

한국산 그물베도라치 (*Dictyosoma burgeri*)의 산란행동 유도 및 난 발생과 자어의 형태발달

박재민 · 한경호¹ · 김나리 · 홍창기 · 박종연 · 조재권*

남서해수산연구소 해역산업과, ¹전남대학교 양식생물학전공

Spawning Behavior and Morphological Development of the Eggs and Larvae of the Blennioid Fish, *Dictyosoma burgeri* from Korea (Pisces: Stichaeidae) by Jae Min Park, Kyeong Ho Han¹, Na Ri Kim, Chang Gi Hong, Jong Youn Park and Jae Kwon Cho* (Southwest Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Yeosu 556-823, Korea; ¹Department of Aqualife Science, Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea)

ABSTRACT The spawning behavior, development of eggs and larvae of the blennioid fish, *Dictyosoma burgeri* were investigated. The blennioid fish were caught at Hwayang-myeon, Yeosu-si, Jeollanam-do from December 2013. The egg was spherical, measuring from 1.31 to 1.47 mm in diameter. The incubation period of the egg extended from 744 hrs at the temperature varying between 14.5 and 16.5°C. The newly hatched larvae were 7.10~7.60 mm (mean 7.34±0.18 mm) in total length. Two days after hatching, prelarvae was measured 8.43~8.47 mm (mean 8.45±0.01 mm) in total length. They began to eat rotifer and transformed to postlarvae stage. Six days after hatching, postlarvae was measured 9.06~9.13 mm (mean 9.10±0.02 mm) in total length.

Key words : *Dictyosoms burgeri*, egg development, larvae

서 론

어류의 초기생활사에 관한 연구는 종의 분류 및 서식환경에 따른 발생학적 특성 등의 정보를 제공할 뿐만 아니라 종의 특징을 규명하고 유연관계를 밝히는 데 적용되어 왔다 (Blaxter, 1974; 송과 최, 2000).

장갱이과 (Stichaeidae) 어류는 우리나라를 비롯해 일본, 중국, 북태평양에 널리 분포하는 어류로 우리나라에 14속 20종이 보고되어 있다 (김 등, 2005).

이 중 그물베도라치 (*Dictyosoma burgeri*)는 장갱이과 그물베도라치속 (Genus *Dictyosoma*)에 속하는 어류로 우리나라 전 연안의 조간대 바위에 서식하고 있다 (정, 1977; 김 등, 1991).

장갱이과에는 세줄베도라치속 (Genus *Ernogrammus*), 장갱이속 (Genus *Stichaeus*), 피도라치속 (Genus *Chirolophis*), 벼

슬베도라치속 (Genus *Alectrias*), 가시베도라치속 (Genus *Lumpenella*), 육점날개속 (Genus *Ophistocentrus*), 그물베도라치속 (Genus *Dictyosoma*)이 있으며, 이들에 관한 연구로는 분류학적 재검토 (김 등, 1991), 연령과 성장 (강 등, 1995), 자연산란과 난 발생 (Lee and Cho, 1995), 생식주기 (진 등, 2007) 및 성숙기 난모세포 (황과 백, 2010) 등이 수행되었고, 생활사 (Shiogaki and Dotsu, 1972), 일본산 Stichaeid fish의 자치어 형태발달 (Miki *et al.*, 1987), 자치어 성장에 미치는 수온의 영향 (이와 조, 1997), 식성비교 (최 등, 2009), 점액세포 (정 등, 2001), 조직화학적 연구 (정 등, 2004) 및 복합당질 정상분포 (정 등, 2005; 정, 2008) 등이 수행되었으나 장갱이과에 속하는 어류는 산란행동 및 초기자어의 형태가 밝혀진 종이 적고, 자치어 시기를 분류할 수 있는 기초자료가 부족한 실정이다.

따라서 이 연구에서는 우리나라 조간대에 서식하는 그물베도라치의 산란행동과 난 발생 및 자어의 형태발달을 조사하여 분류학적 연구를 위한 기초자료로 이용하고자 한다.

*Corresponding author: Jae Kwon Cho Tel: 82-61-690-8978
Fax: 82-61-685-9073, E-mail: gost016803@naver.com

재료 및 방법

1. 친어사육 및 산란행동

실험에 사용된 친어 20.5~22.0 cm (21.3 ± 0.07 cm)는 2013년 12월 전남 여수시 화양면 안포리 연안에서 원통형 통발 (90×30 cm)을 이용하여 8개체를 채집하였으며, 실험실로 수송 후 사각 유리수조 (50×30×35 cm)에 수용하여 순환여과식으로 사육하였다. 먹이는 절개한 오징어와 갯지렁이를 매일 2회에 걸쳐 공급하였다. 사육수온은 수온조절장치 (DAEIL Aquarium cooler)를 이용, 14.5~16.5°C (평균 15.0 ± 0.05 °C)를 유지하였고, 염분농도는 32.5~33.5‰ (평균 33.0 ± 0.05 ‰)의 범위를 유지하였다. 수조 내에는 산란장소 제공을 위해 반원형 PVC를 넣어주었고, 친어의 산란행동을 관찰하였다.

2. 난 발생 과정 및 자어의 형태발달

수정란은 1,000 mL 유리 비이커에 수용하여 에어레이션으로 산소를 공급시켜 주었고, 30개를 무작위로 추출, 위상

차현미경 (Leica microsystem DE DM750)을 사용하여 관찰하였으며, 난의 크기는 0.01 mm까지 측정하였다.

부화 직후의 자어는 사각 FRP수조 (100×50×80 cm)에 수용하여 지수식으로 사육하였고, 에어레이션으로 산소를 공급시켜 주었다. 자어의 먹이는 난황 흡수 후부터 4일까지 로티퍼 (*Brachionus rotundiformis*)를 mL당 5~10개체를 공급하였고, 자어의 형태발달 과정은 부화 직후부터 1일마다 5마리씩 채취하여, 마취제 (MS-222, Tricaine methane sulfonate: Sandoz)를 이용하여 마취시킨 후, 어체의 각 부위를 실험현미경 (Nikon SMZ18)을 사용하여 0.01 mm까지 측정 및 관찰하였다. 자어의 형태발달 단계는 Rusell (1976)에 따라 구분하였다.

결 과

1. 산란행동

그물베도라치는 반원형의 PVC 파이프 내부에 산란하였으며, 산란행동은 Fig. 1과 같았다. 산란기간 동안의 수컷은 몸

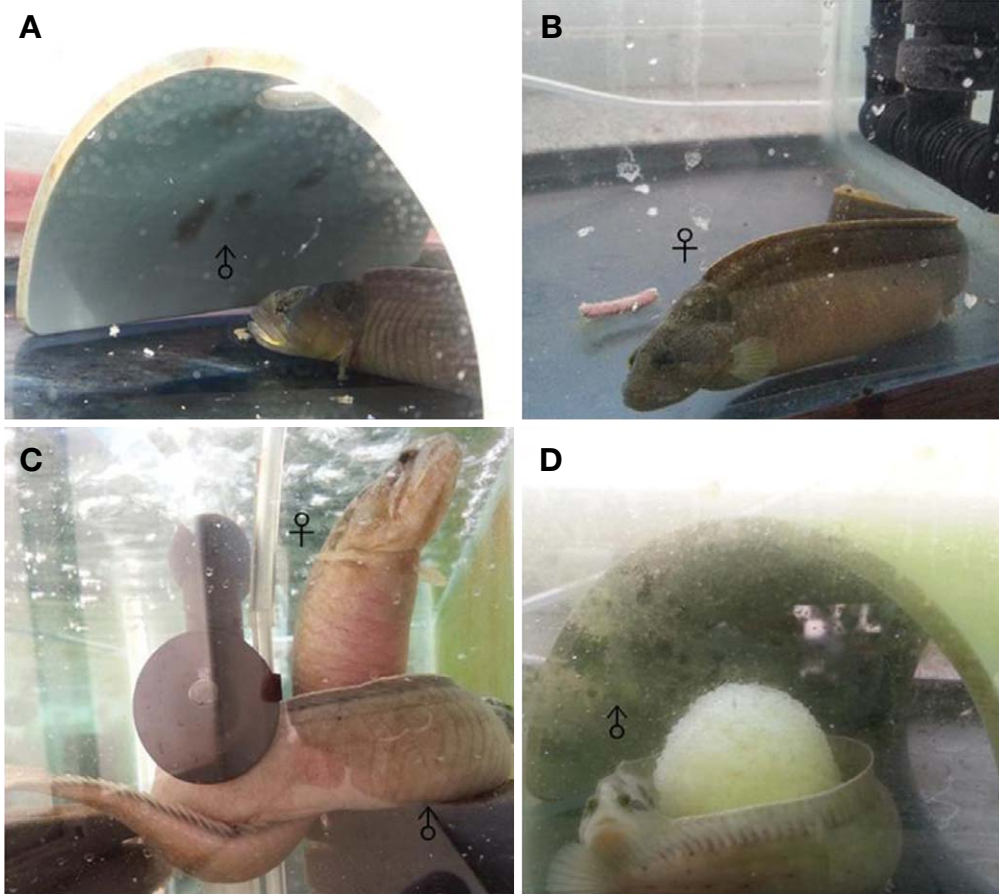


Fig. 1. The spawning behavior of blennioid fish, *Dictyosoma burgeri*. A: The male protects the nest; B: Females do not eat the food; C: Spawning; D: Protection behavior.

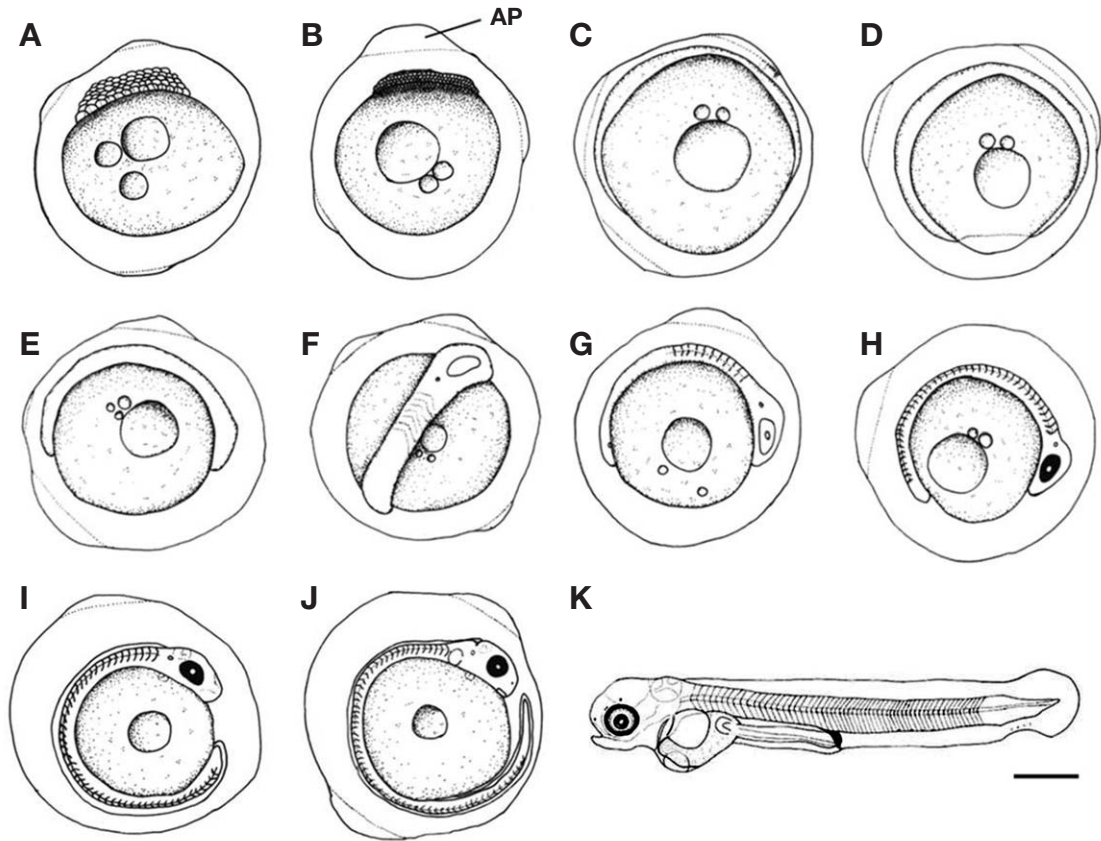


Fig. 2. The egg development of blennioid fish, *Dictyosoma burgeri*. A: 64cells stage; B: Morula stage, 30 hrs; C: Blastula stage, 64 hrs; D: Gastrula stage, 76 hrs; E: Head of embryo developing, 89 hrs; F: Optic vesicle and otocyst of developing, 109 hrs; G: Appearance of Kuffer's vesicle, formation of eye lens, 137 hrs; H: Appearance of melanophores in the eye, 182 hrs; I: Appearance of Primordial fin, 296 hrs; J: Appearance of the mouse and pectoral fin, 335 hrs; K: Hatching larvae, 744 hrs; AP: Adhesive prominences. Scale bar=1.0 mm.

전체가 짙은 갈색으로 변하였고, PVC 파이프 내부나 수조 구석진 곳에서 머무는 행동을 보였다(Fig. 1A). 암컷은 산란 2~3일전부터 먹이를 섭취하지 않았고, 복부 팽창 및 생식공이 확대되었으며, 수조 상부 쪽에서 유영하는 특이적 행동을 보였다(Fig. 1B). 수컷의 체색은 옅은 갈색으로 변하였고, 특히 머리 부분에는 짙은 갈색의 반문이 생겨났으며, 암컷의 몸을 휘어잡은 뒤 산란과 동시에 방정을 하였다(Fig. 1C). 산란이 끝난 암컷은 산란장소에서 다른 곳으로 이동하였고, 수컷은 난피를 감싸서 파이프 안으로 이동시킨 뒤 부화할 때까지 보호하였다. 수컷은 꼬리를 이용하여 앞에 산소를 공급하였고, 발생이 정지되거나 폐사한 난은 입으로 제거해 주었다(Fig. 1D).

2. 난의 형태

수정란은 구형으로 백색의 불투명한 침성 점착란이었고, 유구의 수는 3~4개였으며, 난의 크기는 1.31~1.47 mm (평균 1.38±0.05 mm, n=10) 범위였다. 유구의 크기는 0.12~0.38 mm (평균 0.25±0.10 mm, n=10)였다. 난은 서로 부착

돌기(adhesive prominences)에 의해 점착되어 있는 것이 관찰되었고, 암컷 1마리의 산란량은 약 2,584~6,978개 (평균 3,120개)였다.

3. 난 발생 과정

사육수조에서 채취한 수정란은 64세포기에 달하였고(Fig. 2A), 64세포기 후 30시간이 경과하여 상실기에 달하였으며(Fig. 2B), 64세포기 후 64시간에는 포배기에 달하였다(Fig. 2C). 64세포기 후 76시간이 경과하여 낭배기에 달하였고(Fig. 2D), 64세포기 후 89시간이 경과하여 난황을 따라 자라면서 배체가 형성되었다(Fig. 2E). 64세포기 후 109시간이 경과하면서 안포와 이포가 형성되었고(Fig. 2F), 64세포기 후 137시간이 경과한 후에는 Kuffer's vesicle이 생성되었으며(Fig. 2G), 64세포기 후 182시간이 경과한 후 눈에 흑색소포가 침착하였고, 배체가 움직이기 시작하였다(Fig. 2H). 64세포기 후 226시간이 경과하여 심장박동이 관찰되었으며, 꼬리지느러미는 난황을 따라 머리 아래 부분까지 길어졌다. 64세포기 후 296시간이 경과하여 머리 뒷부분부터 꼬

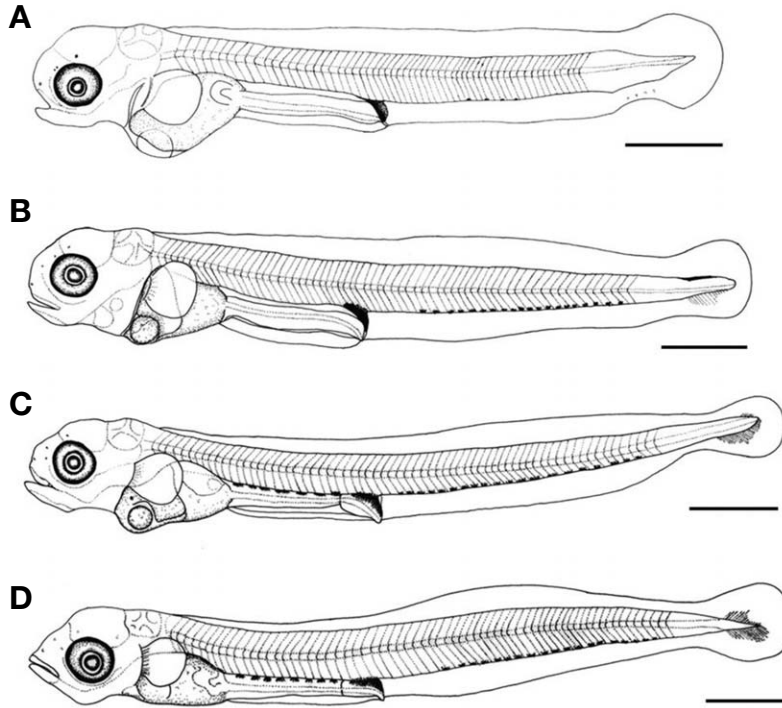


Fig. 3. The prelarvae and postlarvae of blennioid fish, *Dictyosoma burgeri*. A: 7.34 mm in total length (TL) newly hatched larvae; B: 8.45 mm in TL, 2 days after hatching; C: 8.54 mm in TL, 4 days after hatching; D: 9.10 mm in TL, 6 days after hatching. Scale bars=1.0 mm.

리 부분까지 막지느러미가 형성되었고, 유구는 1개로 줄어들었다 (Fig. 2I). 64세포기 후 335시간이 경과하여 꼬리가 난황으로부터 분리되었고, 원기모양의 가슴지느러미가 형성되었으며, 콧구멍과 입이 관찰되었다 (Fig. 2J). 64세포기 후 744시간이 경과하여 머리 윗부분이 난막을 뚫고 나오면서 부화가 시작되었다 (Fig. 2K).

4. 자어의 형태발달

부화 직후의 자어는 전장 7.10~7.60 mm (평균 7.34±0.18 mm)로 머리 윗부분부터 난황이 끝나는 부분까지 막지느러미로 연결되어 있었고, 입은 열려 있었으며, 난황과 1개의 유구를 가지고 있었다. 항문은 완전히 열리지 않았고, 흑색 소포는 직장 윗부분과 꼬리아래부분에 나뭇가지 모양으로 침착되어 있었다. 항문은 몸길이의 51.5%로 정중앙에 위치하였다. 이 시기의 척추골 수는 60~64개였다 (Fig. 3A).

부화 2일째의 전기 자어는 전장 8.43~8.47 mm (평균 8.45±0.01 mm)로 원기모양의 가슴지느러미가 분화하였고, 꼬리지느러미는 부채꼴 모양으로 분화하기 시작하였다. 막으로 이루어졌던 지느러미는 항문이 열리면서 배지느러미와 분리되었다. 난황은 대부분 소비되었고, 1개의 유구는 남아 있었다. 꼬리 기저부분에는 나뭇가지 모양의 흑색소포가 20개로 증가하였고, 이 시기의 척추골 수는 65~68개로 증가하였다 (Fig. 3B).

부화 4일째의 후기 자어는 전장 8.52~8.56 mm (평균 8.54±0.01 mm)로 꼬리지느러미의 아랫부분에는 줄기가 분화하기 시작하였고, 소화관의 위쪽에는 나뭇가지 모양의 흑색소포가 7개 침착하였으며, 난황과 유구는 소비되지 않았다. 소화관은 전장과 직장으로 나누어졌다 (Fig. 3C).

부화 후 6일째의 후기 자어는 전장 9.06~9.13 mm (평균 9.10±0.02 mm)로 꼬리지느러미의 윗부분에 줄기가 분화하기 시작하였고, 난황은 모두 흡수되었으며, 위턱과 아래턱이 발달하면서 먹이 섭식활동을 시작하였다. 유구는 소실되었고, 이 시기의 항문은 몸길이의 46.5%로 정중앙으로부터 앞쪽에 위치하였으며, 이 시기의 척추골 수는 70개로 증가하였다 (Fig. 3D).

고 찰

그물베도라치의 수정란은 원형의 불투명한 침성점착란으로 알이 서로 붙어있는 부분에는 부착돌기가 있는 것이 특징이고, 서로 붙어있는 알은 공 모양으로 된 하나의 난피를 형성한다. 이와 같이 난피로 된 알을 산란하는 어류는 노래미 *Hexagrammos agrammus* (김과 명, 1983), 쥐노래미 *Hexagrammos otakii* (김 등, 1993), 꼼치 *Liparis tanakai* (김 등, 1986a), 미거지 *Liparis ochotensis* (김 등, 1986b), 딱지 *Aptocyclus ventricosus* (김 등, 1987) 등이 있으며, 주로 겨울에서

Table 1. Comparison of the spawning amount and total length Stichaeidae fishes

Species	Total length (mm)		Number of eggs		References
	Range	Average	Range	Average	
<i>Dictyosoma burgeri</i>	20.5~22.0	21.3	2,584~6,978	3,120	Present study
<i>Dictyosoma burgeri</i>	6.0~18.0	12.0	2,146~6,475	—	Shiogaki and Dotsu, 1972
<i>Stichaeus grigorjewi</i>	43.9~56.0	56.2	205,800~246,300	227,200	Lee and Cho, 1995
<i>Pseudalectrias tarasovi</i>	—	93.5	—	1,800	Miki <i>et al.</i> , 1987

Table 2. Comparison characters of the eggs and larvae characters in the species Stichaeidae

Species	Egg diameter (mm)	Oil diameter (mm)	Time of Hatching (*WT)	Hatching larvae size (mm)	Postlarvae size (mm)	References
<i>Dictyosoma burgeri</i>	1.37 (1.31~1.47)	0.25 (0.12~0.38)	744 hrs (20.0°C)	7.34	9.10	Present study
<i>Dictyosoma burgeri</i>	2.12~2.18	0.49~0.55	552~696 hrs (12.5~13.0°C)	9.80	11.8	Shiogaki and Dotsu, 1972
<i>Stichaeus grigorjewi</i>	1.54	0.37	425 hrs 30 min (13.2°C)	6.42	—	Lee and Cho, 1995
<i>Pseudalectrias tarasovi</i>	0.89~1.18	—	240 hrs (10.0°C)	6.20	6.70	Miki <i>et al.</i> , 1987

*WT: water temperature.

이듬해 봄까지 산란하는 것으로 알려져 있다.

그물베도라치의 산란량은 약 2,584~6,978개 (평균 3,120개)였고, 일본산 그물베도라치 (Shiogaki and Dotsu, 1972)는 2,145~6,475개로 유사하였고, *Pseudalectrias tarasovi* (Miki *et al.*, 1987)는 1,800개로 보다 많았으며, 장갱이 *Stichaeus grigorjewi* (Lee and Cho, 1995)는 205,800~246,300개로 보다 적었다 (Table 1).

그물베도라치의 난경은 1.31~1.47 mm (평균 1.38 ± 0.05 mm)였고, 일본산의 경우, 2.12~2.18 mm로 길었고, *P. tarasovi*는 0.89~1.18 mm, 장갱이는 1.54 mm로 짧았다. 일본산과 비교하였을 때, 같은 종임에도 난경이 다른 것은 일본산은 부착돌기를 포함하여 난경을 측정하였고, 본 연구에서는 부착돌기가 없는 부분을 기준으로 측정하였기 때문에 관찰자의 측정 기준에 따라 차이가 있는 것으로 보인다. 그물베도라치는 주로 수온이 낮은 겨울철에서 이른 봄까지 산란하는 어종으로 부화에 소요되는 시간을 비교해보면 19.5~20.5°C (평균 20.0°C)에서 744시간이 소요되었고, 일본산의 경우, 수온 12.5~13.0°C에서 552~696시간 (23~29일)이 소요되었다. *P. tarasovi*는 수온 10.0°C에서 240시간 (10일), 장갱이는 수온 13.2°C에서 425시간 30분이 소요되었다.

부화 자어의 전장을 비교해 보았을 때 그물베도라치가 7.10~7.60 mm (평균 7.34 ± 0.18 mm)였고, 일본산은 9.80 mm로 길었으며, *P. tarasovi* 6.20 mm, 장갱이는 6.42 mm로 짧았다.

난황이 완전히 흡수되는 시기를 비교해 보았을 때 그물베도라치는 수온 20.0°C에서 전장 9.06~9.13 mm (평균 9.10 ± 0.02 mm)일 때 흡수되었고, 일본산은 수온 12.5~13.0°C에서 전장 11.8 mm, *P. tarasovi*는 수온 10.0°C에서 전장

6.70 mm일 때 흡수되었다. 난황이 흡수되는 시기는 자어의 크기와 무관한 것으로 보였고, 사육 시 수온의 영향에 따라 다소 차이가 있는 것으로 나타났다 (Table 2).

베도라치류의 산란습성에는 청베도라치 *Pictiblennius yatai* (김 등, 1992), 저울베도라치 *Istiblennius stellifer* (김과 한, 1989), 앞동갈베도라치 *Omobranchus elegans* (김, 1979; 박 등, 2014) 등 주로 알을 다른 물체에 부착시켜 수컷이 보호하는 종과 우베도라치 *Zoarchias uchidai*, 세줄베도라치 *Ernogrammus hexagrammus* 등 난피를 형성하여 산란이 끝나면 수컷이 꼬리지느러미로 알을 감싸서 보호하는 종이 있다 (Lee and Cho, 1995). 그물베도라치는 알을 수컷이 꼬리지느러미로 감싸서 보호하는 종으로 부화할 때까지 보호하는 행동을 보였다. 그러나 수컷이 알을 지키지 않고 방치시키는 행동이 추가적으로 관찰되었는데 정확한 원인규명은 어려우나 활동범위가 좁은 수조 내에서 받는 스트레스가 요인일 것으로 생각된다. 사육 중 이처럼 버려진 알은 인공사육을 통한 관리가 필요한데 사육과정 중 수정란의 폐사, 미수정란, 기생충 및 물곰팡이 발생 등으로 인해 초기 자어사육이 어려워 베도라치과 어류의 부화율과 자어의 생존율을 높이기 위해서는 인공사육 기술개발이 필요할 것으로 판단된다.

사 사

이 연구는 국립수산물과학원 수산시험연구과제인 능성어 대량 종묘생산 기술개발 (RP-2014-AQ-055)의 지원에 의해 수행되었습니다.

요 약

이 연구는 우리나라에 서식하는 그물베도라치의 산란행동과 난 발생 및 자어의 형태발달을 조사하여 분류학적 연구의 기초자료로 이용하고자 실시하였다. 수정란은 구형으로 백색의 불투명한 침성 점착란이었고, 유구의 수는 3~4개였으며, 난의 크기는 1.31~1.47 mm (평균 1.38±0.05 mm, n=10) 범위였다. 유구의 크기는 0.12~0.38 mm (평균 0.25±0.10 mm, n=10)였다. 사육수온은 14.5~16.5°C (평균 15.0±0.05°C)를 유지하였고, 난 발생 과정은 64세포기 후 30시간이 경과하여 상실기에 달하였으며, 64세포기 후 744시간이 경과하여 머리 윗부분이 난막을 뚫고 나오면서 부화가 시작되었다. 부화직후의 자어는 전장 7.10~7.60 mm (평균 7.34±0.18 mm)로 입은 열려 있었고, 부화 후 6일째의 후기 자어는 전장 9.06~9.13 mm (평균 9.10±0.02 mm)로 꼬리지느러미의 윗부분에 줄기가 분화하기 시작하였고, 난황은 모두 흡수되었으며, 먹이 섭식활동을 시작하였다.

인 용 문 헌

강용주 · 김영혜 · 김원태. 1995. 그물베도라치, *Dictyosoma burgeri*의 연령과 성장. 한국어류학회지, 7: 171-176.
 김용역. 1979. 앞동갈베도라치, *Omobranchus elegans*의 자치어기 형태. 한국수산과학회지, 12: 297-303.
 김용역 · 명정구. 1983. 노래미, *Agrammus agrammus*의 난 발생과 부화자어. 한국수산과학회지, 16: 395-400.
 김용역 · 명정구 · 한경호 · 강충배. 1992. 청베도라치, *Pictiblennius yatabei*의 산란습성, 난 발생과정 및 부화자어의 형태. 한국어류학회지, 4: 44-54.
 김용역 · 박양성 · 명정구. 1986a. 킴치, *Liparis tanakai*의 난 발생과 부화자어. 한국수산과학회지, 19: 380-386.
 김용역 · 박양성 · 명정구. 1986b. 미거지, *Liparis ingens*의 난 발생과 부화자어. 한국수산과학회지, 19: 368-374.
 김용역 · 박양성 · 명정구. 1987. 똑지, *Aptocyclus ventricosus*의 난 발생과 자치어. 한국수산과학회지, 20: 157-165.
 김용역 · 한경호. 1989. 실험실에서 사육한 저울베도라치, *Istiblennius stellifer*의 난 발생 및 부화자어. 한국어류학회지, 1: 9-18.
 김용역 · 한경호 · 김병학. 1993. 쥐노래미, *Hexagrammos otakii*의 난 발생과정 및 자어의 형태발달. 한국어류학회지, 5: 151-159.
 김익수 · 강언중 · 김수익. 1991. 한국산 베도라치아목과 등가시치아목(농어목)어류의 분류학적 재검토. 동물학회지, 115:

500-525.
 김익수 · 최 윤 · 이충렬 · 이용주 · 김병직 · 김지현. 2005. 한국어류대도감. (주)교학사, 615pp.
 박재민 · 한경호 · 김나리 · 오성재 · 손맹현 · 김경민 · 전민지 · 김재명 · 박상희 · 조재권. 2014. 앞동갈베도라치, *Omobranchus elegans*의 산란행동 유도 및 초기생활사. 한국어류학회지, 26: 25-33.
 송호복 · 최신석. 2000. 버들붕어, *Macropodus chinensis*의 생식생태와 초기생활사. 한국하천호수학회, 33: 282-294.
 이정의 · 조재윤. 1997. 장갱이, *Stichaeus grigorjewi* Herzenstein의 종묘생산에 관한 연구 2. 자치어 성장에 미치는 수온의 영향. 한국양식학회지, 10: 239-253.
 정길남. 2008. 조피블락, 용치놀래기, 송곳니베도라치 및 줄복 장관의 복합당질 성상 및 분포. 생명과학회지, 18: 782-788.
 정길남 · 이용희 · 조기진 · 정권순 · 조운복. 2004. 조피블락, 용치놀래기, 송곳니베도라치 및 줄복 식도 점액세포의 복합당질에 대한 Lectin 조직화학. 생명과학회지, 14: 417-424.
 정길남 · 정권순 · 조기진 · 조운복. 2001. 조피블락, 용치놀래기, 송곳니베도라치 및 줄복 식도 점액세포의 점액질에 대한 조직화학적 연구. 생명과학회지, 6: 595-602.
 정길남 · 조기진 · 이용희 · 조운복. 2005. 조피블락, 용치놀래기, 송곳니베도라치 및 줄복 장관 점액질에 대한 조직화학적 연구. 생명과학회지, 15: 707-714.
 정문기. 1977. 한국어도보. 일지사, 727pp.
 진영석 · 한재일 · 박창범 · 이치훈 · 김병호 · 백혜자 · 김형배 · 이영돈. 2007. 그물베도라치, *Dictyosoma burgeri*의 생식주기. 한국어류학회지, 19: 8-15.
 최정화 · 홍병규 · 전영열 · 김정년 · 최영민 · 유옥환. 2009. 동해 심해어류, 가시베도라치 (*Lumpenella longirostris*), 주먹물수베기 (*Malacocottus gibber*), 청차갈치 (*Bothrocara hollandi*)의 식성비교. 한국수산과학회지, 42: 151-156.
 황인준 · 백혜자. 2010. 그물베도라치, *Dictyosoma burgeri*의 성숙기 난모세포 스테로이드 대사에 미치는 Nonylphenol과 2,2',4,6,6'-Pentachlorobiphenyl의 효과. 발생과 생식, 14: 115-121.
 Blaxter, J.H.S. 1974. The early life history of fish. Spring-Verlag, Berlin, 765pp.
 Lee, J.U. and J.Y. Cho. 1995. Studies on the seeding production of long shanny, *Stichaeus grigorjewi* Herzenstein. J. Aquaculture, 8: 195-207. (in Korean)
 Miki, T., H. Yoshida and K. Amaoka. 1987. Rare stichaeid fish, *Pseudaletrias tarasovi* from Japan and its larvae and juveniles. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 38: 1-13.
 Rusell, F.S. 1976. The eggs and planktonic stages of British marine fishes. Academic Press, Inc., London, 524pp.
 Shiogaki, M. and Y. Dotsu. 1972. Life history of the blennioid fish, *Dictyosoma burgeri*. Fish. Nagasaki Univ., 33: 21-38.