

Maroon Clownfish, *Premnas biaculeatus*의 산란습성과 난 발생 및 자치어의 외부형태발달

김종수, 최영웅*, 노섬, 윤영석, 정민민¹, 송영보², 이치훈², 이영돈²
제주대학교 해양생산과학부, ¹국립수산과학원, ²제주대학교 해양과학연구소

Spawning Behavior, Egg and Larvae Developments of Maroon Clownfish, *Premnas biaculeatus*

Jong-Su Kim, Young-Ung Choi*, Sum-Rho, Young-Seock Yoon, Min-Min Jung¹, Young-Bo Song²,
Chi-Hoon Lee² and Young-Don Lee²

Faculty of Applied Marine Science Cheju National University Jeju 690-756, Korea
¹Jeju Fisheries Research Institute, NFRDI, Jeju 699-804, Korea

²Marine and Environment Research Institute, Cheju National University, Jeju 695-814, Korea

A pair of maroon clownfishes with an Indonesian native, reared in recirculation culture system to develop aquaculture techniques. Courtship, spawning behavior, egg developments and rearing of the maroon clownfish larvae were documented. The larval development were described with illustrative figures. The spawning was occurred 8 times between February and August 2004. The gravid female spawned during 15:00-20:00. The male mainly took care of the eggs supplying oxygen by water currents using their pectoral fins, anal fin and mouth. The fertilized eggs were separative-adhesive and oval in shape, and 1.99±0.03 mm in longer diameter and 0.88±0.03 mm in shorter diameter. The fertilized eggs were in deep-orange color. Cleavage occurred in 30 minutes after fertilization, and the egg reached 2 cells stage in 1 hour 10 minutes after fertilization at 27.0±0.5°C. The embryo was formed in 23 hours 40 minutes after fertilization. Hatching began in between 120±2 hours and 150±12 hours after fertilization at 27.0°C in the incubator. Total length (TL) of the newly hatched larvae was 3.22 mm with mouth and anus opened. Ten days after hatching, mean TL of the larvae were 6.21 mm with 28 dorsal fin rays, 17 anal fin rays and 28 caudal fin rays. Nineteen days after hatching, mean TL of the larvae were 9.34 mm. At this stage the larva had three white bands on the body, and they began to feed on commercial diet.

Keywords: Marine ornamental fish, Maroon clownfish, *Premnas biaculeatus*, Spawning behavior

서 론

흰동가리류(clownfish)는 Damselfish와 함께 지리돔과(Pomacentridae)에 속하는 어종으로 이 과에는 전 세계적으로 약 325종이 알려져 있다. 주로 인도-서태평양 연안 열대와 아열대 해역에 서식하고 있고 흰동가리류에는 *Amphiprion*속에 27종 그리고 *Premnas*속에 *Premnas biaculeatus* 1종이 있다(Fautin and Allen, 1992), 우리나라에는 흰동가리, *A. clarkii* 1종이 제주도 연안에 서식하고 있다(Yu and Lee, 1995).

흰동가리류 중 단일종으로 *Premnas*속을 구성하는 maroon clownfish, *P. biaculeatus*는 주로 Indo-Malay 군도부터 북부 Queensland 지역에 분포하고 있으며(Fautin and Allen, 1992), 하

얀 가로 줄무늬 maroon clownfish와 노란 가로 줄무늬 maroon clownfish 2개의 계통이 있다(Wilkerson, 1998).

Maroon clownfish 암컷은 전장 최대 160 mm까지 성장하고 수컷은 전장 100 mm 정도로 암컷의 절반 크기로서 밝은 색을 띠는 것이 특징이다(Fautin and Allen, 1992; Wilkerson, 1998). 이 종도 다른 clownfish와 마찬가지로 연중 산란하고 알은 침성 부착란이며 말미잘 근처의 암반 등 단단한 기질에 산란한다. 그리고 수컷과 암컷은 산란된 알이 부화할 때까지 보호하는 습성이 있다(Hoff, 1996; Wilkerson, 1998).

최근 maroon clownfish를 비롯한 흰동가리류는 해양수족관의 관상대상어종으로 관심이 증가하면서 *A. xanthurus*의 영역 습성에 대한 연구(Moyer and Sawyers, 1972), saddleback clownfish, *A. polymnus*의 산란습성에 대한 연구(Moyer and Bell, 1976; Moyer and Steene, 1978)와 같이 번식을 위한 기초연구가 진행

*Corresponding author: choiyu04@hanmail.net

되어 왔다. 우리나라에서는 saddleback clownfish의 산란과 난 발생 및 자치어 사육에 대한 연구가 이루어졌다(Yoon et al., 2005).

이 연구는 maroon clownfish의 안정적인 종묘생산 기술개발을 목적으로 순환여과시스템에서 사육하면서 짝짓기를 통해 자연산란과 이에 따른 난 발생 및 초기생활사를 구명하였다.

재료 및 방법

산란, 부화 및 자치어 사육

2001년 6월에 인도네시아에서 구입한 암컷(전장 7.3 cm)과 수컷(전장 4.2 cm) 1쌍을 사각 유리수조(90 cm×30 cm×45 cm) 2개를 연결하여 제작한 순환여과 사육시스템(Fig. 1)에서 사육하여 산란시켰다. 산란된 수정란의 인공부화 및 자치어를 사육, 양성하여 실험용 어미로 확보하였다.

사육수온은 히터를 사용하여 연중 26.5±0.5°C를 유지하였고, 광주기는 형광등과 차광막을 이용하여 14L:10D로 조절하였다. 사육수는 분당 2.4 L를 순환시켜 주었다. 먹이는 인공배합사료(천하제일사료)와 냉동 어란을 이용하여 매일 3회(10시, 14시, 18시)에 걸쳐 섭식 행동이 멈출 때 까지 충분히 공급하였다.

1) 짝짓기 및 산란행동

짝짓기 과정을 관찰하기 위하여 인공 종묘생산된 전장 5 cm 내외의 개체를 2마리씩 사각 유리수조(60×45×30 cm)에 수용하였다.

어미 사육수조 내에 산란상으로 타일(15×15 cm)을 유리면에 45° 각도로 세워 놓았고, 화분(상단 지름 10 cm, 하단 지름 8 cm, 높이 25 cm)은 뒤집어서 넣었다. 짝짓기 및 산란행동은 비디오카메라(Sony, DCR-TRV 900)와 디지털카메라(Nikon, Coolpix

5700)를 이용하여 촬영, 관찰하였다.

2) 수정란 관리

산란이 완료된 수정란은 부화 시 까지 어미에게 알을 직접 관리시키는 방법과 알을 분리시켜 부화시키는 방법을 비교하였다.

부화는 산란기질에 부착된 수정란을 어미수조에서 분리하여 포르말린 250 ppm에 1분 동안 소독한 후 aeration 시키면서 부화시키는 Hoff (1996)의 방법과 자체 개발한 부화기(Yoon et al., 2005)를 이용하였다. 부화 시 까지 수온과 염분은 27.0±0.5°C와 32.0 psu이었고 광주기는 14L:10D로 조절하였다.

3) 난 발생

수정란 발생과정은 수온 27.0±0.5°C에서 산란 직후 유리관(내경 5 mm)을 이용하여 30개의 수정란을 부착기질에서 떼어낸 후 1 L 비이커에 수용하고 aeration 시키면서 해부현미경(Nikon, SM2-U)과 광학현미경(Olympus, BHS W/AU)을 이용하여 시간 경과에 따른 발생과정을 관찰하였다.

4) 자치어 사육

부화 자치어는 사육수조 위에 백색 형광등을 설치하여 광주기를 15.5L:8.5D로 조절시킨 12 L 아크릴 원형수조에 수용하여 사육하였다. 사육수온은 히터를 이용하여 27.0±0.5°C 내외로 유지하였으며 사육수는 매일 1/3-1/4 정도 교환하였다. 먹이는 난황이 흡수되는 것을 확인하고 부화 직후에 공급하였다. 최초 먹이는 농축 *Isochrysis galbana*, *Nannochloropsis oculata*, *Tetraselmis suecica*를 3:3:4로 혼합한 배양액으로 영양 강화한 로티퍼, *Brachionus rotundiformis*를 10개체/mL 공급하였고, 2-3시간 마다 보충하여 적정 밀도를 유지시켰다. 부화자치어의 성장에 따라 로티퍼의 영양강화와 동일한 방법으로 혼합한 배양액으로 영양 강화한 *Artemia nauplii*, *T. japonicus*, 및 해산 자어용 미립자 배합사료(200-400 μm, Otohime Co.)를 공급하였다. 부화 자치어의 형태 발달과정은 Tricaine methanesulfonate (MS 222)를 사용하여 마취시킨 후 해부현미경(Nikon, SM2-U)과 광학현미경(Olympus, BH-2)을 이용하여 관찰하였다. 자치어의 크기는 만능투영기(Mitutoyo, PJ-H 3000F)를 이용하여 0.01 mm까지 측정하였다.

5) 체색 기형

부화 치어의 체색 기형 조사는 산란 회수별로 수거한 수정란에서 부화한 개체들 중, 각 회수별로 가로며 형태가 완전하지 못한 개체를 대상으로 조사하였다.

결 과

산란, 부화 및 자치어 사육

1) 짝짓기 및 산란행동

전장 5 cm 이상 된 개체를 짝짓기를 위하여 2마리씩 수조에 수용한 결과 크기가 비슷한 개체들은 서로 머리를 맞대고 심한 몸싸움을 하였으며 상처를 입고 폐사하는 개체도 관찰되었다(Fig. 2A).

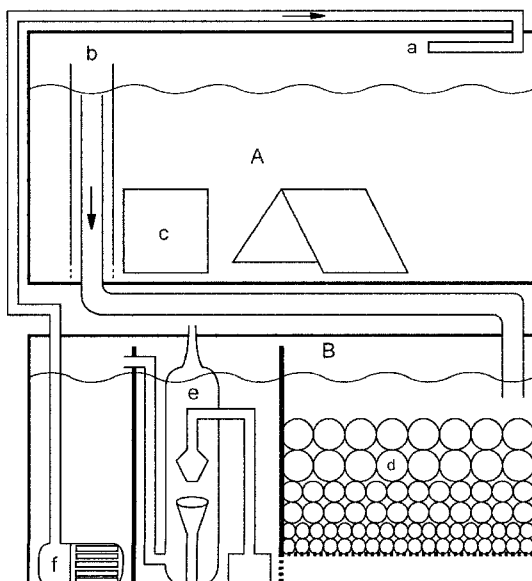


Fig. 1. Schematic diagram of the recirculating culture system. A, rearing tank; B, filter tank; a, inflow; b, outflow; c, nest; d, sand filter; e, protein skimmer; f, pump.

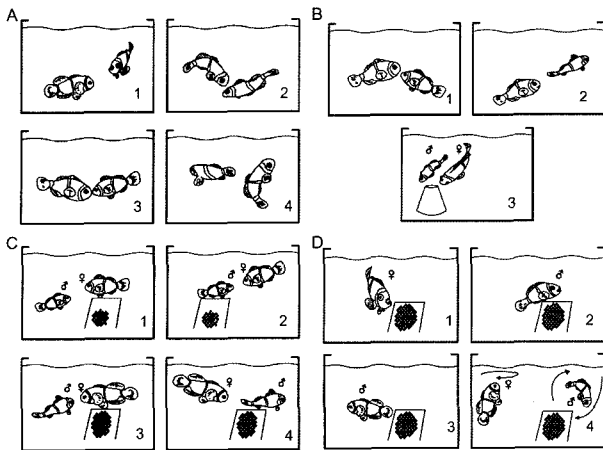


Fig. 2. Series of mating and spawning of *Premnas biaculeatus*. A, a mating failure in stocked same-size breeder (1, accommodation; 2, approaching; 3, attacking; 4, mating failed); B, a mating success in stocked different-size breeder (1, accommodation; 2, attacking and chasing; 3, mating succeeded); C, spawning and fertilization (1, first spawning; 2, first fertilization; 3-4, repetition of spawning and fertilization with several minutes interval); D, nest care behavior (1, take our dead eggs with mouth; 2, water circulation with pectoral fins; 3, water circulation with a caudal fin; 4, nest care by male mainly).

그러나 크기가 1/2 정도 차이가 나는 개체를 동시 수용한 결과 작은 개체가 일방적으로 도망치는 행동을 보여 심한 몸싸움은 일어나지 않았다. 이후 작은 개체가 순종하게 되면 짝짓기는 순조롭게 이루어져 수용 후 15일 정도 지나면서 짝을 이루어 산란상에 머무르게 된다(Fig. 2B).

산란시기가 가까워지자 암컷과 수컷 모두 산란상 근처에 붙어 있는 부착성 미세조류와 이물질을 입과 가슴지느러미 및 꼬리지느러미를 이용하여 청소하는 행동과 산란상을 입으로 물고 위치를 이동시키는 행동을 하였다. 산란 행동은 암컷이 먼저 산란상에 복부를 붙여 일직선으로 약 20여개의 알을 부착시키면, 주위를 맴돌던 수컷이 같은 방법으로 방정하여 수정시켰다(Fig. 2C).

수정된 알은 부화될 때 까지 어미들이 번갈아 가면서 가슴지느러미와 꼬리지느러미를 이용하여 수류를 일으켜 알에 붙어 있는 이물질을 제거하는 행동을 보였다. 그리고 입으로는 백탁된 미수정란과 조밀하게 부착된 알을 속아주는 행동도 관찰되었다. 산란 후 암컷과 수컷 모두 산란상 주위에서 수정란을 보호하기 위하여 수컷은 수정란 가까이 붙어서 관리하였으며, 암컷은 산란상 주위를 순찰하며 외부에서 근접하는 어류나 사람을 경계하는 행동을 보였다.

먹이를 먹을 때도 암컷은 먹이를 먹기 위해 산란상을 떠나는 경우가 많은 반면 수컷은 먹이를 먹은 후 바로 산란상으로 돌아와 수정란을 보호하는 행동을 보였다(Fig. 2D).

2) 수정란 관리

암수 1쌍에서 관찰된 산란은 2004년 2월 22일부터 2004년 8월 10일까지 8회에 걸쳐 일어났고 15시에서 20시 사이에 산란하였다. 최초 산란량은 583개에서 2-5회째에는 861-1,288개 범

Table 1. Spawning interval and egg numbers of Maroon clownfish, *Premnas biaculeatus*

Spawning times	Date	Interval of spawning	Number of eggs
1st	2004. 2. 22	-	583
2nd	2004. 4. 14	52 days	861
3rd	2004. 5. 17	33 days	938
4th	2004. 5. 29	12 days	1,071
5th	2004. 6. 16	18 days	1,288
6th	2004. 7. 7	21 days	2,475
7th	2004. 7. 25	18 days	2,694
8th	2004. 8. 9	16 days	2,371

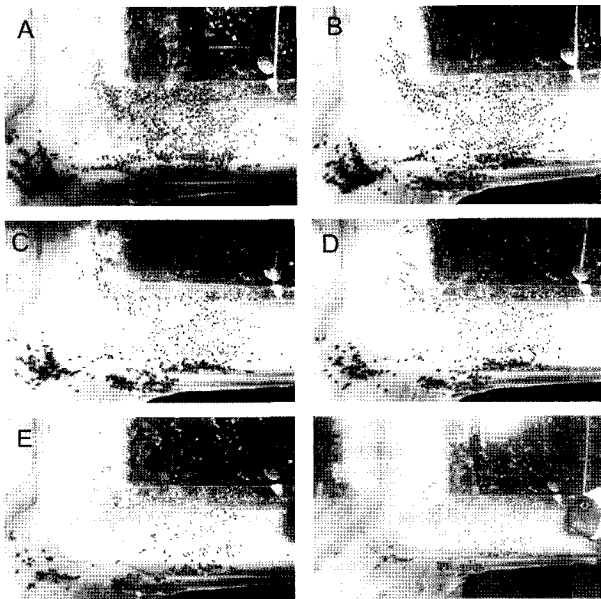
위였고 6-8회째에는 2,371-2,694개 범위로 산란횟수가 늘어날수록 산란량이 증가하는 경향을 보였다(Table 1). 산란간격은 1회 산란 후 52일이 지나서 2회째 산란이 이루어졌고, 3회에서 8회까지는 12일에서 21일로 줄어들었다.

산란상을 어미로부터 분리하지 않은 첫 번째와 두 번째 산란 후 일별 수정란 개수 변화를 보면, 1회째 산란 때에는 583개였던 수정란이 산란 후 하루가 경과해서는 471개로 큰 변화를 보이지 않다가 산란 후 2일째부터는 감모가 심하게 일어나서 수정란 2개가 남았고 산란 후 3일이 지나서는 한 개도 남지 않았다. 2회째 산란 때에도 수정란 861개 중 산란 후 하루가 경과해서는 798개로 큰 변화를 보이지 않다가 산란 후 3일째에는 362개로 줄어든 후 산란 후 4일째에는 32개로 급격한 감모가 일어났다. 이와 같이 산란상을 어미로부터 분리해 내지 않을 경우에는 어미의 공식으로 수정란 수가 현저히 줄어드는 경향을 보였는데 산란 후 4일째 까지 71.2-100% 감모되었다(Table 2).

어미에 의한 수정란 공식 현상을 방지하기 위하여 3회와 4회째 산란된 수정란을 관리할 때는 aeration법으로 부화시켰고, 5회부터 8회째 산란된 수정란은 자체개발한 부화기(유수식법)를 이용하여 부화시켰다. 3회째 산란된 수정란은 산란 후 4일이 경과하여 어미로부터 산란상을 분리하였는데 4일째 남은 수정란은 69.6%였고, 5일째에는 35.0%로 감소하였으며, 부화율은 29.1%였다. 4회째 산란된 수정란은 산란 후 5일이 경과하여 어미로부터 산란상을 분리하였는데 5일째 남은 수정란은 39.2%였고 부화율은 34.0%였다. 5회부터 8회째 산란 때에는 산란 후 5일이 경과된 후 어미로부터 산란상을 분리하였는데 5일째 남은 수정란은 각각 55.3%, 12.1%, 16.7%, 7.0%였다. 그리고 부화율은 각각 50.3%, 10.5%, 15.0%, 5.7%였다. 3회 산란부터 5회째 산란된 수정란 관리 방법을 비교한 결과, 산란 후 4일째에 산란상을 어미로부터 분리하는 것보다는 5일째 분리하는 것이 상대적으로 더 좋은 부화율을 보였고, aeration을 이용한 부화기를 사용하는 것 보다 자체개발한 유수식 부화기를 이용한 경우에 더 높은 부화율을 보였다. 하지만 6회 산란부터 8회째 산란까지는 산란량이 각각 2,028개, 2,012개, 1,829개로 많았으나 초기 감모가 많이 일어나서 부화율은 각각 10.5%, 15.0%, 5.7%로 저조하게

Table 2. Comparison of egg survival and hatching by different incubation conditions (Unit: Number of eggs)

Tank	Incubation condition	Spawning times	Spawned	Days after spawning					Hatching
				1-day elapsed	2-days elapsed	3-days elapsed	4-days elapsed	5-days elapsed	
Combination tank	Taking care by breeder	1st	583	471	2	0	0	0	0
		2nd	861	798	548	362	248	0	0
Incubation tank	Aeration	3rd	938	894	806	728	653	328	273
		4th	1,071	1,006	914	838	746	420	364
	Water circulation	5th	1,288	1,215	1,207	1,087	924	712	648
		6th	2,028	1,764	1,239	843	505	246	213
		7th	2,012	1,861	1,453	957	645	335	302
		8th	1,829	1,629	1,324	739	349	128	104

**Fig. 3.** Reduction of egg number after spawning in brood fish stocking tank. A, 1-day after spawning; B, 2-days after spawning; C, 3-days after spawning; D, 4-days after spawning; E, 5-days after spawning; F, 6-days after spawning.

나타났다(Table 2).

산란 직후 수정란은 진한 주황색이었다가 산란 후 2-3일이 지나면 흑색을 띠기 시작한다. 부화 후 4일째에는 검붉은 색으로 변하고, 5일째에는 알이 투명해지고 눈이 은빛으로 반짝거리는 것이 확인되었다. 또한 난 발생과정 중 폐사되는 수정란의 어미에 의한 제거와 피식으로 알 수가 감소하는 현상이 관찰되었다(Fig. 3).

3) 난 발생

수정란은 타원형으로 장경 1.95-2.01 mm (평균 1.99±0.03 mm, n=30), 단경 0.83-0.91 mm (평균 0.88±0.03 mm, n=30)로 많은 유구를 가지고 있었으며, 알 색깔은 진홍색이고 장축의 끝에 있는 부착사로 산란상에 부착하는 분리 침성부착란이었다.

수온 27.0±0.5°C에서 발생단계별 소요시간(Table 3)과 분화 형태를 보면 수정 후 40분이 지나서 배반이 형성되었고(Fig. 4A), 수정 후 1시간 10분이 경과한 후에 최초의 난황이 시작되어 2 세포기가 되었다(Fig. 4B). 제2난황은 수정 후 1시간 50분 후에

Table 3. The egg development of maroon clownfish, *Premnas biaculeatus* (water temperature, 27.0±0.5°C)

Developmental stages	Time after fertilization
Formation of blastodisc	40 min.
2 cell	1 h. 10 min.
4 cell	1 h. 50 min.
8 cell	2 h. 20 min.
16 cell	3 h.
32 cell	3 h. 20 min.
64 cell	3 h. 50 min.
Morula	4 h. 50 min.
Blastula	6 h. 40 min.
Gastrula	10 h. 20 min.
Blastodisc covering of the yolk 1/3	12 h. 40 min.
Embryo formation	17 h. 40 min.
Formation of optic vesicles	20 h. 20 min.
Formation of eye lens and melanophores appeared on embryo	32 h. 20 min.
Formation of auditory vesicles	36 h. 40 min.
Heart beats	41 h. 50 min.
Appearance of melanophores in eyes	62 h. 30 min.
Hatching began	120-150 h.

일어나 4세포기가 되었고(Fig. 4C), 수정 후 2시간 20분 후에 8 세포기가 되었다(Fig. 4D). 난황이 계속 진행되어 16세포기(Fig. 4E), 32세포기(Fig. 4F), 64세포기(Fig. 4G)는 수정 후 각각 3시간, 3시간 20분, 3시간 50분 후에 관찰되었으며 수정 후 4시간 50분 만에 상실기(Fig. 4H)에 도달하였다.

수정 후 6시간 40분이 지나서 포배기에 도달하였다(Fig. 4I). 수정 후 10시간 20분이 지나서 낭배기에 도달하고 배반엽이 나타났다(Fig. 4J). 수정 후 12시간 40분이 지나서는 배반이 난황의 1/3 정도를 덮었다(Fig. 4K). 수정 후 17시간 40분이 경과한 후 배반이 난황의 5/6 정도를 덮었고 이 시기에 배체가 출현하였다(Fig. 4L).

수정 후 20시간 20분이 지나서 안포가 형성되고 근절이 7-8 개 나타났다(Fig. 4M). 수정 후 32시간 20분이 경과해서 안포 내에 렌즈가 형성되고 난황 위에는 다수의 흑색소포가 출현하였다(Fig. 4N). 수정 후 36시간 40분이 지나서 이포가 출현하였고 이 때 꼬리가 난황에서 분리되었으며 흑색소포는 난황뿐만 아니라

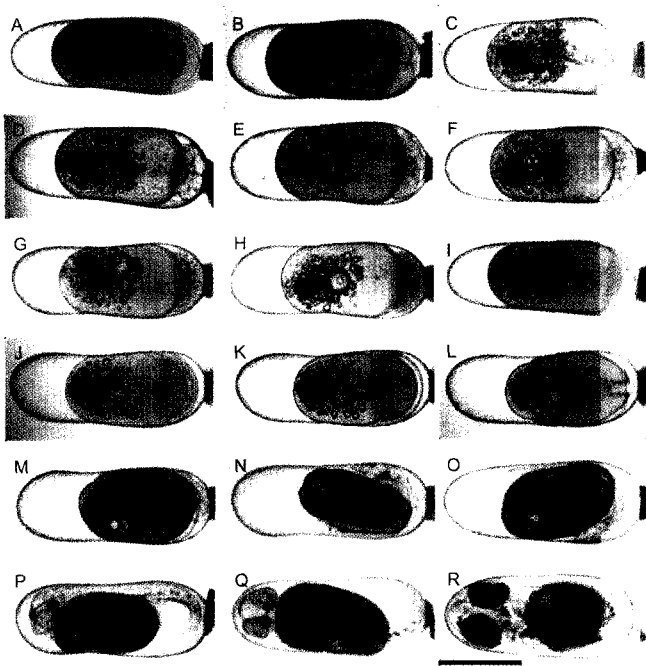


Fig. 4. The egg development of *Premnas biaculeatus*. A, blastodisc formation; B, 2 cell stage; C, 4 cell stage; D, 8 cell stage; E, 16 cell stage; F, 32 cell stage; G, 64 cell stage; H, morula stage; I, blastula stage; J, gastrula stage; K, blastodisc covering of the yolk 1/3; L, embryo formation; M, optic vesicles present; N, formation of eye lens and melanophores appeared on embryo; O, formation of auditory vesicles; P, heart beats; Q, appearance of melanophores in eyes; R, hatching began. Scale bar=1 mm.

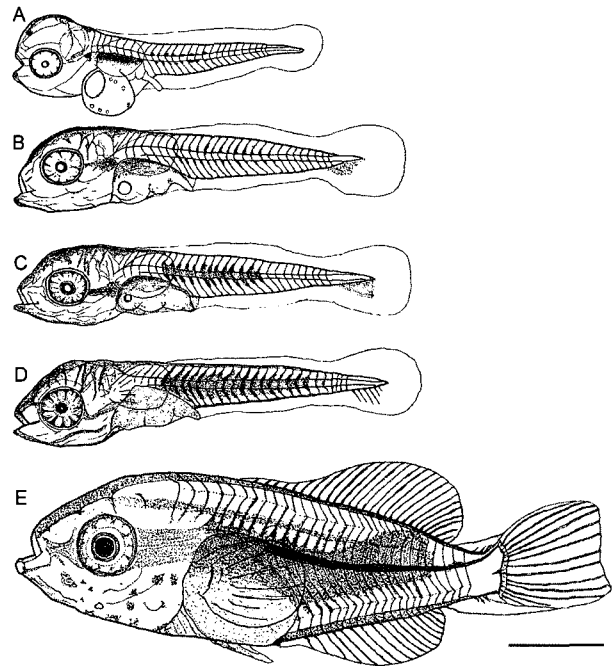


Fig. 5. The larvae and juveniles of maroon clownfish, *Premnas biaculeatus*. A, newly hatched larva, 3.22 mm TL; B, 2 days larva, 4.07 mm TL; C, 3 days larva, 4.18 mm TL; D, 4 days larva, 4.24 mm TL; E, 10 days juvenile, 6.21 mm TL. Scale bar=1 mm.

근절 위에도 발견되었다. 이때 근절 수는 20개였다(Fig. 4O).

수정 후 41시간 50분이 지나서 심장박동이 확인되었고 꼬리가 움직이는 것이 관찰되었다(Fig. 4P). 심장 박동 수는 1분에 160회-180회 정도였다.

수정 후 62시간 30분이 지나서 배체가 난내의 4/5 정도를 돌고 난황 주변에 혈액의 움직임이 관찰되었으며 안구 앞부분과 배체에 흑색소포의 수가 증가하였다(Fig. 4Q). 부화 직전인 수정 후 125시간이 지나서는 배체가 난내를 완전히 덮었으며 안구는 완전히 흑화 되었고 외전상 은빛으로 빛났다. 이때 입은 열려 있었다(Fig. 4R). 부화기에서의 부화는 보통 수정 120시간부터 150 시간 사이에 거의 대부분 이루어졌다.

4) 자치어의 외부형태 발달

부화 직후의 자어는 전장 3.10-3.44 mm (평균 3.22±0.07 mm, n=10)로 타원형의 적갈색 난황(평균 장경 0.58±0.08 mm, 평균 단경 0.46±0.04 mm, n=10)을 가지고 있었다. 난황 안에는 0.27 mm의 대형유구 1개와 소형유구 10여개가 존재하였다. 근절 수는 9+17=26개이고 머리와 난황 위 그리고 체측에 흑색소포가 산재해 있었다. 입과 항문은 열려 있었으며 항문은 몸의 중앙보다 앞쪽에 위치하고 있었다. 머리 앞쪽을 제외하고는 몸 전체에 막지느러미가 발달되어 있고 난황이 많이 남아 있었다(Fig. 5A).

부화 후 2일째 자어는 전장 3.92-4.29 mm (평균 4.07±0.24 mm,

n=10)로 성장하였으며 난황이 많이 흡수되어 평균 장경 0.35±0.07 mm, 평균 단경 0.26±0.05 mm이었고 유구는 대형유구 1개만 남았다(Fig. 5B).

부화 후 3일째 자어는 전장 4.14-4.48 mm (평균 4.18±0.26 mm, n=10)로 성장하였으며 난황은 거의 흡수되었다. 머리 부분과 척추 부분에 흑색소포가 나뭇가지 모양으로 증가하였다(Fig. 5C).

부화 후 4일째 자어는 전장 4.09-4.62 mm (평균 4.24±0.29 mm, n=10)로 성장하였다. 소화기관에서 로티퍼가 다량 섭식되어 있는 것이 관찰되었으며 꼬리지느러미에 기조 6개가 있는 것이 관찰되었다. 머리 부분과 척추를 따라 흑색소포가 더욱 증가하여 넓게 퍼져 있었다(Fig. 5D).

부화 후 5일째 자어는 전장 4.15-4.64 mm (평균 4.36±0.46 mm, n=10)로 성장하였고, 부화 후 7일째에는 전장 4.59-5.86 mm (평균 5.09±0.49 mm, n=10)로 성장하였다. 부화 후 10일째 치어는 전장 5.64-6.89 mm (평균 6.21±0.69 mm, n=10)로 성장하였다. 기조 수는 등지느러미에 28개, 뒷지느러미에 17개가 출현하여 이 중 고유의 수에 달함으로 이때부터 초기 치어기에 도달한 것으로 판단하였다(Fig. 5E).

부화 후 12일째 치어는 전장 6.24-7.63 mm (평균 6.94±0.76 mm, n=10)로 성장하였다. 머리 부분에 백색 가로띠가 출현하고 12시간 정도 경과하여 몸 중앙부위에 두 번째 백색 가로띠가 형성되었다. 체색은 흑색소포가 줄어들고 적색소포가 증가하면서 얼은 오렌지색이 되었다. 부화 후 15일째 치어는 전장 7.44-9.01 mm (평균 8.06±0.89 mm, n=10)로 성장하였다. 이 시기에 대부분의

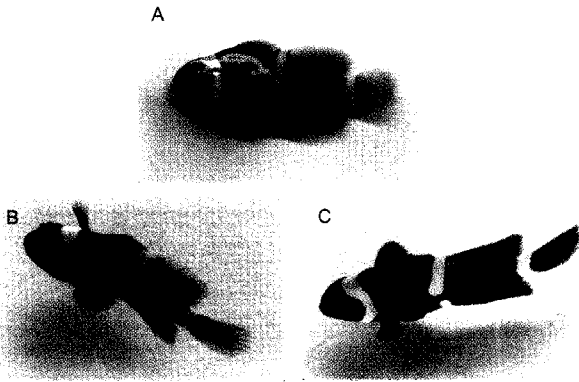


Fig. 6. Formation of white bands of *Premnas biaculeatus* juveniles. A, three white perpendicular bands of 19 days old juvenile (total length: 9.34 mm); B, normal bands of 50 days old juvenile; C, abnormal bands of 50 days old juvenile.

치어는 꼬리자루 부분에 세 번째 백색 가로띠가 출현하였으며 머리와 등, 가슴, 뒷지느러미에는 적색소포가 증가하여 짙은 오렌지색으로 보였다.

부화 후 19일째 치어는 전장 8.32-10.98 mm (평균 9.34±1.11 mm, n=10)로 성장하였고 3개의 백색 가로띠는 더욱 선명해졌으며(Fig. 6A), 배합사료(입자 크기 200-400µm)를 섭식하기 시작하였다. 부화 후 27일 된 치어는 전장 10.16-15.49 mm (평균 12.41±1.67 mm, n=10)로 성장하였고 등지느러미와 배지느러미에 흑색점이 선명하게 생겼다. 부화 후 45일째 치어는 전장 13.64-19.37 mm (평균 15.61±2.09 mm, n=10)로 성장하였다. 부화 후 50일째가 되어도 3개의 백색 가로띠 중 가로띠가 완전하지 못한 개체들이 관찰되었다(Fig. 6C).

부화 자치어의 성장 패턴을 보면 부화 직후 전장 3.10-3.44 mm (평균 3.22±0.07 mm)의 자어가 난황이 흡수되면서 최초의 먹이 섭식이 가능한 부화 후 2일째에는 전장 3.92-4.29 mm (평균 4.07±0.24 mm)로 자랐다. *Artemia nauplii* 섭식은 부화 후 4일째 전장 4.09-4.62 mm (평균 4.24±0.29 mm)로 자랐을 때부터 가능하였고, 부화 후 10일째 전장 5.64-6.89 mm (평균 6.21±0.69 mm)로 성장하였을 때 초기 치어기 형태를 갖추었다. 부화 후 19일째 전장 8.32-10.98 mm (평균 9.34±1.11 mm)로 급격한 성장 패턴을 보여 주었으며, 부화 후 45일째 전장 13.64-19.37 mm (평균 15.61±2.09 mm)로 성장하였다(Fig. 7).

5) 자치어의 행동

부화 직후 자어는 난황을 가지고 있는 개체와 난황을 대부분 흡수한 개체가 출현 하였으며, 난황을 가지고 있는 개체는 정상적인 유영을 하지 못하였다. 난황을 가지고 있는 개체는 수조바닥을 기어 다니듯이 움직였으며 가끔 수면을 향하여 순간적으로 부상했다가 다시 수조바닥에 가리앉은 수직운동을 하였다. 그러나 난황이 거의 흡수된 상태로 부화된 개체는 정상적인 유영을 하였으며 빛에 대하여 강한 정 주광성을 보여주었다.

부화 후 2일째 자어는 수조의 중층을 자유롭게 유영하였으며

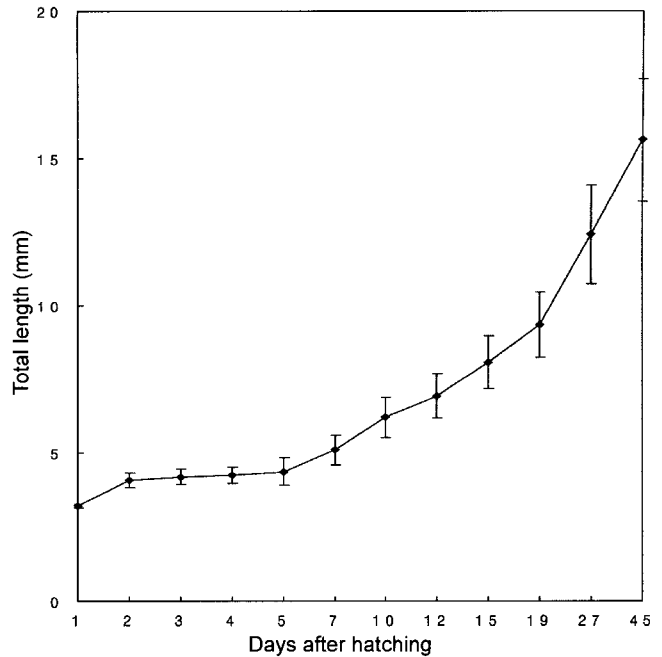


Fig. 7. Growth in total length of maroon clownfish, *Premnas biaculeatus* larvae for 45 days after hatching.

로티퍼를 섭식하는 것이 확인되었다. 부화 후 3일째 자어는 장의 움직임이 확인되었고 항문에서 배설물이 배출되는 것이 관찰되었다.

부화 후 12일째 치어는 때를 지어 수조 저면 구석에 무리를 짓기 시작하였고, 먹이를 먹을 때를 제외하고는 이 상태를 계속

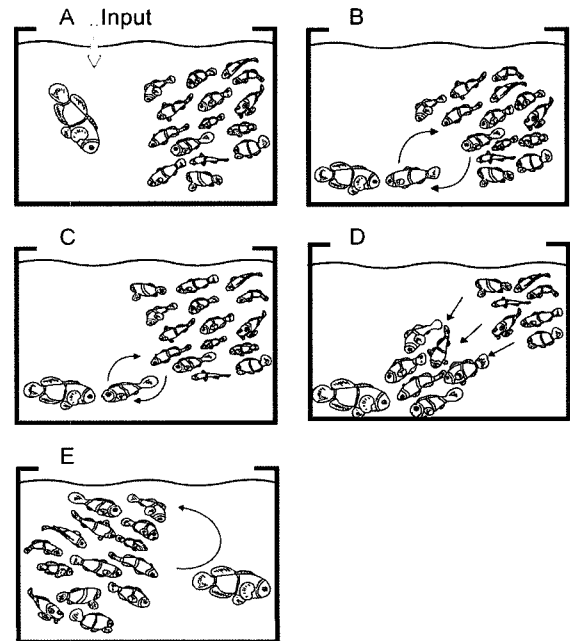


Fig. 8. Serial diagrams showing territory protecting behavior of maroon clownfish, *Premnas biaculeatus*. A, input of bigger fish; B and C, protecting by single smaller fish; D, expel by several fish; E, protecting by group.

Table 4. Comparison of normal and abnormal coloration forming three white bands by different spawning of maroon clownfish, *Premnas biaculeatus*

Spawning times	Normal band formation (%)	Abnormal band formation of one side (%)	Abnormal band formation of both sides (%)
4th	65.4	12.3	22.3
5th	66.3	13.3	20.4
6th	67.9	10.7	21.4
7th	57.0	23.0	20.0

유지하였다. 수조내의 전체 치어가 한 무리를 이루었으며 일시적으로 10마리 정도가 작은 무리를 이루어 별도의 행동을 보일 때도 있지만 얼마 지나지 않아 다시 본 무리에 합체하였다. 일령이 12일 정도 차이가 나고 전장이 3-4 mm가 더 큰 치어를 무리 중에 넣고 관찰한 결과 가장 가까운 개체부터 공격을 시작하다가 결국 여러 마리가 집단 공격을 해서 자신들의 집단에 합류하는 것을 저지하는 행동을 보였다(Fig. 8).

부화 후 15일째 치어는 수조 저면에서 수표면 쪽으로 무리를 지어 수직 유영을 하기도 하고 일부는 전체 무리에서 이탈하여 20-30 마리가 무리를 지어 수표면 근처에서 유영하였다. 부화 후 27일 된 치어는 바닥에 거의 내려가지 않고 수조 전체를 유영하며 조금씩 대열을 이탈하여 독자적인 행동을 하는 개체가 많이 생겼다.

부화 후 45일째 치어는 수조 전체에서 유영하였으며 이때부터 유영하다가 마주치면 두 마리가 서로 머리를 맞대고 싸우는 개체들이 생겨났다.

6) 체색 기형

4회째부터 6회째까지의 정상개체 출현비율은 각각 65.4%, 66.3%, 67.9% 이었고, 양쪽 모두 기형인 개체가 각각 22.3%, 20.4%, 21.4%였으며 한 쪽만 기형인 개체는 각각 12.3%, 13.3%, 10.7%였다. 결과적으로 4회째부터 6회째까지는 정상개체가 67% 정도 차지했고, 양쪽 모두 기형인 개체는 21%, 한 쪽만 기형인 개체는 12% 정도를 차지했다. 그러나 7회째 부화된 치어의 정상개체 출현비율은 57.0%, 양쪽 모두 기형인 개체가 20.0%, 한 쪽만 기형인 개체가 23.0%였다(Table 4).

고 찰

경골어류에 있어서 산란 후 수컷이 알을 관리하는 습성을 가진 어류는 어미가 알을 보호하는 어류의 76% 정도로 알려지고 있다(Blumer, 1982). 이러한 어류들의 짝짓기를 통한 배우자 선택습성은 많은 연구자들의 관심을 끌어들였다(Goulet, 1997). 성공적인 번식을 위해서는 짝짓기에서 번식을 성공적으로 수행할 수 있는 수컷 배우자의 선택이 중요하다(Karino, 1995).

어미가 알을 관리하는 습성을 가진 어류로 잘 알려져 있는 clownfish는 일반적으로 암컷이 사망할 때까지 일부일처를 유지하지만, 일부 종에서는 일부다처 현상도 보고되고 있다(Hoff, 1996). Sebae clownfish, *A. clarkii*는 한 쌍의 지배계급과 2-3마리의 부 지배계급이 공동 생활하지만 생식 활동에는 지배계급만

참여한다(Moyer and Bell, 1976). 또한 clownfish의 수컷은 암컷에 비하여 크기가 작다(Fautin and Allen, 1992).

이 실험에서는 크기에 따른 개체들의 짝짓기 과정을 조사하였다. 크기가 비슷한 maroon clownfish 개체를 수용한 결과 심한 몸싸움으로 짝짓기가 이루어지지 않았으나, 전장이 1/2 정도 되는 개체를 수용하였을 경우에는 작은 쪽이 큰 쪽에 순종하면서 짝짓기가 순조롭게 이루어졌다. 한 번 짝이 이루어진 쌍은 항상 같이 행동하였으며, 이는 saddleback clownfish의 짝짓기 과정과 유사하였다(Yoon, 2004). clownfish의 무리에서 한 개체는 대개 가장 크기가 크고 우수한 개체가 암컷이 되고 그다음 서열인 개체가 수컷으로 결정이 되며 이후 이 두 개체 중 한 개체가 사망하였을 때 부재중인 성의 역할을 담당하게 되는 성결정이 되지 않은 후보 개체 3마리로 형성하게 된다(Moyer and Bell, 1976). 이 실험에서 크기가 비슷한 개체는 무리내에서 서로 경쟁관계에 있는 개체들로 서로 공격적이었고 크기가 다른 개체를 수용한 경우 상호보완적인 역할을 담당할 수 있는 개체들로 짝짓기가 가능하였다고 생각된다. 하지만 종합적인 판단을 위해서는 짝짓기 이후 개체들에 대한 조직적 검경이 필요하지만 많은 양의 표본이 필요한 점이 현재 clownfish가 전량 수입에 의존하고 있는 실정에서 어려움이 따른다. 이후 대량생산규모의 연구 단계에서 보완적인 연구가 더 진행되어야 할 것으로 생각된다.

산란기에 들어간 흰동가리류는 일반적으로 자연에서나 인위적인 사육조 안에서나 산란상에 붙어 있는 조류 등 불순물을 제거하고, 꼬리지느러미나 입을 이용하여 산란상 주변의 모래를 쓸어버리는 행동을 보인다. 그리고 머리를 움직이거나 때때로 몸을 건드리는 구애습성을 보이기도 하고 암컷이 수컷에 비하여 공격적이다(Moyer and Bell, 1976; Suzuki and Takamatsu, 1989; Hoff, 1996; Wilkerson, 1998; Stratton, 2000). Saddleback clownfish도 다른 흰동가리류의 산란행동과 유사하였으며 특히 산란장소를 준비하기 위하여 암컷이 더욱 적극성을 보여 자신의 몸보다 큰 PVC shelter를 옮겼다(Yoon et al., 2005). 이 실험에 이용된 maroon clownfish도 다른 흰동가리류와 마찬가지로 산란시기가 가까워지자 산란상으로 제공한 타일(15×15 cm) 주변을 입과 꼬리지느러미를 이용하여 깨끗하게 청소하고 타일 위치를 입으로 이동시키기도 하였다.

흰동가리류의 산란 후 알 관리는 암컷에 비해 수컷이 관리하는 시간이 길며 외부 포식자로부터 알을 지킨다. 어미들은 가슴지느러미를 이용하여 알에 산소를 공급하여 준다. 그리고 난발생과정 중에 정지된 알은 입으로 제거하여 곰팡이나 세균감염을

사전에 차단하였다(Suzuki and Takamatsu, 1989; Wilkerson, 1998; Kim et al., 2001; Yoon et al., 2005). maroon clownfish도 다른 흰동가리류와 마찬가지로 산란 후에 암컷과 수컷이 번갈아가면서 알을 보호하는 행동을 보이며 특히 수컷은 먹이도 잘 먹지 않으면서 계속해서 알을 보호하였다. 부화시기가 가까워지면서 어미들의 알 관리 시간이 길어졌으며 알을 향하여 휘젓는 가슴지느러미의 부채질 운동도 활발해졌다. 이때 수류에 의한 충격으로 탈락되는 알이 많아졌으며 탈락되는 알을 어미들이 삼키는 행동이 관찰되었다.

maroon clownfish는 약 18일 간격으로 1회 산란 때 2,000여 개 정도의 알을 산란하는데 1회 산란 시 보통 1,500여개의 알을 낳고 산란은 연중 일어난다(Wilkerson, 1998). 다른 흰동가리류의 산란량을 보면 tomato clownfish 1,000개, percula clownfish 250-1,190개, saddleback clownfish 1,500-3,000개, orange skunk clownfish, *A. sandaracinos* 30-300개, 그리고 pink skunk clownfish, *A. perideraion*는 280-600개 정도의 알을 산란한다(Suzuki and Takamatsu, 1989). saddleback clownfish의 종묘생산에 관한 연구에서 산란량은 1차 산란 시 103개였고 산란 횟수가 증가할수록 산란량이 많아져 7차 산란 시 1,257개로 증가하였다가 8차 산란 시에는 1,008개로 약간 감소하였다(Yoon et al., 2005). 이처럼 maroon clownfish는 흰동가리류 중에서 대형종에 속하며 1회 산란량이 다른 흰동가리류에 비하여 많은 것으로 판단된다. 그러나 이는 사육환경이나 암컷과 수컷의 영양상태, 산란 횟수, 암컷과 수컷의 크기 차이 등에 의해서 좌우될 것으로 여겨진다.

maroon clownfish의 산란은 보통 15시에서 20시 사이에 약 90분에서 120분에 걸쳐 진행되었다. tomato clownfish는 12시-16시, saddleback clownfish 12시 30분-03시 30분, orange skunk clownfish 12시-16시 20분 사이에 산란한다(Suzuki and Takamatsu, 1989). 그리고 sebae clownfish는 자연에서 산란 시간이 09시-15시 사이에 이루어진다(Moyer and Bell, 1976). 이처럼 maroon clownfish는 tomato clownfish, saddleback clownfish, orange skunk clownfish보다는 산란 시간이 늦었다. 또한 인공종묘생산에서 maroon clownfish의 산란은 일반적으로 오후 일찍 일어나고, sebae clownfish는 16시에서 18시, tomato clownfish는 오후 늦게 산란하며 percula clownfish는 저녁에 산란한다(Wilkerson, 1998). 이와 같이 흰동가리류의 산란은 어미의 크기, 수온, 산란 횟수 등에 의해 변동이 되지만 일반적으로 산란은 오후에 일어나는 것으로 판단된다.

흰동가리류를 부화시키는데 있어서 어미가 알을 포식하거나 보통 야간에 부화함에 따라 관리가 불편하기 때문에 효율적이고 간편한 부화기에 대해 필요성이 높다. Hoff (1996)의 aeration법은 간편하게 만들 수는 있으나 어미가 알을 관리하는 정도의 수류를 자유자재로 만들어 줄 수가 없어 자체적으로 부화기를 개발하게 되었다. 자체개발한 부화기는 순환펌프를 이용하여 수면 위에서 해수를 일정하게 공급해 줄 수 있고 또한 해수의 량도 자유자재로 조절해 줄 수 있기 때문에 어미가 관리하는 것과 비

슷한 효과를 낼 수가 있었다.

maroon clownfish의 수정란은 타원형이고 난경이 장경 1.95-2.01 mm이며 부착사에 의하여 산란기질에 부착하는 침성부착란이다. 이는 Suzuki와 Takamatsu (1989)가 보고한 이 종의 난경이 장경 1.86-1.98 mm라고 한 것과 거의 비슷한 결과였다. 그리고 흰동가리류인 tomato clownfish 2.6-2.9 mm, percula clownfish 2.2-2.4 mm, saddleback clownfish 2.2-2.4 mm 보다는 조금 작았고, orange skunk clownfish 2.0-2.2 mm, pink skunk clownfish 2.0-2.1 mm와는 크기가 비슷하였다. 그리고 maroon clownfish의 수정란 장경은 침성부착란을 가지는 다른 해산어류 중에서 수정란의 크기가 꼼치, *Liparis tanakai* 1.68-1.78 mm (Kim et al., 1986)와 두줄망둑, *Tridentiger trigonocephalus* 1.40-1.58 mm (Kim and Han, 1990), 모치망둑, *Mugilogobius abei* 0.93-0.96 mm (Kim and Han, 1991), 흰점돔가시치, *Siganus canaliculatus* 0.55-0.62 mm (Hwang, 1999), 연무자리돔, *Chromis fumea* 0.73-0.88 mm (Kim et al., 2001)보다는 크고, 딱지, *Aptocyclus ventricosus* 2.28-2.36 mm (Kim et al., 1987)와 미끈날망둑, *Chaenogobius laevis* 3.40-4.04 mm (Kim and Han, 1989), 미끈망둑, *Luciogobius guttatus* 2.71-2.80 mm (Kim et al., 1992), 쥐노래미, *Hexagrammos otakii* 2.00-2.15 mm (Kim et al., 1993) 보다는 작았다.

흰동가리류의 산란 직후 알 색깔은 종에 따라 차이가 있는데 saddleback clownfish는 선홍색, tomato clownfish는 붉은색, percula clownfish는 노란색, pink skunk clownfish는 핑크색 그리고 sebae clownfish는 주황색 또는 노란색이다(Yoon et al., 2005). maroon clownfish의 산란 직후 알 색깔은 진홍색(Wilkerson, 1998)으로 이전 연구와 동일하였다. 알 색깔은 동일종이라 하더라도 어미의 영양 상태에 따라 달라지는데 영양상태가 안 좋을수록 알 색은 연하게 나타나고 영양상태가 좋을수록 알 색깔이 진하다(Wilkerson, 1998). 또한 알 색깔은 발생이 진행될수록 변한다(Hoff, 1996; Wilkerson, 1998; Yoon et al., 2005). 이처럼 난 발생단계에 따른 색깔의 변화는 가재, *Austropotamobius pallipes*에 있어서 발생단계를 구분할 수 있는 기준으로 이용된다(Woodlock and Reynolds, 1988). 이 연구에서도 산란 직후 진홍색이었다가 점차 알 색깔이 진해지면서 산란 후 3일째에는 검붉은 색이 되었다. 그리고 부화 직전에는 눈이 은백색으로 반짝거리는 것이 확인되어 부화시기를 예측할 수가 있었다.

maroon clownfish 부화에 소요된 시간은 수온 27.0±0.5°C에서 120~150시간이 걸렸다. 이는 이전의 연구에서 사육수온 26.6-29.5°C일 때 최초 부화에 소요된 시간이 152시간 30분 이었던 것보다 30여 시간이 빠른 결과였다(Suzuki and Takamatsu, 1989). 수온 26.0-28.0°C일 때 흰동가리류가 수정된 후 부화하는데 까지 걸리는 시간이 maroon clownfish와 sebae clownfish는 6일, *A. akallopisos*와 saddleback clownfish는 7일, red saddleback clownfish, *A. ephippium*과 percula clownfish는 8일 그리고 tomato clownfish와 red and black clownfish, *A. melanopus*는

9일 정도가 소요된다(Hoff, 1996). 그리고 이전 연구에서는 최초 부화 후 1시간 이내에 전 자어의 부화가 완료된 반면에(Suzuki and Takamatsu, 1989) 이 연구에서는 30 시간 정도의 시간이 소요되었다. 또한 일부 개체에서 난막을 완전하게 제거하지 못하고 산란기질에서 떨어진 경우가 있었는데 난막을 인위적으로 제거해 주면 정상적으로 유영하였다.

maroon clownfish의 난발생 중 흑색소포의 출현 시기는 수정 후 32시간 20분이 경과한 후이고 출현한 위치는 난황 윗부분이었다. 이전 연구에서는 수정된 후 27시간이 지나서 안구 후방과 난황 위에 흑색소포가 출현했다고 하였는데(Suzuki and Takamatsu, 1989) 이보다 5시간 정도 늦게 출현하였다. 그리고 percula clownfish는 수정 후 28시간, saddleback clownfish 수정 후 35시간, pink skunk clownfish 수정 후 30시간, orange skunk clownfish는 수정 후 78시간이 지나서 흑색소포가 최초로 발견되었는데(Suzuki and Takamatsu, 1989), maroon clownfish는 percula clownfish 보다는 늦게 발견되었고 saddleback clownfish와 pink skunk clownfish와는 비슷하게 발견되었다. 그리고 orange skunk clownfish 보다는 46시간 정도 빨리 출현하였다.

부화 직후 maroon clownfish의 자어 전장은 3.1-3.4 mm로 이 종의 부화 직후 자어 전장이 3.7-4.2 mm라는 연구(Suzuki and Takamatsu, 1989)에 비해서는 약 0.6-0.8 mm 정도 작았다. 그리고 tomato clownfish 4.2-4.5 mm, percula clownfish 4.4-4.7 mm, Saddleback clownfish 4.2 mm, orange skunk clownfish 3.7-3.9 mm 보다는 작았고 pink skunk clownfish 3.2 mm와 비슷한 크기였다.

부화 후 12일째 maroon clownfish의 치어(전장 6.2-7.6 mm)는 떼를 지어 유영하는 것이 확인되었는데, 부화 후 9일째 치어(전장 5.6-6.4 mm)에서 상호간에 군집성을 보이기 시작하여 부화 후 18일이 경과하여 전장 7.9-10.5 mm가 되었을 때 군집성이 나타났다는 연구(Suzuki and Takamatsu, 1989)와 비슷한 경향을 보였다. 그리고 percula clownfish는 부화 후 10일이 경과되어 전장이 6.0-8.5 mm가 되어 초기 치어기에 들어갔을 때 군집성을 보이며 saddleback clownfish는 부화 15-20일 후(전장 11.5-14.3 mm)에 저층에서 중층으로 군집 유영한다. 그리고 orange skunk clownfish는 부화 10일 후 전장 6.6-7.7 mm가 되었을 때 수조 벽면에 무리를 짓는다(Suzuki and Takamatsu, 1989). 이처럼 초기치어기에 군집성을 보이는 것은 흰동가리류의 일반적인 특징으로 여겨진다.

부화 후 15일이 경과한 후 maroon clownfish가 전장 7.4-9.0 mm로 성장했을 때 3개의 백색 가로띠가 모두 출현하였다. 이는 부화 후 15-20일이 경과한 후에 전장 8.7 mm의 개체에서 3번째 백색 가로띠가 출현했던 결과와 비슷하였다(Suzuki and Takamatsu, 1989). 이 시기가 지나면 maroon clownfish 치어에서 폐사 개체가 거의 나타나지 않았다.

부화 후 45일이 된 maroon clownfish 치어가 전장 13.6-19.4 mm 정도로 성장한 후부터는 서로 머리를 맞대고 싸우는 개체들이 생겨났다. 이는 영역확보에 민감한 clownfish 종의 특징으로

maroon clownfish의 경우 말미잘류인 *Entacmaea quadricolor*에 1쌍 만이 서식하며 다른 개체의 접근을 허용하지 않는다. 또한 clownfish는 수컷보다 암컷이 영역확보에 더욱 민감하여 다른 어류에 대해 매우 공격적이다(Srinivasan et al., 1999). 그리고 다른 연구에서도 부화 후 40-60일이 지난 maroon clownfish 치어가 전장 11.0-17.0 mm 정도로 성장한 때부터 수조 전체에 흩어져 유영하고 치어 상호간에 1:1 투쟁이 시작되었고, tomato clownfish는 부화 후 20일이 경과(전장 8.5-9.2 mm)된 후 저서 생활을 하면서 치어 상호간에 입으로 충돌하기 시작하였다. 그러나 orange skunk clownfish는 부화 후 170일이 경과하여 전장이 40 mm에 달하여도 개체 간에 충돌이 일어나지 않았다(Suzuki and Takamatsu, 1989).

부화 후 50일이 지난 후에도 가운데 백색 가로띠가 기형인 치어들이 4회째 부화부터 7회째 부화까지 평균 35.9% 나타났다. 특히 7회째 부화되어 성장한 치어인 경우에 한 면만 기형인 개체가 4회부터 6회까지 부화하여 성장한 치어들 보다 11.0% 정도 많이 출현하였다. 7회째 부화된 치어인 경우 기형 개체가 43.0%를 차지하여 거의 반 수 가까이 비정상적인 가로띠를 가진 개체였다. clownfish의 가로띠 기형은 변태의 지연이나 수질 악화에 의해서 생기며, 변태기간이 긴 sebae clownfish 종묘생산 시 자주 발생한다(Hoff, 1996). 이 연구에서 종묘생산된 maroon clownfish 치어에 나타난 체색기형은 변태지연이나 영양문제인 것으로 추측되며 정확한 원인을 밝히기 위해서는 지속적인 연구가 요구된다.

요 약

해수관상어의 한 종인 maroon clownfish, *Premnas biaculeatus*의 안정적인 종묘생산기술개발의 일환으로 자연산란 후 난 발생과 초기생활사를 구명하였다. 짝짓기 및 산란 후 수컷과 암컷은 가슴지느러미와 입을 이용하여 알 관리를 하였으며, 주로 수컷이 하였다. 수정란은 진홍색을 띤 분리 침성부착란으로, 장경 1.95-2.01 mm (1.99±0.03 mm), 단경 0.83-0.91 mm (0.88±0.03 mm)의 타원형이었다. 수온 27.0±0.5°C 조건하에서 수정 1시간 10분경과 후에 최초 난황이 시작되어 2세포기가 되었다. 수정 후 23시간 40분에는 배체가 형성되었고, 부화는 120-150시간 사이에 이루어졌다. 부화 직후의 자어는 전장 3.10-3.44 mm (평균 3.22±0.07 mm)로 타원형의 적갈색 난황(평균 장경 0.58±0.08 mm, 평균 단경 0.46±0.04 mm)을 복부 전방부에 가지고 있었으며, 근절 수는 9+17=26개이고 입과 항문은 열려있었다. 부화 후 10일째 치어는 전장 5.64-6.89 mm (평균 6.21±0.69 mm)로 성장하였고, 등지느러미 28개, 뒷지느러미 17개, 꼬리지느러미에 28개의 기조수를 보였다. 부화 후 19일째 치어의 전장은 8.32-10.98 mm (평균 9.34±1.11 mm)이었고, 3개의 백색 가로띠가 주황색 몸체에 생기기 시작했다.

참고문헌

- Blumer, L. S., 1982. A bibliography and categorization of bony fishes exhibiting parental care. Zool. J. Linn. Soc., 76, 1–22.
- Fautin, D. G. and G. R. Allen, 1992. Anemone fishes and their host sea anemones. West. Aust. Mus., Sydney, 160 pp.
- Goulet, D., 1997. Reproductive behaviour and spawning success of female *Amblyglyphidodon leucogaster* (Pisces: Pomacentridae) from the Red Sea. Env. Biol. Fish., 21, 309–313.
- Hoff, F. H., 1996. Conditioning, spawning and rearing of fish with emphasis on marine clownfish. Aquaculture Consultants Inc., Florida, 212 pp.
- Hwang, H. K., 1999. Biological studies on aquaculture of the Rabbitfish, *Siganus canaliculatus* (Park). Ph.D. Thesis, Cheju Nat'l Univ., pp. 42–68. (in Korean)
- Karino, K., 1995. Male-male competition and female choice through courtship display in a territorial damselfish, *Stegastes nigricans*. Ethology, 100, 126–138.
- Kim, Y. U. and K. H. Han, 1989. Egg development, larvae and juveniles of *Chaenogobius laevis* (Steindachner). Bull. Kor. Fish. Soc., 22(5), 317–331. (in Korean)
- Kim, Y. U. and K. H. Han, 1990. Early life history and spawning behavior of the gobiid fish, *Tridentiger trignocephalus* reared in the laboratory. Kor. J. Ichthyol., 2(1), 53–62. (in Korean)
- 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. Kor. J. Ichthyol., 3(1), 1–13. (in Korean)
- Kim, Y. U., K. H. Han and J. W. Park, 2001. Male parental care, egg and larval development of the smoky damselfish, *Chromis fumea*. Kor. J. Ichthyol., 13, 166–172. (in Korean)
- Kim, Y. U., K. H. Han and B.H. Kim, 1993. The embryonic and larval development of the greenling, *Hexagrammos otakii* Jordan et Starks. Kor. J. Ichthyol., 5(2), 151–159. (in Korean)
- Kim, Y. U., K. H. Han, C. B. Kang and J. W. Ryu, 1992. Early life history and spawning behavior of the gobiid fish, *Luciogobius guttatus* Gill. Kor. J. Ichthyol., 4(1), 1–13. (in Korean)
- Kim, Y. U., Y. S. Park and G. M. Jung, 1987. Development of eggs, larvae and juveniles of smooth lump sucker, *Aptocyclus ventricosus* (Pallas). Bull. Kor. Fish. Soc., 20(2), 157–165. (in Korean)
- Kim, Y. U., Y. S. Park and G. M. Jung, 1986. Egg development and larvae of the snailfish, *Liparis tanakai* (Gilbert et Bürke). J. Kor. Fish. Soc., 19(4), 380–386. (in Korean)
- Moyer, J. T. and L. J. Bell., 1976. Reproductive behavior of the anemonefish *Amphiprion clarkii* at Miyake-Jima, Japan. Jap. J. Ichthyol., 23(1), 23–32.
- Moyer, J. T. and R. C. Steene, 1978. Nesting behavior of the anemonefish *Amphiprion polymnus*. Jap. J. Ichthyol., 26(2), 209–214.
- Moyer, T. M. and C. E. Sawyers, 1972. Territorial behavior of the anemonefish *Amphiprion xanthurus* with notes on the life history. Jap. J. Ichthyol., 20(2), 85–93.
- Srinivasan, M., G. P. Jones, and M. J. Caley, 1999. Experimental evaluation of the roles of habitat selection and interspecific competition in determining patterns of host use by two anemonefishes. Mar. Ecol. Prog. Ser., 186, 283–292.
- Stratton, J. D., 2000. Clownfishes (Anemonefishes): Care, Feeding and Breeding Identifying the Clownfish Species Clownfishes and Anemones. T. F. H. Publications Inc. Neptune, 64 pp.
- Suzuki, K. and S. Takamatsu, 1989. Saltwater fishes reproduction. Midori Shobo, Tokyo, pp. 32–71. (in Japanese)
- Woodlock, B. and J. D. Reynolds, 1998. Laboratory breeding studies of freshwater crayfish, *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet). Freshwater Biol., 19, 71–78.
- Wilkerson, J. D., 1998. Clownfishes. T. F. H. Publications, Inc., 240 pp.
- Yoon, Y. S., 2004. Studies on spawning and larval culture of saddleback clownfish, *Amphiprion polymnus*. M.S. Thesis, Cheju Nat'l Univ., 43 pp. (in Korean)
- Yoon, Y. S., S. Rho, Y. U. Choi, J. S. Kim and Y. D. Lee, 2005. Studies on seed production of saddleback clownfish, *Amphiprion polymnus*. 1) Spawning, egg development and larval culture. J. Aquacult., 18(2), 107–114. (in Korean)
- Yu, J. M. and S. M. Lee, 1995. Marine Fishes around Cheju Island. Jeju-do, Office of Education, Jeju, 248 pp.

원고접수 : 2006년 12월 18일

수정본 수리 : 2007년 4월 23일