

여수 연안에서 채집한 양태 (*Platycephalus indicus*)의 난발생 및 자치어 형태발달

윤지원 · 한경호 · 유태식¹ · 이진 · 이성훈² · 박재민³ · 서지훈*

전남대학교 수산과학과, ¹전남대학교 수산과학연구소, ²전남대학교 수산해양산업관광레저융합학과,
³경상북도 토속어류산업화센터

Morphological Development of Eggs, Larvae and Juveniles of *Platycephalus indicus* Caught from Yeosu by Ji-Won Yun, Kyeong-Ho Han, Tae-Sik Yu¹, Jin Lee, Sung-Hoon Lee², Jae-Min Park³ and Ji-Hoon Seo* (Department of Fisheries Sciences, Chonnam National University, Yeosu 59626, Republic of Korea; ¹Fisheries Science Institute, Chonnam National University, Yeosu 59626, Republic of Korea; ²Department of Fishery, Marine, Industry, Tourism, and Leisure, Chonnam National University, Yeosu 59626, Republic of Korea; ³Gyeongsangbuk-Do Native Fish Business Center, Uiseong 37366, Republic of Korea)

ABSTRACT The egg, larvae, and juvenile development of *Platycephalus indicus* sampled from Yeosu estuary were conducted. The egg shape of *P. indicus* is spherical and transparent on the outside, with two perivitelline cavities inside and one oil globule. The diameter of the fertilized eggs were 1.03~1.12 mm (mean=1.08 mm, n=50). The embryos hatched in about 50 hrs 30 mins after fertilization at the water temperature of 20°C. The newly hatched larvae showed a total length of 2.72~3.04 mm (mean=2.93±0.21 mm, n=50). At 5 days after hatching, they were 3.88~4.42 mm (mean=4.11±0.31 mm, n=15) in TL and their yolk was completely absorbed, developing the teeth. They became juvenile 39 days after hatching and reached 10.23~11.95 mm (mean=11.09±0.86 mm, n=5) in TL. At 45 days after hatching, they were 12.01~13.25 mm (mean=12.63±0.62 mm, n=5) in TL, and their body shape and color were similar to those of adult fish.

Key words: *Platycephalus indicus*, egg development, early life history, juvenile, larvae

서론

식용으로 이용되어 경제적 가치가 높은 어류는 인간의 식량 자원과 직결되며, 해당 어종의 양식이나 기초연구에 관한 연구는 필수적이다. 특히, 어류의 난발생과 자치어 발달에 관한 연구는 어류의 생물학적 기초자료로서 활용 가치가 높다. 경제성이 높은 어종의 경우 인공종자 생산을 통한 양식어종 개발이 가능하며, 근연종 간 계통분류학적 연구에도 중요한 자료로 활용할 수 있어 국내에서는 오래전부터 초기생활사에 관한 연구가

진행되어 왔다(Kim and Han, 1991; Kim *et al.*, 1993; Moon *et al.*, 2005; Byun *et al.*, 2007; Lee *et al.*, 2013; Choi *et al.*, 2021).

국내에서 회, 건어물 등 식용으로 주로 사용되어 경제적 가치가 높은 양태 (*Platycephalus indicus*)는 썸뱅이목(Scorpaeniformes) 양태과(Platycephalidae)에 속하는 어류로(NIBR, 2021), 인도양과 서태평양, 홍해에 걸쳐 넓은 해역에 분포하고 있으며, 최대 100 cm까지 자라는 어종이다(Froese and Pauly, 2022). 국내에 보고된 양태과 어류는 까지양태(*Cociella crocodila*), 악어양태(*Inegocia guttata*), 점양태(*I. japonica*), 큰비늘양태(*Onigocia macrolepis*), 비늘양태(*O. spinosa*), 양태, 봉오리양태(*Ratabulus megacephalus*), 바늘양태(*Rogadius asper*) 및 큰눈양태(*Suggrundus meerdervoortii*)로 총 9종이며(NIBR, 2021), 형태적으로 유사한 종들이 많으나 쉽게 분류하기 힘든

저자 직위: 윤지원(박사), 한경호(교수), 유태식(박사후연구원), 이진(대학원생), 이성훈(교수), 박재민(연구사), 서지훈(대학원생)

*Corresponding author: Ji-Hoon Seo Tel: 82-61-659-7163,
E-mail: yosuaqua@hanmail.net

특징이 있다.

생물에서 개체발생은 계통발생을 반복하기 때문에 초기생활사 연구는 종을 구분하거나 유연관계를 연구하는 데 매우 유용한 정보로 활용이 가능하다(Lee *et al.*, 2013). 하지만, 양태과 어류의 경제적 가치가 높음에도 불구하고, 국내에서 진행된 연구는 형태를 이용한 분류(Chu, 2015), 수온과 염분이 난발생에 미치는 영향(Yun *et al.*, 2022)만이 진행되었으며, 기초연구에 대한 연구는 현저히 부족한 실정이다. 본 연구는 여수 연안에서 채집한 양태를 채집하여 인공수정시켜 난발생 및 자치어의 형태 발달에 관한 연구를 수행하여 양태 초기생활사에 대한 주요한 정보를 제공하고자한다.

재료 및 방법

1. 어미확보 및 인공수정

2007년 5월 여수시 개도 연안에서 양태 암컷 10개체와 수컷 6개체를 채집하였으며, 현장에서 성숙된 난과 정자를 건식법으로 인공수정을 진행한 후 실험실로 운반하였다. 수정란은 유리수조(35×50×30 cm)에 사육하였으며, 수온과 염분은 현장수와 동일하게 각각 20.0±0.5°C, 30.3±1 psu로 유지하였으며, 매일 1/2씩 2회 환수하였다.

2. 난발생 및 자치어 형태발달

난발생 관찰은 만능투영기(SMZ800, Nikon, Japan)를 이용하여 무작위로 추출한 50개의 난을 0.01 mm까지 측정하였고, 발생 중인 난은 매일 입체해부현미경으로 관찰 및 스케치하였다. 이후 부화된 자치어의 먹이로 *Nannochloropsis* sp., Rotifer, *Artemia* sp., 초기배합사료를 순차적으로 공급하였다.

자치어 형태발달과정은 부화 직후의 개체부터 매일 20개체씩 채취하여 얼음 또는 마취제(MS-222, Tricane methasulfonate, Sandos)를 이용하여 마취시킨 후 전장을 측정하고 형태를 관찰 및 스케치하였다. 부화초기에는 1일 간격으로, 이후 발달 단계에 따라 2~7일 간격으로 관찰하였다.

결 과

1. 난의 형태 및 크기

양태 친어의 체장조성은 암컷은 275~491 mm였으며, 수컷은 227~341 mm로, 수컷에 비해 암컷의 체장이 크게 나타났다. 양태의 어란의 형태는 구형으로 바깥은 투명하고 안쪽은 두 개의 위관강이 있으며, 1개의 유구가 있었다. 수정되지 않은 어란의

난경은 0.37~0.58 mm (mean=0.48 mm, n=20), 수정란의 난경은 1.03~1.12 mm (mean=1.08 mm, n=50)였으며, 분리부성란이다.

2. 난발생 과정

양태의 난발생 과정은 Fig. 1에 제시하였다. 수정된 어란은 수정 약 6시간 후에 상실기(morula)에 달하였고(Fig. 1A), 13시간 10분 후에 포배기(blastula)가 진행되기 시작하여 15시간 40분이 경과하면서 난의 대부분이 포배기에 달하였다(Fig. 1B). 수정 후 17시간이 경과하면서 낭배기(gastrula)에 달하였고(Fig. 1C), 18시간 50분 후 배체가 형성되기 시작하였다(Fig. 1D). 수정 19시간 40분 후 최초로 근절(myotomes) 3~5개가 형성되었으며, 안포(optic vesicle)가 형성되었다(Fig. 1E). 수정 20시간 30분 후에는 머리 부분에 이포(auditory vesicle)가 형성되기 시작하였으며 렌즈(lens)가 발생하기 시작하였다(Fig. 1F). 수정 후 23시간 10분경 꼬리 부분에 쿠포씨포(Kupffer's vesicle)가 형성되기 시작하였으며 근절 수는 10~12개로 관찰되었으며(Fig. 1G), 27시간 30분 만에는 눈에 렌즈가 형성되었다. 수정 28시간 40분 후 배체 아래 부분에 심장(heart)이 형성되면서 꼬리 부분의 쿠포씨포가 소멸되었으며(Fig. 1H) 막지느러미가 형성되기 시작하였고(Fig. 1I), 근절 수는 19~20개였다. 수정 후 34시간 30분에는 심장이 93~106회 박동하면서 꼬리 부분이 난황에서 떨어져 처음으로 움직이기 시작하였고, 근절 수는 23~27개가 관찰되었으며, 37시간 40분경 후부터 꼬리 부분이 활발하게 움직였다(Fig. 1J). 수정 43시간 10분 후에는 눈에 흑색소포가 나타나기 시작하였고 막상의 가슴지느러미가 형성되었다(Fig. 1K). 수정 48시간 30분부터는 근절이 32~36개가 형성되었고 부화 직전이었다(Fig. 1L).

3. 자치어 형태발달

1) 전기 자어

전기 자어는 50시간 30분 만에 꼬리 부분부터 부화하기 시작하였으며, 부화 직후 자어의 전장은 2.72~3.04 mm (mean=2.93±0.21 mm, n=50)였고, 항문과 입은 열려있지 않았으며, 난황의 크기는 전장의 약 30% 이상으로 관찰되었다. 부화자어 근절 수는 35~40개였으며, 흑색소포는 몸통과 머리 부분에 나타났다. 항문은 몸의 전장의 40~45%에 위치하였으며 난황은 전장의 약 30% 이상으로 관찰되었으며, 등지느러미, 뒷지느러미 및 꼬리지느러미가 막상으로 연결되어 있었다. 또한 몸체에 색소포는 전혀 나타나지 않았으나 흑색소포는 몸통과 머리 부분에 나타났고, 근절 수는 35~40개로 관찰되었다(Fig. 2A). 부화 후 2일째 자어는 전장이 3.12~3.46 mm (mean=3.22±0.17 mm, n=15)로 난황이 일부 흡수되어

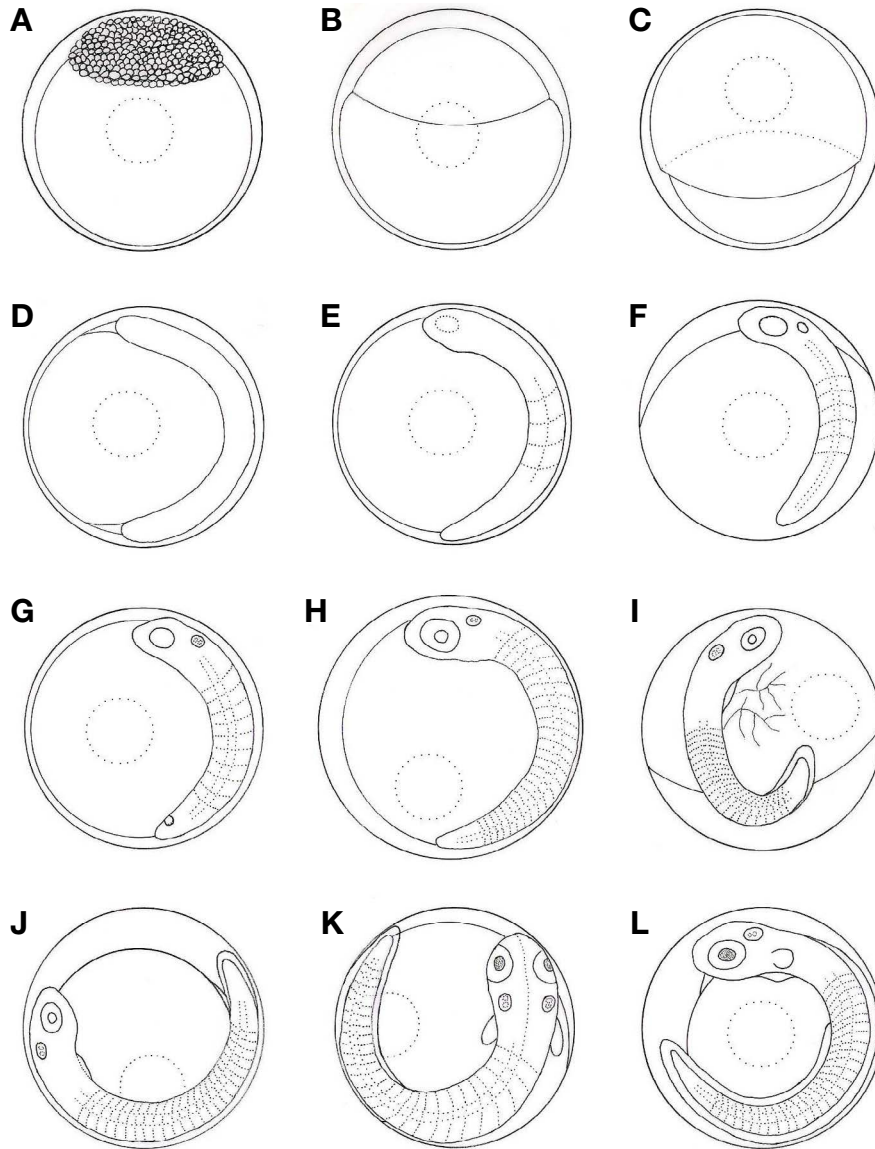


Fig. 1. Egg development and hatching of *Platycephalus indicus*. A: Morula stage, 6 hrs.; B: Blastula stage, 15 hrs. 40 mins.; C: Gastrula stage, 17 hrs.; D: Embryo formation, 18 hrs. 50 mins.; E: 3~5 myotomes stage, appearance of optic vesicles, 20 hrs.; F: Appearance vesicle, auditory vesicle 5~8 myotomes stage, 20 hrs. 30 mins.; G: Kupffer's vesicle, auditory vesicle 10~11 myotomes stage, 23 hrs. 10 mins.; H: Formation of eye lens, 13~16 myotomes stage, 27 hrs. 30 mins.; I: Formation of heart, 28 hrs. 40 mins.; J: 23~27 myotomes stage, 34 hrs. 30 mins.; K: Membranous fin and appearance of melanophore on the eye appeared, 43 hrs. 10 mins.; L: auditory vesicle 32~36 myotomes stage, 48 hrs. 30 mins.

0.42~0.45 g으로 측정되었으며 항문과 입이 개구되었다(Fig. 2B).

부화 후 자어의 전장과 체고는 각각 1일째에 2.72~3.04 mm와 0.86~1.06 mm, 2일째에 3.12~3.46 mm와 0.87~0.99 mm, 3일째에 3.47~3.55 mm와 0.88~1.02 mm, 4일째에 3.46~3.88 mm와 0.94~1.01 mm로 측정되었다. 난황은 1일째에 0.63~0.71 g, 2일째에 0.42~0.45 g, 3일째에 0.29~0.36 g, 4일째에 0.18~0.25 g으로 측정되었으며, 5일째에는 거의 소멸되었다.

2) 중기 자어

부화 후 5~7일째 자어는 전장 3.88~4.42 mm (mean = 4.11 ± 0.31 mm, n = 15)로 유구가 완전히 흡수되었고, 등지느러미와 뒷지느러미의 활력이 더욱 뚜렷해졌으며 이빨이 차츰 발달하였다(Fig. 2C). 부화 후 8~10일째 자어는 척색말단이 위쪽으로 휘기 시작하였으며, 전장 4.31~5.18 mm (mean = 4.78 ± 0.4 mm, n = 15)였다. 항문장은 2.10~2.67 mm (mean = 2.38 ± 0.2 mm, n = 90)로 전장의 49.8%였으며 체장은 2.23~2.51 mm (mean = 2.37 ± 0.14 mm, n = 90)로 전장의 49.6%였다(Fig. 2D).

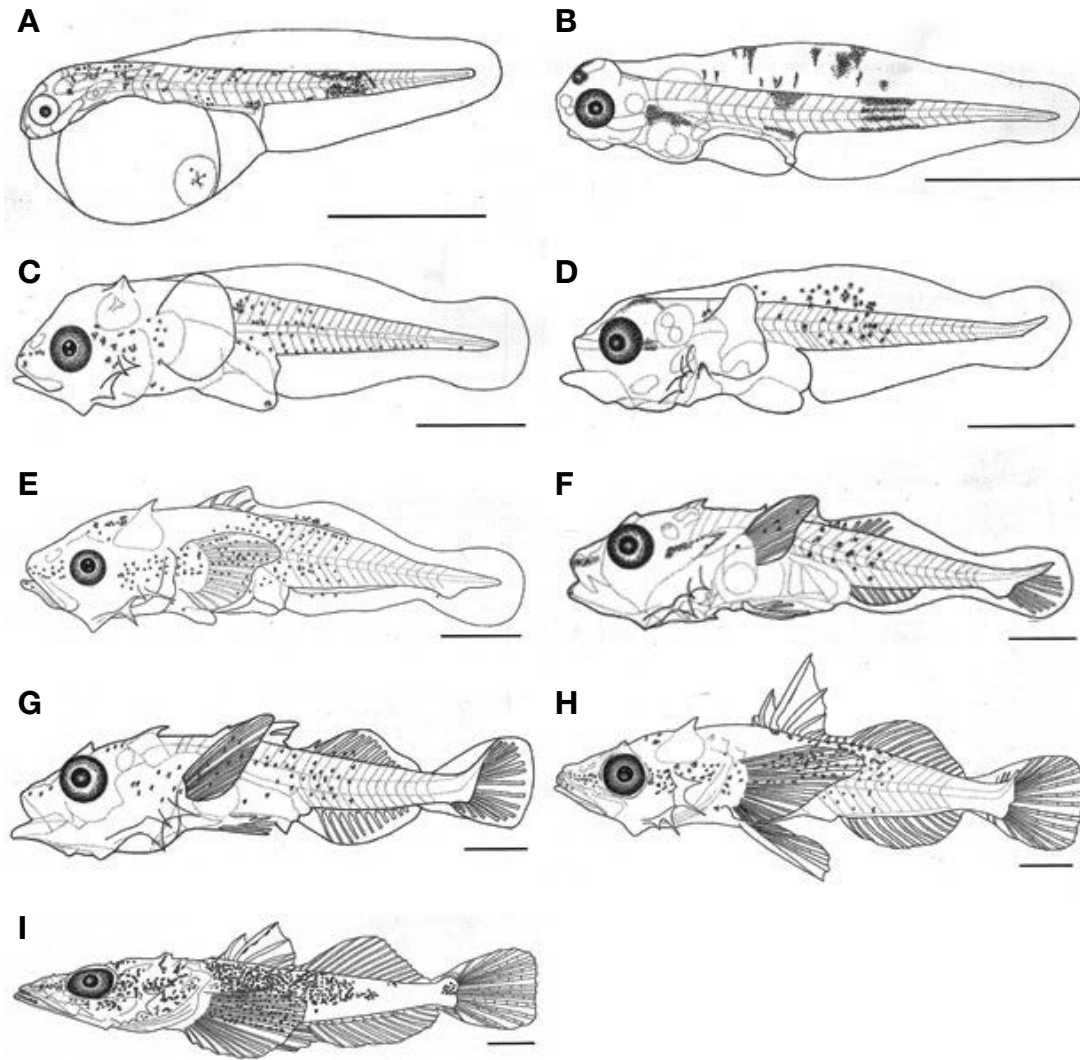


Fig. 2. Prelarva (A, B), postlarva (C~H), and juvenile (I) development of *Platychepalus indicus*. A: Newly hatched larvae mean 2.72~3.04 mm in total length (TL); B: 2 days after hatching, mean 3.12~3.46 mm in TL; C: 5~7 days after hatching, mean 3.88~4.42 mm in TL; D: 8~10 days after hatching, mean 4.31~5.18 mm in TL; E: 12 days after hatching, mean 5.30~5.83 mm in TL; F: 14 days after hatching, mean 6.24~6.47 mm in TL; G: 23 days after hatching, mean 7.32~7.55 mm in TL; H: 28 days after hatching, mean 8.03~9.78 mm in TL; I: 39 days after hatching, mean 10.23~11.95 mm in TL.

부화 후 12일째 자어는 전장 5.30~5.83 mm (mean = 5.57 ± 0.26 mm, n = 15)에 달하였고 등지느러미에 줄기가 형성되기 시작하였다(Fig. 2E).

3) 후기 자어

부화 후 14일째 자어는 전장 6.24~6.47 mm (mean = 6.34 ± 0.12 mm, n = 15)에 달하였고, 체고는 1.75~1.60 mm (mean = 1.68 ± 0.08 mm, n = 5)였으며, 가슴지느러미 줄기 11개, 꼬리지느러미 줄기 8개가 형성되었다(Fig. 2F). 부화 후 23일째 자어는 전장 7.32~7.55 mm (mean = 7.44 ± 0.12 mm, n = 5)에 달하였고 체고는 1.61~1.76 mm (mean = 1.69 ± 0.08 mm, n = 5)였으

며, 가슴지느러미의 길이는 1.40 mm로 자랐다(Fig. 2G). 부화 후 28일째 자어는 전장 8.03~9.78 mm (mean = 8.91 ± 0.88 mm, n = 5)에 달하였고, 체고는 1.84~1.96 mm (mean = 1.90 ± 0.06 mm, n = 5)였으며, 등지느러미 계수형질 II-V-12, 꼬리지느러미 줄기 21개, 가슴지느러미 줄기 19개, 배지느러미 줄기 6개, 뒷지느러미 줄기 12개가 형성되었다(Fig. 2H).

4) 치어기

부화 후 39일째의 후기 자어는 전장 10.23~11.95 mm (mean = 11.09 ± 0.86 mm, n = 5)로 치어기에 접어들었다. 부화 후 45일째에는 전장 12.01~13.25 mm (mean = 12.63 ± 0.62

mm, n=5)로 성장하면서 이빨은 더욱 강하게 발달하였다. 또한, 지느러미는 등지느러미 가시가 총 7~9개, 등지느러미 줄기 12~13개, 가슴지느러미 줄기 19개, 배지느러미 줄기 6개, 뒷지느러미 줄기 12개에 달하였으며, 체형도 미성어의 형태와 같아졌다(Fig. 2I).

고찰

이 연구는 양태의 난발생과 자치어 형태발달을 기초자료로 제시하며, 양태의 발생 단계에 따른 초기생활사 특징을 나타내었다. 우리나라 양태의 주 산란기는 5~7월이며, 주로 연안 해역의 모래 바닥에 산란하다(Chyung, 1977). 양태의 산란기에 맞추어 어미를 5월에 채집 후 인공수정을 통해 연구를 진행하였다.

수정란의 크기는 부화자어의 크기와 직접적으로 비례하기 때문에 수정란이 작은 종은 부화자어의 크기도 작으며, 이는 부화 시간이나 포란수와도 직접적인 관련이 있어 생태적 지위가 유사한 동일속에 속한 종의 경우에는 각각의 종의 초기번식전략과 밀접하게 연관되어 있다(Lee *et al.*, 2013). 이 연구에서 측정된 양태의 수정란의 크기와 다른 연구와 비교해 보면, Chyung (1977)의 1.10~1.25 mm, Kim (1989)의 1.25~1.10 mm로 중간 수정란 크기에 유의한 차이는 없었다. 양태속(genus *Platycephalus*)에 속하는 어류와 비교하였을 때 *P. specularis*는 0.77~0.83 mm, *P. caeruleopunctatus*는 0.55~0.65 mm, *P. grandispinis*는 0.50~0.60, *P. richardsoni*는 0.45~0.60 mm (Hyndes *et al.*, 1992; Barnes *et al.*, 2022)로 양태 어란이 다른 종에 비해 컸다. 같은 썸뱅이목 어류인 삼세기(*Hemitripteris villosus*), 4.01~4.48 mm (mean=4.17 mm, n=50), 폄치(*Liparis tanakae*) 1.57~1.79 mm (mean=1.71 mm, n=100) 보다는 작았으며, 썸뱅이(*Sebastiscus marmoratus*) 0.76~0.82 mm (mean=0.79 mm, n=50), 붉은썸뱅이(*Sebastiscus tertius*) 0.72~0.80 mm (mean=0.75 mm, n=50)보다는 크다(Kim *et al.*, 1997; Kim *et al.*, 1999; Jeong, 2005; Park *et al.*, 2014).

양태의 난발생에 소요되는 시간은 20±0.5°C에서 수정 후 50시간 30분에 부화가 시작되어 Fujita and Ueno (1956)의 연구에서 수온 25°C 전후로 수정한 후 23시간 40분에 부화한 것과는 상당한 차이가 있었으나, 이는 사육 수온 등 난 사육조건의 차이일 것으로 생각된다(Table 1). 또한 부화자어의 크기에 있어서도 이 연구의 측정치인 2.93±0.21 mm와 Fujita and Ueno (1956)의 연구에 의한 1.78 mm는 많은 차이가 있었다. 일반적으로 어류의 발생은 수온이 높을수록 시간은 단축되지만, 부화율은 낮은 편이다. 수온이 높아짐에 따라 부화 시간이 단축되는 결과는 다양한 종에서 나타났으며(Garside, 1966; Apostoiopoulos, 1976; Jun *et al.*, 2002; Yang *et al.*, 2007), 두 연구에서 부화 시간 차이는 수온이 영향을 미쳤을 것으로 생각된다.

완도에서 채집된 자치어(Kim and Kim, 2002) 중 양태속 어류는 전장 6.4 mm인 개체와 이 연구에서 양태 자치어와 비교하였을 때, 크기와 형태적 특징에서 후기 자어 형질을 보였다. 하지만, 완도에서 채집된 자치어의 지느러미 수가 이 연구에서 진행된 양태의 지느러미 수보다 빠르게 분화되었다. 또한, 이 연구에서 치어기에 도달한 양태와 Kim and Kim (2002)에서 치어기에 도달한 양태의 크기도 각각 11.09 mm와 11.9 mm로 차이가 없는 것을 확인하였다.

양태의 난발생에 수온과 염분의 변화가 미치는 영향에 관한 연구(Yun *et al.*, 2022)에서 부화율은 22.0°C와 19.0°C에서 각각 82.3%, 81.3%로 높았지만, 이외의 대조군(13.0°C, 16.0°C, 25.0°C)에서 발생이 진행되지 않거나 부화율이 급감하는 현상을 보여 양태의 난발생 수온은 19.0~22.0°C가 적절하였다. 염분의 경우, 32.0 psu에서 84.3%로 가장 높은 부화율을 보였으며, 28.0 psu에서 82.1%로 줄었으며, 21.0 psu와 14.0 psu에서는 각각 74.2%와 42.1%의 부화율을 보였다. 이 연구에서 진행된 실험은 수온과 염분이 20.0±0.5°C, 30.3±1 psu로 적절한 환경에서 초기생활사 연구가 진행되었다. 이러한 연구 결과는 양태의 초기생활사의 기초자료로 제공할 뿐만 아니라 양식 종으로서의 가능성을 확인할 수 있었으며, 나아가 국내에 서식하는 양태의 자원 관리에 활용할 수 있는 기초자료를 제공하였다.

Table 1. Characteristics comparison of the hatching eggs and larvae for *Platycephalus indicus*

Species	<i>Platycephalus indicus</i> (Present study)	<i>Platycephalus indicus</i> (Fujita and Ueno, 1956)
Water temperature (°C)	20.0	25.0
Time of hatching (hrs)	50	23
Egg diameter (mm)	1.03~1.12 (mean=1.08)	0.90
Total length of prelarva (mm)	2.72~3.04 (mean=2.93±0.21)	1.78

요 약

여수 연안에서 채집한 양태(*Platycephalus indicus*)의 난발생과 자치어 형태발달을 연구하였다. 건식법을 통해 인공수정한 수정란은 구형 형태의 분리부성란이었으며, 직경 1.03~1.12 mm (mean = 1.08 mm, n = 50)였다. 수온 20.0°C에서 50시간 30분 만에 부화하였으며, 전기 자어의 전장은 2.72~3.04 mm (mean = 2.93 ± 0.21 mm, n = 50)였다. 부화 5일 후 전장 3.88~4.42 mm (mean = 4.11 ± 0.31 mm, n = 15)였으며, 난황을 모두 흡수하였고, 이빨이 발달하였다. 부화 39일 후 치어기 도달하였으며, 전장은 10.23~11.95 mm (mean = 11.09 ± 0.86 mm, n = 5)였다. 부화 45일 후 전장은 12.01~13.25 mm (mean = 12.63 ± 0.62 mm, n = 5)였으며, 체형, 체색이 모두 미성어 시기와 유사하였다.

REFERENCES

- Apostolopoulos, J.S. 1976. Combined effect of temperature and salinity on the hatching rate, hatching time and total body length of the newly hatched larvae of the Japanese red sea bream *Pagrus major*. La. Mer., 14: 23-30.
- Barnes, L.M., C.A. Gray and J.E. Williamson. 2022. Spawning and maturity traits of coexisting Platycephalidae (*Platycephalus caeruleopunctatus*, *P. grandispinis*, *P. richardsoni*) from southeast Australia. J. Fish. Biol., <https://doi.org/10.1111/jfb.15113>.
- Byun, S.G., B.I. Lee, J.H. Lee, H.D. Ku, S.U. Park, S.M. Yun, S.Y. Hwang, Y.C. Kim and H.G. Han. 2007. Egg development and morphological change of larvae and juveniles of the Starry flounder, *Platichthys stellatus*. Korean J. Ichthyol., 19: 350-359.
- Choi, S., W.O. Lee, Y.K. Hong and M.Y. Song. 2021. Egg development and early life history of the Anadromous fish *Tribolodon hakonensis* in the Seomjin River, Korea. Korean J. Ichthyol., 33: 262-272.
- Chu, B.R. 2015. Morphology, osteology and phylogeny on the fishes of the Platycephalidae three species. Master thesis, Chonnam National University, 62pp.
- Chyung, M.K. 1977. The fishes of Korea. Ilji-sa, Seoul, 727pp.
- Fujita, S. and M. Ueno. 1956. On the egg development and prelarval stages of *Platycephalus indicus* (Linné). Bul. Faculty Agric. Kyushu Univ., 15: 513-518.
- Froese, R. and D. Pauly. 2022. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (02/2022).
- Garside, E.T. 1966. Effects of oxygen in relation to temperature on the development of embryos of brook trout and rainbow trout. J. Fish. Res. Bd. Can., 23: 1121-1134.
- Hyndes, G.A., F.J. Neira and I.C. Potter. 1992. Reproductive biology and early life history of the marine teleost *Platycephalus speculator* Klunzinger (Platycephalidae) in a temperate Australian estuary. J. Fish Biol., 40: 859-874. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1992.tb02632.x>.
- Jeong, K.A. 2005. Ecology and early life history of *Liparis tanakai*. Master Thesis, Yeosu National University, 30pp.
- Jun, J.C., C.H. Kim, E.Y. Chung, C.H. Lee and B.G. Kim. 2002. Influence of water temperature and salinity on early development of Stone flounder, *Kareius bicoloratus* from West sea of Korea. Korean J. Ichthyol., 14: 190-197.
- Kim, J.K. and Y.U. Kim. 2002. Morphological development of the four fish larvae and juveniles collected in coastal waters off Wando, Korea. Korean J. Ichthyol., 14: 289-295.
- Kim, K.S., S.K. Lim, K.H. Han, S.H. Oh and B.Y. Noh. 1999. Early life history of the red marbled rockfish, *Sebastes tertius* (Barsukov et Chen) 1. Egg morphology and development of larvae and juveniles. J. Aquaculture, 12: 15-24.
- Kim, Y.U. 1989. Introduction of ichthyology. Taehwa, Busan, 270pp.
- Kim, Y.U. and K.H. Han. 1991. Early life history and spawning behavior of the Gobiid fish, *Mugilogobius abei* (Jordan et Snyder) reared in the laboratory. Korean J. Ichthyol., 3: 1-10.
- Kim, Y.U., K.H. Han and B.H. Kim. 1993. The embryonic and larval development of the Greeling, *Hexagrammos otakii* Jordan et Starks. Korean J. Ichthyol., 5: 151-159.
- Kim, Y.U., K.H. Han, C.B. Kang, J.K. Kim and S.K. Byun. 1997. The early life history of the rockfish, *Sebastes marmoratus* 1. Egg development and morphology of larvae by artificial treatment in aquarium. Korean J. Ichthyol., 9: 178-185.
- Lee, W.O., K.H. Kim, J.M. Back and M.Y. Song. 2013. Egg development and early life history of *Zacco koreanus* (Pisces: Cyprinidae). Korean J. Ichthyol., 25: 200-207.
- Moon, W.K., Y.E. Na and K.G. An. 2005. Spawning behavior and early life history of Korea freshwater Goby (*Rhinogobius brunneus*). Korean J. Limnol., 38: 83-94.
- National list of species of Korea. 2021. National Institute of Biological Resources, online at <http://kbr.go.kr/> accessed on 06/2022.
- Park, A.J., K.H. Han, S.H. Lee, H.J. Kim, S.Y. Kim and I.H. Lim. 2014. Embryonic development of eggs, larvae and juveniles of the *Hemistriperus villosus*. Korean J. Ichthyol., 26: 34-41.
- Yang, M.H., Y.U. Choi, M.M. Jung, H.D. Ku, B.S. Oh, T.S. Moon, C.H. Lee, K.M. Kim and S.J. Han. 2007. Temperature effect in egg development and hatching of Longtooth grouper, *Epinephelus bruneus*. Dev. Reprod., 11: 105-109.
- Yun, J.W., S.H. Lee, H.J. Kim, J. Lee and K.H. Han. 2022. Effect of temperature and salinity on the egg development of *Platycephalus indicus*. S.F.O., 31: 7-12. <https://doi.org/10.22714/SFO.2022.31.1.2>.