2): 83–89.
- Stevenson, D.K. and S.E. Campana, 1992. Otolith microstructure examination and analysis. Can. Spec. Publ. Fish. Aqua. Sci., **117**: 126pp.
- Yamada, U., M. Tagawa, S. Kishida, and K. Honjo, 1986. Fishes of the East China Sea and the Yellow Sea. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., 501pp.
- Yoshihara, K., H. Okamoto and T. Kataoka, 1999. Relationship of Juvenile Nibber, *Girella punctata*, at the Coastal Waters of Izu Peninsula. Aquaculture Science, **47**: 343–348.
- Yusa, T., 1960. Difference of structures of eggs and larvae between *Limanda yokohamae* Gunther and *Limanda schrencki* Schmidt. Bull. Mar. Biol. Station Ashamushi., **10**: 127–131.
- 池田 実, 遠藤和歌子, 藤井徹生, 石井光廣, 赤羽祥明, 中村元彦, 一色竜也, 片山知史, 2010. 東京と伊勢・三河湾におけるマコガレイ個体群の遺伝的特徴と個体群形成過程の検討. 東京湾の漁業と環境, **1**: 7pp.
- 高橋豊美, 齋藤重男, 前田辰昭, 木材大, 1983. 陸奥湾におけるマコガレイと マコガレイ成魚の生活年周期. 日本誌, **47**: 1123–1130.
- 吉原友吉, 久保伊津男, 1981. 水産資源学. 共立出版, 東京, 482pp.
- 나종현, 김진구, 김용익, 2000. 문치가자미(*Limanda yokohamae*)의 난발생에 미치는 수온의 영향. 춘계수산공동학회, PL-4.

2013년 8월 1일 원고접수

2013년 10월 4일 수정본 접수

2013년 11월 28일 수정본 채택

담당편집위원: 이준백