

Cinnamon Clownfish *Amphiprion melanopus*의 산란 주기, 산란 행동 및 Clownfish류의 부화장치 개발

노경언¹ · 노섬² · 신상옥² · 장영진^{1,*}

¹부경대학교 대학원 수산생물학과, ²한국해수관상어센터

Spawning Periodicity and Behavior of *Amphiprion melanopus* and Development of Mass Hatching System for Clownfishes

Gyeong Eon Noh¹, Sum Rho², Sang Ok Shin² and Young Jin Chang^{1,*}

¹Dept. of Fisheries Biology, Graduate School, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

²Corea, Center of Ornamental Reefs and Aquariums, Jeju 690-974, Korea

ABSTRACT : The marine ornamental industry has become a multi-billion dollar industry these days. As developing, however, this industry has been criticized for the indiscriminate captures and the destruction of the surrounding environment. To circumvent these problems, it is suggested to breed the organisms artificially. While clownfishes *Amphiprion* sp. and *Premnas* sp. are the most famous ornamental organisms in the trade, few studies are yet available on the culture and commercial production of these fishes. These studies were performed to investigate the spawning periodicity, behavior and the habits during egg incubation, and to provide the information on the mass hatching system. The spawning periodicity and frequency were different in 4 pairs under the constant condition, temperature, salinity and photoperiod. On the contrary, the male's behaviors for egg incubation are almost same in the all. The egg-fanning activity of the male increased as the developing eggs reaching to the hatching day. Based on the above results, we designed a new artificial hatching system, the rotating type (RT), and compared it with the aeration type (AT) and spray type (ST) that were previously described. RT showed higher hatching rate of 87.3% than AT (74.4%) and ST (60.5%). Also, there were no significant differences in the hatching rate regardless of the number (2, 3, 5) of hatching plates. We suggest RT may accommodate various number of hatching plates and constitute a better hatching system for clownfishes.

Key words : Clownfishes, *Amphiprion* sp., *Premnas* sp., Ornamental fish, Spawning periodicity, Incubation, Hatching system.

요 약 : 본 연구는 *Amphiprion melanopus*의 산란 주기·행동 및 산란 후 습성을 조사하고 이를 기반으로 부화장치를 제안하고자 하였다. 연중 수온, 염분 및 광주기가 일정한 인공적인 환경에서 사육된 4쌍의 어미들은 산란주기 및 횡수가 각각 다르게 나타났다. 반면, 수정 후 알 관리는 수컷에 의해서 주로 관리가 되었다. 부화일이 가까워질수록 수컷의 egg-fanning 횡수가 증가하였고, 특히, 부화 직전에 더욱 격렬한 행동을 나타냈다. 이러한 정보를 기반으로 에어레이션형, 스프레이형, 회전 수류형 등 3종의 부화장치에 대한 clownfish류 4종의 부화율을 조사한 결과, 회전 수류형 시스템의 부화율이 87.3%로 스프레이형(74.4%)과 에어레이션형(60.5%)보다 높았다. 그리고 회전수류형에서 부화판 개수별(2, 3, 5개)에 따른 부화율은 서로 차이가 없었다. 그러므로 부화자어의 사육 크기를 고려하여 수조 크기를 결정하면 많은 개수의 부화판을 넣어 대량으로 부화시킬 수 있을 것이다.

서 론

최근에 와서 핵가족화, 독신주의, 노령인구, 고소득 전문
직종의 증가와 함께 사회 구조의 급속하게 변화하게 됨에 따

* 교신저자: 부산광역시 남구 용소로 45 부경대학교 대학원 수산생물
학과. (우) 608-737, (전) 051-629-5915, E-mail: yjchang@pknu.ac.kr

라 여가활용을 하는 인구가 증가하게 되었고 그 대표적인 사례는 애완동물 산업의 발전이다. 그 중 관상어 산업의 가치는 전 세계적으로 150억 달러 규모로 꾸준히 성장 중이다. 관상어 산업은 담수 관상어 산업과 해수 관상어 산업으로 구분된다(Prang, 2007; Wittington & Chong, 2007). 1,500~1,600 관상어종이 거래되고 있으며, 이 중 절반이 해수 관상어종이다(Olivier, 2003; Wittington & Chong, 2007). 해수 관상어 산업에는 두 가지 특징이 있다. 우선 규모적인 측면에서 보면, 해수 관상어 시장은 전체 관상어시장의 10% 밖에 차지하지 않는다. 그러나 가치적인 측면에서는 담수 관상어 산업보다 더 높은 비율을 차지하고 있으며, 특히 최근에 그 성장이 두드러지고 있다(Olivier, 2001, 2003; Livengood & Chapman, 2007; Wittington & Chong, 2007). 담수관상어종은 대부분이 인공번식된 것인 반면, 해수 관상어는 99%가 자연에서 직접 채집된다. 해수 관상어 시장규모가 성장하면서 따라 동남아시아 및 일부 수출국에서 폭발물, NaCN, muro-ami와 kayakas fishing과 같은 불법포획의 결과, 산호와 산호초를 파괴하고 관련 없는 어종에까지 피해를 주는 등 주변 생태계에 미치는 영향으로 비판을 받고 있다. 최근 이러한 문제들의 해결책으로서 일반 식용어에서 이용되는 양식기술을 해수 관상어종에 적용시키고자 하는 인공번식 해수 관상어 기술 개발이 제안되고 있다. 이미 미국에서는 1980년도부터 기술개발을 시작하였고, 이외에도 유럽, 아시아를 중심으로 연구가 진행 중에 있다(Wabnitz et al., 2003).

영화 ‘니모를 찾아서’(2003)로 알려진 clownfish류는 대표적인 해수 관상어류로서 농어목(Perciformes) 자리돔과(Pomacentridae)에 속하며, 27종의 *Amphiprion* 속(genus)과 1종의 *Premnas* 속(genus)으로 구분된다. 동남아시아에서 아프리카 동부 해안까지 아열대와 열대지역의 산호초 해역에 서식하고 있고, 국내에도 흰동가리로 알려져 있는 *Amphiprion clarkii* 한 종만이 제주도 문섬 근처에서 서식하는 것으로 알려졌다(Yu & Lee, 1995).

자연에서 clownfish류의 산란빈도와 주기는 위도에 따라 다르게 나타난다. 같은 종이라도 열대 지역에서 서식하는 개체는 연중 산란하지만, 온대지역의 개체는 여름시기에만 산란을 한다. 그리고 열대지역에서 서식하는 개체의 산란주기는 음력주기와 밀접한 관계가 있는 반면, 온대지역의 개체는 그 관련성이 낮다. 수조 환경에서 사육된 clownfish류의 번식주기를 제어하는 환경신호는 거의 알려져 있지 않다. 수

조 환경에서 clownfish류는 연중 산란하기 때문에 산란주기와 음력주기와 관련성도 없다. 수조환경의 *A. akallopis*의 경우, 봄과 여름에 산란횟수가 증가하기 때문에 수온보다는 광주기의 영향을 더 받는 것으로 추측된다(Gordon & Bok, 2001).

Clownfish류는 종에 따라서 2~5개체가 하나의 가계(family)를 형성하며, 암컷이 수컷보다 비교적 크고 첫 번째 서열에 위치한다. 그리고 수컷이 2번째 서열이 되고, 나머지 개체는 미성숙어로 존재한다. Clownfish류는 응성선속형 자웅동체로서 한 가계의 암컷이 죽거나 사라지게 되면, 수컷이 암컷으로 성전환을 하고, 나머지 미성숙어 중 가장 큰 개체가 수컷이 된다. 산란은 주로 말미잘 근처의 평평한 암초나 대형 조가비와 같이 딱딱한 기질에서 진행되며, 수정란은 주로 수컷이 관리한다. 알 관리 시기에는 암·수컷 모두 강한 공격성을 보이며 알을 지키는 습성을 갖는다. 이러한 생리·생태학적 특성은 거의 모든 clownfish류에서 나타난다.

본 연구에서는 장기간 환경에서 사육된 *A. melanopus*의 산란 빈도 및 주기와 산란 행동을 조사함으로써, 자연에서 서식한 개체와 비교하고, 부화장치 개발의 기초자료로 이용하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험어와 사육조건

실험어는 2005년 12월에 인도네시아 발리에서 채집된 자연산 *A. melanopus* 성어 4쌍(실험구 A, B, C, D, Table 1)으로서 제주도 한국해수관상어센터(CCOR)에서 사육되었다. 장기간 사육을 위하여 순환여과장치(700×150 mm, 5 ton)를 설치하였고, 여과장치는 포말분리, 물리적 및 생물학적 여과로 구성되어 있다. 각 어미는 여과시스템에서 6개월 간 순치 후 2006년 5월 12일부터 관찰하였으며, 실험기간 동안의 사육 수온, 염분 및 광주기는 각각 27.0±0.9°C, 31.5±1.0 psu, 14L:10D였다. 각 수조에는 어미의 알 부착 및 수정란이 부화하는 부화판(hatching plate)을 두었다. 부화판은 직사각형 건축용 타일(15 cm×15 cm) 한 장을 15 cm PVC pipe(20 mm)의 1/3 지점에 45°로 고정시킨 것으로서, 산란 유무를 확인하기 위하여 부화판의 앞·뒷면이 관찰자에게 보이도록 배치하였다. 배합사료(BioMarine, France)는 매일 두 차례(8

Table 1. Four pairs of *Amphiprion melanopus* for the checking of frequency and periodicity in spawning

Pair	Total length (mm)		Spawning experience
	Male	Female	
A	65	98	Yes
B	59	110	Yes
C	67	103	Yes
D	65	104	Yes

시, 17시) 공급하였으며, 12시에는 시중에서 판매되는 날치 알을 공급하였다. 먹이 공급할 때마다 산란 유무를 조사하여 기록하였다.

2. 산란횟수와 주기

2006년 5월 12일부터 2010년 12월 31일(총 1,675일)까지 산란일을 기록하여 총 산란횟수, 연간 평균 산란횟수, 월간 최대·최소 산란횟수를 조사하였다.

3. 어미의 산란행동 및 알 관리

어미의 산란은 2007년 6월부터 7월까지 평균 11.8 ± 1.9 일 간격으로 산란하여서 다가을 산란일을 예측하였다. 산란 직후부터 산란 종료 시점까지 캠코더(HDR-SR10, SONY, Japan)로 어미의 행동을 녹화하여 산란행동을 분석하였다, 알 관리 행동조사를 위한 실험어는 산란주기 실험에서 어미 A의 수컷을 이용하였다. 수정한 다음날부터 부화일까지 오전 10시부터 5분간 egg-fanning(가슴, 꼬리지느러미 및 몸을 5~10회 흔들며 수류를 일으키는 행동)의 횟수를 기록하였고, 5회 실시하였다(Ross, 1978).

4. 대량 부화 시스템 개발

1) 부화 시스템별 부화율

부화를 조사는 제주도 한국해수관상어센터에서 사육 중인 4종의 어미(*A. melanopus*, *A. ocellaris*, *A. polymnus*, *P. biaculeatus*)의 산란을 확인하고, 산란 후 1시간 후에 디지털 카메라(D300, Nikon, Japan)를 최대비율로 설정하여 근접 촬영하였다. 초기 수정란의 숫자(A)는 사진 편집 프로그램인 photoshop을 이용하여 기록하였다. 부화당일에는 부화판을 부화장치로 옮기기 2시간 전에 알 관리기간 동안 탈락된 알

의 숫자(B)를 위와 동일한 방법으로 기록하였다. 그리고 소등 후 2시간에 다시 점등하여 미부화한 알의 숫자(C)를 기록하였다. 부화율은 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{부화율(\%)}: (A - B - C)/(A) \times 100$$

수온 및 염분은 각각 $27.0 \pm 0.9^\circ\text{C}$, 31.5 ± 1.0 psu로 설정하였고 부화장치별로 3반복 실험을 실시하였다.

(1) 에어레이션형(Aeration Type, AT)

Fig. 1과 같이 에어스톤(지름 1 cm, 길이 10 cm)을 부화판 아래에 설치하여 공기방울이 직접 알에 부딪치면서 계속 알들이 흔들리도록 하였다.

(2) 스프레이형(Spray Type, ST)

스프레이형(Fig. 1)은 2층으로 된 부화장치이다. 1층 부화조에 부화판이 들어가며, 1층에 설치한 10 W 소형 펌프에 의해 물이 2층으로 올려 보내진다. 이 펌프에는 부화된 유생이 펌프에 흡입되지 않도록 표면적이 넓은 그물망을 펌프의 유입구에 설치하였다. 1층에서 올라온 물이 저수조로 이동하면 40 μm 의 여과망(F1)을 통과하여 저수조로 들어가고, 다시 페트병(Pb)에 연결된 호스(지름 5 mm, Ph)를 통하여 수정란으로 향한다. 저수조에는 수위조절 장치(C)를 설치하여 일정한 수위까지 물이 차게 되면 펌프(P)를 멈추도록 하였다.

(3) 회전수류형(Rotating Type, RT)

회전수류형(Fig. 1)은 2층으로 된 시스템이다. 1층의 저수조의 물은 20 W 펌프를 통해 2층의 부화조로 올려 보내는데, 이때 물이 웨이브머신(WavySea, SMTEK, Korea)을 통과하면서 부화판의 수정란을 흔들게 하는 방법이다. 이 웨이브머신은 각도를 지정할 수 있어서 특정 지점을 반복적으로 왕복할 수 있다. 본 실험에서는 알이 수류의 영향을 받는 시간과 왕복시간을 각각 5초, 20초로 설정하였다.

수정란의 어미는 CCORA에서 사육 중인 *A. melanopus*, *A. ocellaris*, *A. polymnus*, *Premnas bia-culeatus*로 3회 이상 산란한 경험이 있고, 정상적인 부화를 했다. 부화판 이동은 부화 2시간 전에 어미수조에 있는 부화판을 최대한 공기 노출이 되지 않도록 빠른 시간에 부화장치로 옮겼고, 수온과 염

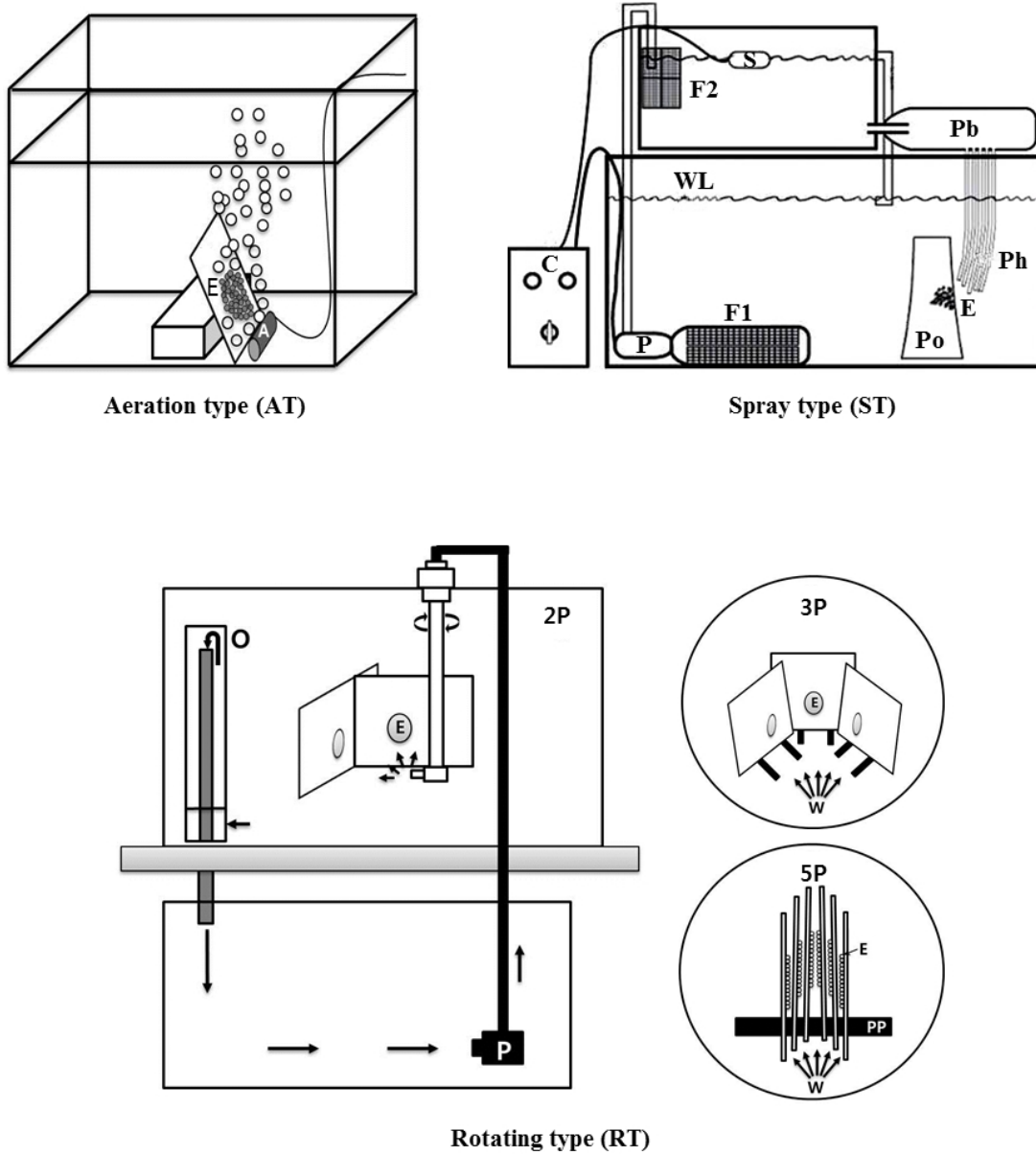


Fig. 1. Diagrams showing three types of system developed for the hatching of clownfishes. A: air stone; C: water level controller; E: eggs; F1&2: filter; O: over flow; P: pump; Pb: plastic bottle; Ph: plastic horse; Po: Pot; PP: PVC pipe; S: water level sensor; WL: water level.

분은 각각 $27.0 \pm 0.9^\circ\text{C}$, 31.5 ± 1.0 psu로 어미수조와 동일하게 해주었다. 처음 알 수는 어미의 수정이 끝난 2시간 후에 부화 판을 물 표면에 가까이 이동시킨 후, 디지털 카메라(D300,

Nikon, Japan)로 근접 촬영하여 모니터에서 사진으로 3회 반복 계수하였다. 미부화란은 사란수와 탈락한 알을 포함한 것으로서 부화당일 처음 알의 계수 방법과 동일하다.

2) 회전수류형 부화장치의 부화판 개수에 따른 부화율

다음과 같이 세 그룹으로 나누어 조사하였다. RT2: 부화판이 2개일 경우, RT3: 부화판이 3개일 경우, RT5: 부화판이 5개일 경우로 구분하여 부화율을 조사하였다(Fig. 1). RT3와 RT5의 경우, 4종의 clownfish 중에서 부화 날짜가 일치하는 수정란을 이용하였다(Table 2).

5. 통계분석

실험결과의 자료값은 mean±S.E.로 나타내었다. SPSS(ver. 17)를 이용하여 비모수적인 방법인 Kruskal-Wallis test를 실시하였고, Tukey test using ranks로 유의차 유무를 검정하였다(P<0.05).

Table 2. Clownfishes groups used for the test of hatching rate according to the hatching late number in the rotating type of hatching system

Group	Species
RT2-I	<i>P. biaculeatus</i> -L, <i>A. melanopus</i> -R
RT2-II	<i>A. melanopus</i> -L/R
RT2-III	<i>A. melanopus</i> -L/R
RT3-I	<i>P. biaculeatus</i> -M, <i>A. melanopus</i> -L/R
RT3-II	<i>A. melanopus</i> -M, <i>A. ocellaris</i> -L/R
RT3-III	<i>A. melanopus</i> -M, <i>A. ocellaris</i> -L/R
RT5-I	<i>A. melanopus</i> -1, <i>A. ocellaris</i> -2, <i>P. biaculeatus</i> -3, 4, 5
RT5-II	<i>A. melanopus</i> -1, <i>A. polymnus</i> -2, <i>P. biaculeatus</i> -3, 4, 5
RT5-III	<i>A. melanopus</i> -1, 2, <i>P. biaculeatus</i> -3, 4, 5

P: hatching plate; L (left), M (middle) and R (right) mean the arrangement of the plate; The number of scientific name is a sequence to fix in the PVC pipe.

결 과

1. 산란횟수

각각 암수 한쌍씩인 A, B, C, D의 첫 산란은 Table 3에서 보는 바와 같이 2006년 6월부터 9월 사이에 일어났다. 1,675일 동안의 실험기간 중 A의 산란횟수는 127회로 가장 많았으며, B는 103회, C는 38회 그리고 D는 77회였다. A, B, C, D의 연평균 산란횟수는 각각 25.4±9.1, 20.6±7.3, 12.6±6.1, 15.4±6.4회였고, 월평균 산란횟수는 각각 2.3±1.0, 1.9±0.9, 1.4±0.9, 1.5±0.7회로 A가 가장 많았다. 월간 최대 산란횟수는 A, B, D가 4회, C가 3회였으며, 월간 최소 산란횟수는 모두 0회였다.

A는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 2006년 12월부터 2007년 5월까지 6개월 동안 산란을 하지 않았지만 2007년 6월 이후로 실험 종료시점인 2010년 12월까지 계속 산란하였다. B는 2006년 6월을 시작으로 2010년 4월까지 산란을 하였고 4개월간의 산란 휴식기를 가진 후 다시 산란을 하였다. C는 2006년 7월에 첫 산란을 시작했지만 8월과 9월에 산란을 하지 않았다. 그리고 2006년 10월부터 2008년 9월까지 다시 산란을 시작하였으나 2008년 10월에 암컷이 자연 폐사하였다. D는 2006년 9월을 첫 산란으로 2010년 12월까지 간헐적으로 산란 휴식기를 가졌다. 모든 어미는 2007년 6월부터 10월까지 연속적으로 산란을 하였으며, 암컷이 폐사한 실험구 C를 제외하면, 2009년 1월부터 2010년 4월까지 휴식기가 없었다. 이후 B는 2010년 5월부터 8월까지 휴식기를 가졌지만 실험구 A와 D는 2010년 12월까지 산란을 하였다.

2. 산란행동과 알 관리

산란 전 행동으로서 부화판 주위를 청소하였다. 특히, 주

Table 3. Spawning records of 4 pairs of *Amphiprion melanopus* for 1,675 days from May 12, 2006 to December 31, 2010

Pair	A	B	C	D
First spawning	Jun. 7, 2006	Jun. 11, 2006	Jul. 5, 2006	Sep. 6, 2006
Spawning frequency	127	103	38	77
Year ⁻¹ (mean±S.D.)	2.3±1.0	1.9±0.9	1.4±0.9	1.5±0.7
Month ⁻¹ (mean±S.D.)	25.4±9.1	20.6±7.3	12.6±6.1	15.4±6.4
Max month ⁻¹	4	4	3	3
Min month ⁻¹	0	0	0	0

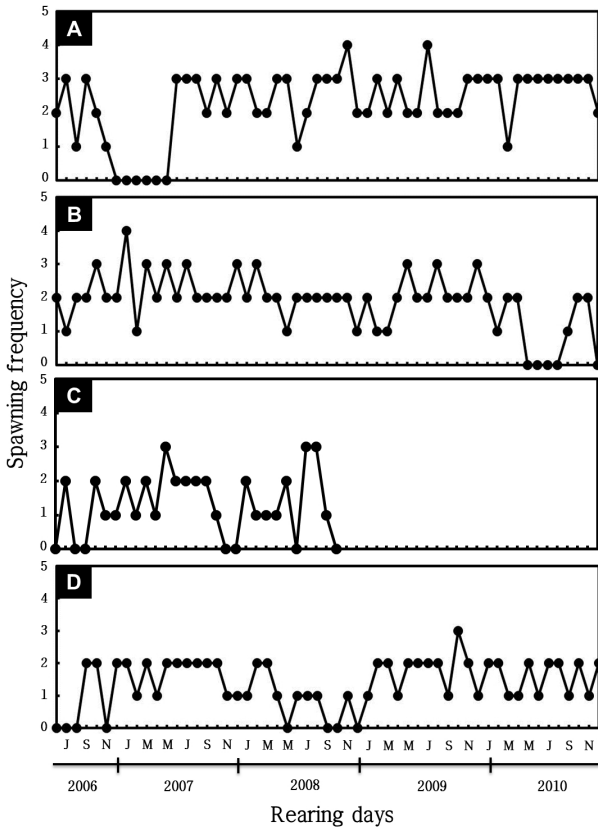


Fig. 2. Spawning cycles of 4 groups *Amphiprion melanopus* for 1,675 days from May 12, 2006 to December 31, 2010.

변 바닥에 있던 대부분의 산호사를 몸 전체를 흔들거나 입으로 옮겨 거의 수조바닥이 들어날 때까지 청소를 하였다. 이러한 행동은 산란 4~6일 전부터 관찰되었다. 산란일이 가까워지면서 그 횟수가 증가하였고 특히 산란 당일 오전에는 부화판에 있는 이물질들을 입과 몸을 이용해서 적극적으로 청소하였다. 본격적인 산란에 앞서 암수 모두 2~3 mm 정도의 산란관이 항문에서 돌출되어 있었다. 암컷이 5~10 mm 앞으로 서서히 전진하면서 산란관으로부터 점액질을 부화판에 분비한 후 바로 입으로 점착시키는 행동을 보였으며, 이 때 수컷도 입으로 점착시키는 행동을 하였다. 점액질 점착행동은 10~15분이 소요되었다. 이후 바로 암컷이 일직선으로 4개의 알을 붙이고 다시 역방향으로 8개의 알을 부착시켰다. 암컷은 원을 그리면서 일정수의 알을 부화판에 붙였고 수컷이 그 뒤를 따라서 알에 수정을 하였다. 산란 및 수정은 50~60 분이 소요되었다(Figs. 3, 4).

산란 후 알들은 주로 수컷에 의해서 관리되었고, 암컷은 부

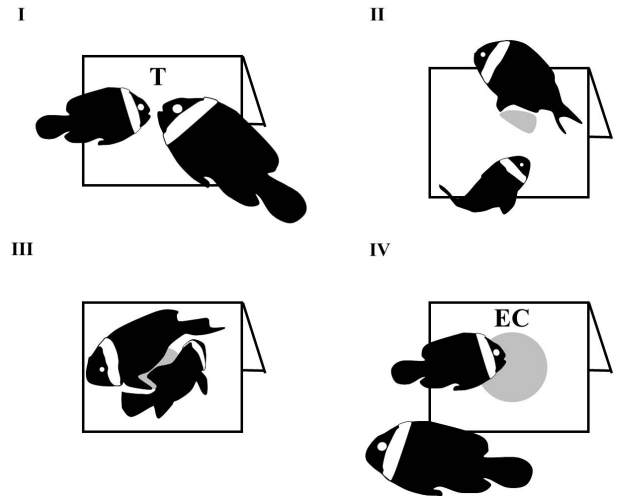


Fig. 3. Spawning behaviors of *Amphiprion melanopus*. I: Cleaning before spawning with the mouth; II: Female's mucous secretion on the plate; III: Spawning and fertilization; IV: Nest care by male; EC: egg clutch, H: hatching plate.

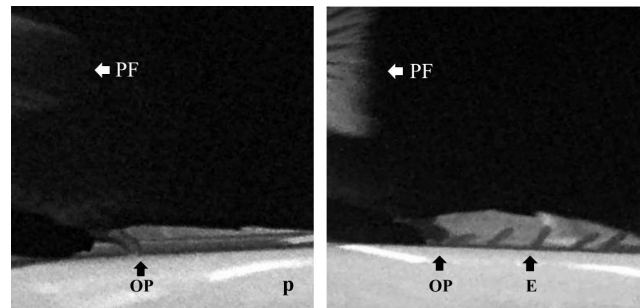


Fig. 4. Extended ovapositor of female *Amphiprion melanopus* during spawning. The mucus is secreted from the ovapositor of female for 15~20 min, and the eggs are released from it. E: egg, OP: ovapositor, PF: pectoral fin, P: hatching plate.

화판에서 다소 떨어진 곳에 머물렀다. 관찰자가 다가갔을 때는 두 가지 다른 특징적인 행동을 확인할 수 있었다. 하나는 알을 관리하던 수컷이 다소 놀라 알 근처에서 멀어지면 암컷이 수컷에게 다가가 공격적인 행동(입을 수컷의 몸에 붙여 밀어내는 행동)을 함으로써 수컷이 알 주변을 떠나지 않도록 하였고, 수컷은 이에 반응하여 몸을 U자형으로 구부려 떨고 다시 알 관리를 하였다. 다른 하나의 행동은 수컷이 알에서 잠시 벗어나 암컷과 함께 관찰자에게 위협(관찰자를 향해 앞으로 돌진하다가 멈추는 행동)을 하거나 경계(몸을 위·아래

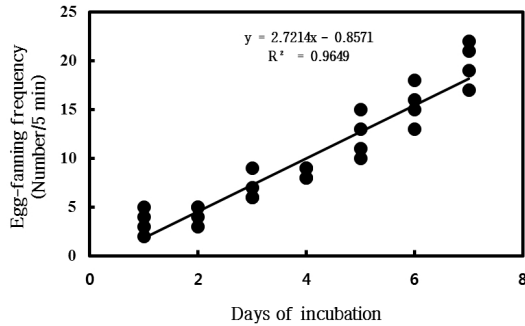


Fig. 5. Mean egg-fanning frequency of male *Amphiprion melanopus* on successive days of incubation. Each vertical line indicates standard deviation.

로 흔드는 행동)을 하였다. 암컷은 주로 외부자극에 공격적인 행동을 하지만 수컷은 같이 경계하다가도 알이 있는 곳으로 돌아와 잠시 알 관리 행동을 하고 주위를 경계하였다. 수컷의 대표적인 알 관리 행동은 3가지로 압축된다. ① 부화일에 가까울수록 egg-fanning 횟수 증가(Fig. 5), ② 주로 가슴 지느러미를 이용해서 egg fanning을 하며 종종 몸의 배 부위와 꼬리지느러미를 이용함, ③ 알을 입으로 무는 행동.

3. 부화 시스템

Table 4. Mean hatching rate of clownfishes by the 3-type systems

Hatching system (type)	AT (%)	ST (%)	RT (%)
<i>A. melanopus</i>	56.9±2.5*	72.4±4.5**	88.1±1.5***
<i>A. ocellaris</i>	61.5±5.1*	71.8±1.5*	87.2±2.7**
<i>A. polymnus</i>	61.4±4.8*	79.2±3.3**	88.9±1.2***
<i>P. biaculeatus</i>	62.1±2.8*	74.2±2.6**	85.2±2.4**
Total average	60.5±2.4	74.4±3.4	87.3±1.6

Values are mean±S.E.M (n=20). Asterisks indicate significant difference (P<0.05). AT: aeration type, RT: rotating type, ST: spray type.

Table 5. Mean hatching rate of clownfishes the number of tiles in RT

Group	RT2			RT3			RT5		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Hatching rate (%)	83.9	87.0	90.9	82.9	80.2	82.3	85.5	77.1	83.4
Total average	87.3±2.0			81.8±0.8			82.0±2.5		

Values are mean±S.E. (n=20), P: hatching plate.

Clownfish 4종 모두 RT에서 가장 높은 부화율을 보였다. Table 4에서 보는 바와 같이 *A. melanopus*, *A. ocellaris*, *A. polymnus*, *P. biaculeatus*의 부화율은 각각 88.1±1.5%, 88.5±2.4%, 88.9±1.2%, 85.2±2.4%로서 다른 두 방법에 비해 유의하게 높았다. 그러나 *P. biaculeatus*의 경우, 74.2±2.6%인 ST와 유의차가 없었다. ST에서는 *A. melanopus*, *A. polymnus*, *P. biaculeatus*의 부화율이 각각 72.4±4.5%, 79.2±3.3%, 74.2±2.4%로써 56.9±2.5%, 61.4±4.8%, 62.1±2.8%였던 AT의 결과보다 유의하게 높았다. 반면에, *A. ocellaris*의 부화율은 71.8±1.5%로서, 61.5±5.1%인 AT의 결과와 유의한 차이가 없었다. RT를 이용한 알 판 개수에 따른 부화율은 Table 5에서 보는 바와 같이 RT2: 87.3%, RT3: 81.8%, RT5: 82.0%로 실험구간 유의차가 없었다.

고찰

본 실험의 사육조건은 수온, 염분, 광주기는 연중 일정하게 유지되었다. 그러나 일정한 환경에서 사육된 어미들의 산란주기는 다른 경향을 보였다. A, B, C, D의 모든 쌍은 4~6개월 정도의 휴지기를 가졌고, 그 외 기간에는 연속적으로 산란을 하였다. 그러나 휴지기를 갖는 시기는 그룹마다 차이가 있었고, 계속적 또는 간헐적으로 나타났다. 인공적인 환경에서 사육된 *A. akallopisos*는 연중 2.2±0.8회/월 산란했고, 음력주기와 관련성이 낮았다. 그리고 봄, 여름철에 산란횟수가 증가하는 경향을 보였다(Gordon & Bok, 2001). 그러나 본 실험에서 실험구 II의 경우, 2010년 5월부터 8월까지 휴지기를 가졌다. 산란주기는 암수 간의 관계, 개체 특이성이 좀더 산란주기에 관여할 것으로 사료된다. Clownfish류는 2.2회/월 산란하며, 자연산 *A. melanopus*의 경우, 1.9회로 나타났다. 본 연구에서 월 산란횟수는 19.2±8.4회/월로 자연산과 차이가 없는 것으로 보인다.

Clownfish류의 산란 전 행동은 일반적으로 유사하다. 복

종의 의미로서 수컷의 머리 떨기, 암컷의 수컷을 향한 주의 환기(공격적 행동), 암컷 배 부위의 자극 등과 같은 행동이 나타난다. 특히, 산란 3~5일전부터 주변을 깨끗하게 청소한다. 그러나 산란시간은 종에 따라 다소 차이가 있다; *P. biaculeatus*: 12시경, *A. clarkii*, *A. frenatus*:의 경우, 15~17시경, *A. percula*: 17시 이후(Wilkerson, 1998). 본 실험의 *A. melanopus*의 경우, 9~11시 사이에 산란이 일어났다. 그러나 자연에서 서식한 *A. melanopus*의 경우 일출 후 2~3시간 후인 8~9시 사이에 일어났다. 이러한 차이는 실험에서 점등 시간이 6시 30분에서 7시로 사이로 자연에서 보다 비교적 늦게 점등이 되었기 때문에 산란유도를 늦게 일으킨 것으로 추측된다. 산란 직전에는 암컷의 항문에서 산란관이 돌출되며, 암컷은 점성이 있는 알을 산란 기질에 붙인다(Hoff, 1996; Wittenrich, 2007). 그러나 본 실험의 동영상 분석 결과, 암컷이 알을 기질에 붙이기 전에 10~15분 동안 산란관을 기질에 붙여 조금씩 전진을 한 후, 입으로 다듬는 행동을 하였다. 이것은 아마도 암컷이 산란관을 기질에 붙여 조금씩 전진하면서 점액질을 기질에 분비한 것으로 추측된다. 그렇다면, 암컷이 점성의 알을 기질에 붙이는 것이라기보다 점액성분의 물질을 먼저 기질에 바르고 나서 알을 붙이는 것으로 봐야할 것이다. *Amphiprion* sp.의 난발생 결과(Hoff, 1996; Yoon et al., 2005; Kim & Hur, 2007)를 보면, 기질에 붙어 있는 알의 표면에는 점액질로 보이는 가는 실들이 보였다. 이번에 실시한 다른 실험에서 난발생과정 중 일부 탈락된 알을 보면, 알의 표면에 점액질 없는 깨끗한 수정란이 존재하였다. 이것은 알 자체에 점액성분이 없다는 것을 의미한다. Clownfish류가 알을 붙이는 원리 및 그 성분에 대해서 아직 연구보고 된 바 없다.

본 실험에서 수정란 관리는 대부분 수컷이 관리를 하였다. 수컷은 알을 관리하는 동안 먹이를 거의 먹지 않으며 주로 가슴지느러미를 이용해 수정란을 흔들어 주었다. 이것은 알에 신선한 물과 산소를 공급해주고, 알에 붙을 수 있는 미생물을 제거하는 행동으로 추측된다. 이러한 행동은 부화율이 가까워질수록 증가하는 경향을 보였다. 특히, 산란 직전에는 가슴지느러미로 흔들어주는 세기가 최고조에 달한다. 이를 기반으로 7~8일째 부화할 수정란을 부화시켜 효율적으로 생산하기 위한 방법을 고안하였다. 알 속의 자어는 갓 부화한 자어보다 물리적, 화학적 그리고 수질 변화로부터 좀 더 안전하다. 부화는 어미가 직접 관리하여 부화시키면 거의

100%에 가깝지만, 생산적인 측면에서 100% 회수하기가 힘들고 비효율적이다. 그리고 어미의 egg fanning은 산란 직전에 더 활발해지는 데, 이것은 자어가 알에서 나오는데 직접적인 도움을 주기 때문이다(Hoff, 1996, Wilkerson, 1998). 그렇기 때문에 egg fanning을 대신할 장치가 필요하다.

본 실험에서 AT는 저비용으로 쉽게 설치할 수 있었지만, 부화율은 4어종에서 평균 60.5%로서 다른 두 방식에 비해 현저히 낮았다. 에어스톤에서 발생하는 공기방울이 연속적으로 수정란과 부딪히면 알의 부화율은 현저하게 떨어진다. 또한, 공기방울의 크기도 영향을 미칠 수 있다. 미세한 공기방울은 마치 바늘로 수정란의 표면을 찌르는 영향을 줄 수 있고, 공기방울이 너무 크면 갓 부화한 자어가 스트레스를 받을 수 있다. 그러므로 1~4 mm 크기의 공기방울이 적당할 것이다(Juhl, 1992; Hoff, 1996). 본 연구에서 수류를 이용한 다른 두 방법이 공기방울을 이용한 방법보다 효율적이었다. 특히, RT의 부화율이 가장 높았다. ST는 RT처럼 수류에 의해 알이 흔들리도록 하는 방식이지만, AT와 같이 연속적으로 알에 수류를 보내줌으로써 스트레스를 유발시켰을 것으로 생각된다. 반면에 RT는 수류의 세기 및 시간까지 조절할 수가 있는 장점이 있었다. 그러나 *P. biaculeatus*의 경우, ST와 유의한 차이가 없었다. 이것은 어중에 따른 차이일 것으로 예상된다. *P. biaculeatus*의 난경은 장경 1.9~2.0 mm로 다른 종의 clownfish가 장경 2.0~2.9 mm 사이로 비교적 크기가 작다(Suzuki & Takamatsu, 1989; Kim et al., 2007). 그리고 RT는 부화판의 개수가 많아도 부화율의 차이가 없었다. 그리고 Fig. 1의 RT2와 RT3는 수류방향이 알의 정면인 반면, RT5의 수류는 알의 옆면을 향하게 되어 있었다. 수컷의 알 행동관찰 결과 수류를 일으킬 때 특정 방향으로 보내지는 않았으며, 부화 직전에는 몸의 아래부위로 눌러 수정란을 자극하기도 하였다. 그러므로 수류의 방향은 부화에 큰 영향을 미치지 않은 것으로 보인다. 그러므로 부화자어를 수용할 수 있는 수조 크기에 따라서 부화판 개수를 증가시킬 수 있을 것이다. 그러나 본 실험 외에 다른 일부 어미에서 알 관리기간 동안 알이 제거된 것을 확인하였다. 아마도 어미의 스트레스, 영양, 생리상태 및 비정상적인 알을 제거하는 행동 습관 등이 작용하여 어미가 알을 제거했을 것으로 추측된다(노 등, 2009). 그러므로 부화장치 개발은 부화 당일뿐만 아니라, 실질적으로 알 관리기간(7~8일) 동안 어미의 알 관리 행동을 대신할 수 있는 부화장치 개발 연구가 필요하다. 본 연구에서

회전 수류형 시스템이 어미의 알 관리 행동을 대신할 수 있음을 증명하였으므로 앞으로 수질, 외부 기생 생물로부터의 차단 등과 같은 추가 연구가 필요하다.

감사의 글

이 논문은 2007년 한국학술진흥재단의 문제해결형 인력양성지원 사업의 지원을 받아 수행된 연구입니다.

인용문헌

- Gordon AK, Bok AW (2001) Frequency and periodicity of spawning in the clownfish *Amphiprion akallopisos* under aquarium conditions. *Aquarium Sciences and Conservation* 3:301-313.
- Hoff FH (1996) Conditioning, Spawning and Rearing of Fish with Emphasis on Marine Clownfish: Larval Rearing & Care. 1st ed. *Aquaculture Consultants Inc.*, pp 107-140.
- Juhl T (1992) Commercial breeding of anemonefishes. *Seascope* 9:1-4.
- Kim JS, Choi YU, Rho S, Yoon YS, Jung MM, Song YB, L CH, Lee YD (2007) Spawning behavior, egg and larvae developments of maroon clownfish *Premnas biaculeatus*. *J Aquacult* 20:96-105.
- Kim SR, Hur SB (2007) Spawning, hatching and larval growth of red and black clownfish *Amphiprion melanopus*. *J Aquaculture* 20:239-247.
- Livengood EJ, Chapman FA (2007) The ornamental fish trade: An introduction with perspectives for responsible aquarium fish ownership. Department of Fisheries and Aquatic Sciences, Institute of Food and Agricultural Sciences: University of Florida, Publication FA124. Available from <http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/FA/FA12400.pdf>.
- Olivier K (2001) The Ornamental Fish Market. GLOBEFISH Research Programme, Rome FAO 67:1-99.
- Olivier K (2003) World trade in ornamental species. In: Cato, JC and Brown CL, *Marine Ornamental Species: Collection, Culture and Conservation* (Eds.). Ames, Iowa: Iowa State Press pp 49-63.
- Prang G (2007) An industry analysis of the freshwater ornamental fishery with particular reference to the supply of Brazilian freshwater ornamentals to the UK market. *Uakari* 3:7-51.
- Rho S (2006) Studies on the development of aquacultural technical in marine ornamental fish culture: Contents and Results of Conduct in Research and Development. *MLTM* pp 44-143.
- Ross RM (1978) Reproductive behavior of the anemonefish *Amphiprion melanopus* on Guam *Copeia* 103-107.
- Suzuki K, Takamatsu S (1989) Saltwater Fishes Reproduction. *Midori Shobo, Tokyo*, pp 32-71.
- Wabnitz C, Taylor M, Green E, Razak T (2003) From Ocean to Aquarium: Conservation Efforts Cambridge UK: UNEP-WCMC pp 48-50.
- Wilkerson JD (1998) Clownfishes: A Guide Their Captive Care, Breeding & Natural History. TFH. Publications Inc pp 21-54.
- Wittenrich ML (2007) The Complete Illustrated Breeder's Guide to Marine Aquarium Fishes. TFH Publications pp 88-95.
- Wittington RJ, Chong R (2007) Global trade in ornamental fish from an Australian perspective: The case for revised import risk analysis and management strategies. *Prev Vet Med* 81:92-116.
- Yoon YS, Rho S, Choi YU, Kim JS, Lee YD (2005) Saddleback clownfish *Amphiprion polymnus* 1) Spawning, egg development and larvae culture. *J Aquacult* 18:107-114.
- Yu JM, Lee SM (1995) Marine Fishes around Cheju Island. Jeju-do Office of Edti Jeju p 248.
- 노섭, 노경언, 주해성, 신상욱, 오주택 (2009) 수산중소벤처 기업 기술개발지원사업 최종 보고서 - 해수 관상어 품종 다양화와 산업화연구. 한국해양수산기술진흥원 pp 1-51.

(Received 12 April 2011, Received in revised form 20 May 2011, Accepted 13 June 2011)