

# Micronesia, Chuuk Lagoon에 서식하는 파랑돔(*Pomacentrus coelestis*)의 생식년주기

김한준 · 한정훈<sup>1</sup> · 허성표<sup>2</sup> · 이균우<sup>1</sup> · 최영웅\*

한국해양과학기술원 해양생태연구센터, <sup>1</sup>해양생명공학연구센터, <sup>2</sup>제주특성연구센터

## Annual Reproductive Cycle of the Neon Damsel fish *Pomacentrus coelestis*, in Chuuk Lagoon, Micronesia

Han-Jun Kim, Jeonghoon Han<sup>1</sup>, Sung-Pyo Hur<sup>2</sup>, Kyun-Woo Lee<sup>1</sup> and Young-Ung Choi\*

Marine Ecosystem Research Center, KIOST, Busan 49111, Korea

<sup>1</sup>Marine Biotechnology Research Center, KIOST, Busan 49111, Korea

<sup>2</sup>Jeju Marine Research Center, KIOST, Jeju 63349, Korea

This study was conducted to investigate the reproductive characteristics of the Neon damselfish *Pomacentrus coelestis* in Chuuk lagoon (7°27' N, 151°53' E), Micronesia, Equatorial Pacific Ocean. The specimens used in this study were collected from August 2009 to September 2010 from around the coral reef area at a depth of 3-10 m in the northwest coast of Weno Island. Overall, 228 individuals were collected over 14 months from this area, of which 115 were females and 108 were males. Among 108 males, 30 were found to be hermaphrodites and the sex of 5 individuals could not be determined. The overall sex ratio was approximately 1.06:1 (female:male), and the ratio of sexually active individuals was 0.79:1. The gonadosomatic index (GSI) fluctuated and showed the highest value of  $8.43 \pm 1.21$  in December 2009 and the lowest value of  $3.36 \pm 0.71$  in September 2009 in sexually active females. Males showed the highest GSI value of  $2.64 \pm 0.93$  in June 2010 and the lowest value of  $0.35 \pm 0.06$  in July 2010. Based on the fluctuation of GSI, the trends in the appearance of monthly sexually active individuals, and biopsy of the gonads, *P. coelestis* was found to be a hermaphrodite species of protogynous type and is considered to be reproductively active throughout the year.

Keywords: *Pomacentrus coelestis*, Neon damselfish, Reproductive cycle, Protogynous hermaphrodite, Micronesia

### 서론

파랑돔(Neon damselfish *Pomacentrus coelestis*)은 자리돔과(Pomacentridae) 점자리돔속(*Pomacentrus*)에 속하며, 국내 제주와 울릉도, 해외는 일본, 대만, 인도양, 태평양, 호주, 폴리네시아 등의 열대와 열대 산호초 및 암반 지역에 서식하며, 수온 상승과 더불어 그 분포 범위를 확장하고 있으며, 수심 1-12 m 내외에서 서식하는 다년생 열대어종이다(Chang and Jan, 1983; Allen, 1991; Myers, 1991; Allen et al., 2005; Kim et al., 2005; Kim et al., 2015). 서식처는 바닥과 가까운 자갈밭으로서, 유어기에는 연산호 사이에서 군집을 이루다가, 성체가 되면 암초

에 모이며, 주로 동물성 플랑크톤과 소량의 저서성 조류를 섭취한다(Kuiter and Tonozuka, 2001). 번식기에는 암컷이 산란하더라도 산란장의 공간이 확보되면 수컷은 다른 암컷을 유인하는 일부다처의 짝짓기 행동을 하며(Breder and Rosen, 1966; Moyer, 1975), 수컷이 암컷을 1일 1마리 이상 자신의 서식처로 유인하여 산란을 유도시키며, 수정란은 부착란으로 수컷이 부화할때까지 보호한다(Matsuoka, 1962; Jan, 1997).

파랑돔의 연구로는 국외의 경우 대만과 일본 개체군의 유전구조(Liu et al., 2008), 대만과 일본 파랑돔 개체군간 형태학적 및 유전학적 분화에 관한 연구(Frédérich et al., 2012), 유전자분석을 통한 Micronesia 해역의 계통분기 연구(Liu et al., 2012),

\*Corresponding author: Tel: +82. 51. 664. 3321 Fax: +82. 51. 955. 3981

E-mail address: yuchoi@kiost.ac.kr



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2021.0180>

Korean J Fish Aquat Sci 54(2), 180-187, April 2021

Received 23 March 2021; Revised 1 April 2021; Accepted 6 April 2021

저자 직위: 김한준(연구원), 한정훈(연구원), 허성표(선임연구원), 이균우(책임연구원), 최영웅(책임연구원)

호주에 서식하는 파랑돔 이석의 원소특성에 관한 연구(Patterson et al., 2004), 호주 해역의 정착하는 파랑돔의 성장과 유생기간에 관한 연구(Kingsford et al., 2011), 호주에 서식하는 산호초 어류 3종을 이용한 해양온도가 서식지 선호도에 미치는 영향에 관한 연구(Matis et al., 2018)가 있다. 국내의 경우는 울릉도와 동해안에서 서식한다는 보고가 있으며(Kim et al., 2015), 동종은 아니지만 같은 속의 파랑점자돔(*Pomacentrus caeruleus*)의 산란주기 및 산란량에 관한 연구가 보고된 바 있다(Jung et al., 2010).

자리돔과(Pomacentridae) 어류는 Micronesia, Chuuk lagoon 내의 어류 군집에서 gobies (Gobiidae) 및 wrasses (Labridae) 와 함께 가장 풍부한 종 중의 하나로 자리돔과 어류의 중요성을 강조하고 있다(Allen, 2008; Choi et al., 2013). 이 연구와 동일지역에서 조사된 자리돔과의 번식특성 연구 중에는 Choi et al. (2014)의 연구가 있으며, 자성선속형 자용동체인 *Dascyllus aruanus*의 연중 산란시기에 관한 조사가 이루어졌다. 또한 Choi et al. (2013)에 의하면, 자리돔과 어류 *Amblyglyphidodon curacao*는 연중 산란형으로 보고된 바 있다.

Micronesia Chuuk lagoon에서 일부 어류의 번식특성에 관한 연구는 연단위 산란리듬조사, 번식활동과 월주기의 연관성 등이 보고된 바 있다(Song et al., 2003; Park et al., 2006a, 2006b; Rhodes et al., 2020). 그러나 Chuuk lagoon 산호초에 서식하는 자리돔과 어류의 번식특성에 관한 정보는 많지 않은 실정이다.

자리돔과 어류는 Micronesia, Chuuk lagoon의 주요 우점종 중에서도 서식종 수가 6.9% (Myers, 1991)를 차지하는 풍부한 어족자원 중의 하나이다. 이 연구에서는 파랑돔의 크기에 따른 성비, GSI의 연간 변동, 생식소 조직검경, 번식활동에 참여하는 개체들의 연간 출현 양상을 통한 번식특성 정보를 조사하여 열대해양환경의 특징을 지니는 Chuuk lagoon의 어류자원관리를 위한 정보를 제공하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 시료채집

채집 조사는 2009년 8월부터 2010년 9월까지 매월 19일에서 28일 사이에, Micronesia Chuuk Lagoon 내, Weno Island (7°27'N; 151°53'E)의 북서쪽 연안의 수중 3-10 m 산호초 지역에서 자체 제작한 60×120 cm 크기의 원통형 그물(망목 1×1 cm)을 이용하여 파랑돔을 채집하였다. 이 기간 중 2010년 1월과 3월은 기상이 좋지 못하여 채집이 불가능하였고, 2010년 4월은 암컷만 채집되었다. 이 지역에서 14개월간 채집된 개체는 총 228마리로, 이 중에서 암컷은 115마리, 수컷은 78마리, 수컷 자용동체는 30마리였고, 5마리는 성별 판별이 불가능하였다. 조사기간 동안의 월 평균 수온은 SEACAT profiler (SBE 19; Sea-Bird Electronics, Bellevue, WA, USA)를 사용하여 매월 1-5회 측정하였다.

### 성비와 생식소 분화

번식활동에 참여하는 개체들의 크기별 성비와 생식소 분화를 조사하기 위하여 암수의 생식소 조직 검경을 실시 하였다. 번식활동 참여 개체 판별은 생식소 분화, 암수의 생식세포 출현에 따른 자용동체, 생식세포 발달에 따라 6가지로 구분하였고, 6가지 범주는 미분화 개체(*U*), 번식 활동에 참여하지 않는 암컷(*Fi*), 번식 활동에 참여하는 암컷(*Fa*), 번식 활동에 참여하지 않는 수컷자용동체(*Hi*), 번식 활동에 참여하는 수컷자용동체(*Hma*), 번식 활동에 참여하는 수컷(*Ma*)이다(Cole, 2002; Asoh, 2003; Choi et al., 2014).

### 산란시기

#### 생식소중량지수

연간 생식소중량지수의 변화를 알아보기 위해 채집된 개체들은 실험실로 옮겨와 0.05% 2-페녹시에탄올 마취로 안정시킨 뒤, 10% 포르말린용액으로 고정하였다. 전장(total length, TL)과 체장(standard length, SL)을 0.1 cm까지, 체중(body weight, BW)을 0.01 g까지 측정하였다. 해부하여 생식소를 적출하고 0.001 g까지 생식소 중량(gonad weight, GW)을 측정하여 생식소중량지수(gonadosomatic index, GSI)를 산출하였다. GSI는  $GW \times 100/BW$  (Crim and Glebe, 1990)의 식을 이용하여 산출하였다.

#### 생식소 조직 분석과 연간 번식활동

조직학적 관찰을 위해 생식소는 Bouin's solution에 고정하였고, 단계별 에탄올에서 탈수하여 파라핀에 고정을 하고, 블록을 제작하였으며, 마이크로톰을 이용하여 4-7  $\mu\text{m}$  크기로 조직을 연속절편 하였다. 이 절편을 슬라이드에 붙여, Hematoxylin and Eosin 염색법으로 조직을 염색하였고(García del Moral, 1993), 조직 검경을 통하여 생식소 분화, 암수의 생식세포 출현에 따른 자용동체, 생식세포 발달에 따른 번식활동에 참여하는 개체들의 월별 출현 빈도를 조사하였다.

### 통계처리

통계분석은 한글 SPSS-PC 통계패키지(version 21)를 이용하여, 번식 활동에 참여하는 개체의 크기별 성비를 t-test를 통해 유의성( $P < 0.01$ ) 검증을 실시하였다.

## 결 과

### 성비

미분화 개체를 제외한 성별이 판별되는 223개체의 암수 성비는 1.06:1이었으나, 168개체가 번식 활동에 참여하는 것으로 관찰되었으며, 이 중 74개체(44%)가 *Fa*이고, 94개체(56%)가 *Ma*와 *Hma*이었다. 파랑돔의 체장은 *Fa*의 경우 29-63 mm, *Hma*의 경우는 34-52 mm, *Ma*의 경우는 32-88 mm의 크기를 보였

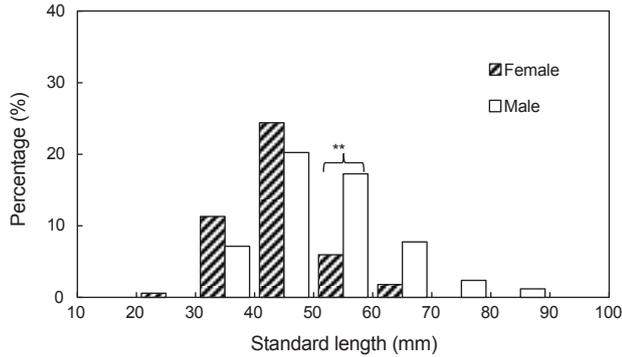


Fig. 1. Standard length frequency of *Pomacentrus coelestis* in the Weno Island of Chuuk Lagoon, Micronesia. Asterisks indicate significant differences in functional sex ratio from the expected value of 1:1 are indicated by \*\*P < 0.01.

다(Table 1). 전체 번식 활동에 참여하는 개체의 성비는 암수 0.79:1이었으며, 크기별 분포는 21-40 mm 범위에서 암컷과 수컷이 각각 12%와 7%로 암컷의 비율이 높았고, 41-50 mm 범위에서는 암수 비율이 각각 24%와 20%로 암컷 비율이 다소 높았다. 반면 51-60 mm 범위에서는 암수 비율이 6%, 17%로 수컷 비율이 높았고, 71 mm 이상의 범위에서 암컷은 출현하지 않았다. T-test를 이용한 암수 비율의 유의성을 검증한 결과 51-60 mm 범위의 개체군에서 수컷이 유의하게 우세한 차이를 보였다(P < 0.01) (Fig. 1).

생식소 분화

실험어는 생식소 분화, 암수의 생식세포 출현에 따른 자용동체, 생식세포 발달에 따라 6가지로 구분한 결과를 Table 1에 나타내었다. 총 228개체 중 체장 29-42 mm에서 5개체의 생식소는 성을 결정할 만큼 충분히 분화되지 않았으며, 난소 내강이나

Table 1. Number of individuals per size class of *Pomacentrus coelestis* gonad categories classified based on histostructure

Size (mm)	U	Fi	Fa	Hi	Hma	Ma
21-30	1	19	1	1		
31-40	2	22	19	9	5	7
41-50	2		41	4	10	24
51-60			10		1	28
61-70			3			13
71-80						4
81-90						2
Toatal	5	41	74	14	16	78

U, Individual with undifferentiated gonad; Fi, inactive female with inactive ovary; Fa, active female with oogenic ovary; Hi, hermaphrodite with inactive ovotestis; Hma, hermaphrodite with spermatogenic ovotestis; Ma, active male with spermatogenic testis.

정소관이 없었다. 223개체가 분화된 생식소를 가졌으며, 이 중 51.6% (n=115)는 Fi와 Fa로 분류되었다. Fi개체의 체장 범위는 24-40 mm이었다. 성적 분화는 24 mm 이상에서 일어나는 것으로 보인다(Table 1). 41개체의 암컷은 난소 내강(OL)이 있는 비활성 생식소를 가졌고(Table 1), 대부분 초기성장기 난모세포(PG)를 포함하고 있었다(Fig. 2a, 2b). Fa의 개체는 체장이 29-63 mm 범위였다(Table 1, n=74). 생식소에는 난황구기 난모세포(TY)가 있었고, 몇 개의 초기성장기 난모세포와 배란 흔적을 보이는 잔존 여포(EF)와 퇴행기 난모세포(DO)가 관찰되었다(Fig. 2c, 2d, 2e).

성적으로 분류된 수컷들은 전체의 약 48.8% (n=108) 비율을 차지 하였고, Hi와 Hma 및 Ma로 분류되었다. Hi의 체장 범위는 29-42 mm로 나타났다(Table 1). 생식소 내에는 아직 발달하지 않은 초기성장기 난모세포(PG) 몇 개와 소엽에 정모세포(SC)들이 관찰되었다(Fig. 3a). Hma개체에서는 소엽에 일부 초기 성장기 난모세포와 다수의 정세포(ST)가 관찰되었고, 생식세포들이 소엽내에서 정자(SZ)로 발달한 것을 확인할 수 있었다. 이 개체들의 체장 분포는 34-52 mm로 비활성 수컷 개체들 보다 체장이 다소 큰 범위에 속했다(Table 1, Fig. 3b). Ma에 속하는 번식 활동에 참여하는 개체들의 체장 분포는 32-88 mm범위를 보였고(Table 1), 정소에서는 일부 소엽에서 정자들이 방정된 빈 공간들이 관찰되며, 정소관(SD)을 따라 정자들이 이동하는 것을 관찰할 수 있었다(Fig. 3c, 3d). Ma의 개체에서는 조직 상에서 암컷 생식세포들이 관찰되지 않았으며, 정모세포와 정세포, 정자와 같이 오직 수컷의 생식세포만 확인 할 수 있었다(Fig. 3d, 3e).

산란 시기

Chuuk lagoon에서 연중 수온과 염분의 변화는 Fig. 4와 같다. 수온은 연중 2009년 9월에 29.8°C로 가장 높았고, 2010년 2월에 28.3°C로 최저값을 보였다. 반면 염분은 2010년 3월에 34.5 psu에 최고값을 보였고, 2010년 9월 33.6 psu로 가장 낮았다(Fig. 4).

Fig. 5에 나타난 GSI는 전체 채집된 228개체들 중에서 미분화된 개체(U, n=5)와 번식 활동에 참여하지 않는 암컷(Fi, n=41)과 번식 활동에 참여하지 않는 수컷(Hi, n=14)을 제외한 번식 활동에 참여하는 암컷(Fa, n=74)과 자용동체를 포함한 번식 활동에 참여하는 수컷(Hma+Ma, n=94)의 월평균 값이다(Table 1, Fig. 5). 암컷 GSI는 2009년 8월에서 10월까지 큰 변동이 없었다. 이 후 11월부터 급격히 상승하여, 12월에 월평균 최대값 8.43 ± 1.21에 도달하였다. 5월 (3.43 ± 1.61)까지 서서히 감소하는 경향을 보였고, 다시 2010년 9월(5.91 ± 0.72)까지 서서히 증가하는 경향을 보였다. 수컷의 경우는 2009년 8월(1.40 ± 0.20)에서 9월(1.70 ± 0.30)까지 약간의 상승을 보이다가 10월(0.90 ± 0.14)에 감소한 후 11월(2.23 ± 0.38)에 급격히 상승하였고, 다시 12월(0.89 ± 0.22)에 감소하였

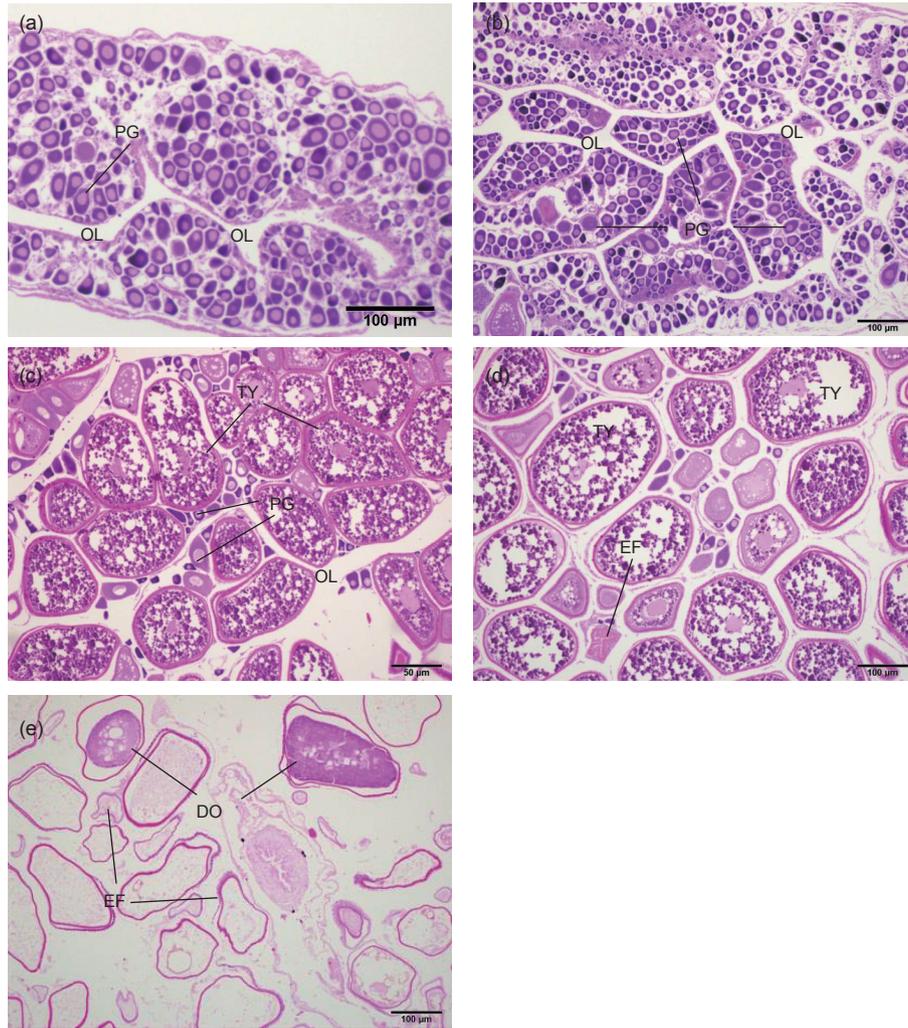


Fig. 2. Ovarian differentiation in *Pomacentrus coelestis*. a, b, inactive female with inactive ovary (*Fi*) size range 24-40 mm SL); c, d, e, active female with oogenic ovary (*Fa*) (29-63 mm SL); DO, degenerating oocyte; EF, empty follicle; OL, ovarian lumen; PG, primary growth stage oocyte; TY, tertiary yolk stage oocyte.

다. 이 후 2월( $1.06 \pm 0.11$ )에는 약간의 변동이 있다가, 2010년 5월( $1.25 \pm 0.30$ )부터 6월( $2.64 \pm 0.93$ )까지 상승하고 7월( $0.35 \pm 0.06$ )에 하락하였으며, 다시 9월( $2.07 \pm 0.49$ )까지 상승하는 경향을 보였다(Fig. 5).

체장 크기에 따른 생식소 성숙단계의 월별 출현 빈도는 채집된 총 228개체의 생식소를 조직학적 분석을 통하여 각각의 생식소 성숙상태에 따라 도출되었다(Fig. 6). *U*개체는 2010년 5월과 7월에만 출현하였다. *Fi*개체는 2009년 12월부터 2010년 9월까지 출현 하였으며, 2009년 8월부터 11월까지 연속적으로 출현하지 않았다. *Hi*개체는 2009년 12월부터 2010년 7월까지 출현하였고, *Fi*개체와 마찬가지로 2009년 8월부터 11월까지 연속적으로 출현하지 않았다. *Fa*개체와 *Ma*개체만 출현하는 시기는 2009년 10월과 11월이었으며, *Fa*개체는 2010년 7월을 제

외하고는 연중 출현하였고, 반면 *Ma*개체는 2010년 4월과 7월을 제외하고 연중 출현하는 양상을 보였다(Fig. 6).

## 고 찰

암수의 개체수는 크기나 연령에 따라 성비로 비교할 수 있다(Sadovy and Shapiro, 1987). 이 연구에서 암수를 구별할 수 있는 개체(*Fi*, *Fa*, *Hi*, *Hma*, *Ma*)의 성비는 1.06:1, 번식활동에 참여하는 개체(*Fa*, *Hma*, *Ma*)의 성비는 각각 0.79:1이었다. 각 체장 등급별 성비는 수컷이 체장 50 mm 이상부터 우세하게 관찰되었고, 51-60 mm 크기범위에서 수컷이 뚜렷한 유의차( $P < 0.01$ )를 보였으며, 체장별로 21-50 mm 범위에서 암컷이 전체의 36%로 암컷이 우세한 반면 수컷은 51-80 mm 범위

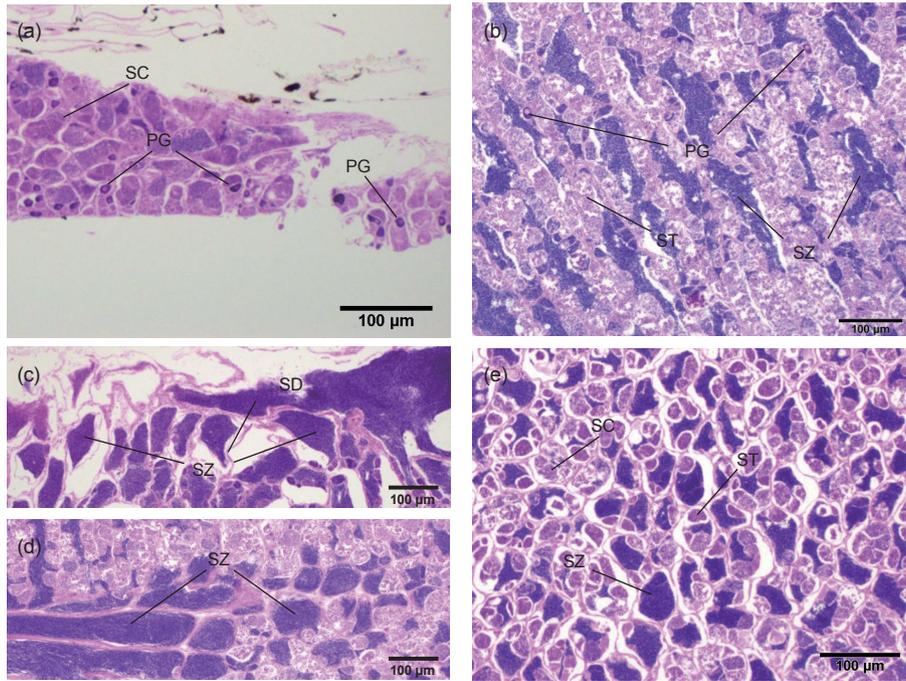


Fig. 3. Ovarian differentiation in *Pomacentrus coelestis*. a, Hermaphrodite with inactive ovotestis (*Hi*) size range 29-42 mm (SL); b, Hermaphrodite with spermatogenic ovotestis (*Hma*) size range 34-52 mm; c, d, e, Active male with spermatogenic testis (*Ma*) size range 32-88 mm. PG, primary growth stage oocyte; SC, spermatocyte; SD, sperm duct; SS, sperm sinus; ST, spermatid; SZ, spermatozoa.

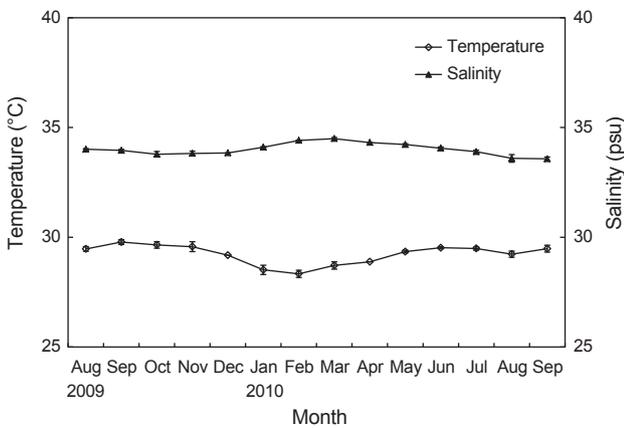


Fig. 4. Monthly change of water temperature and salinity in Chuuk lagoon. psu, practical salinity unit.

서는 29%로 수컷이 우세하였다(Fig. 1, Table 1). 즉, 생식소 조직관찰을 바탕으로 한 계장별 성비 Fig. 1과 생식소분화 Table 1을 종합적으로 판단해볼 때, 성장할수록 수컷이 많이 관찰되며, 상대적으로 암컷은 번식 활동에 참여하지 않는 개체가 많고, 비교적 작은 크기 범위에 분포하는 결과를 통해 이 종은 자성선숙형임을 확인할 수 있었다(Fig. 1, Table 1). 자리돔과 자성선숙형 자용동체 어류 중 *Dascyllus aruanus*는 수컷이 암컷보

다 크기가 크게 관찰된다고 보고하고 있으며(Choi et al., 2014, McCormick, 2016), 또한 Chang and Jan (1983)의 연구에서 *P. coelestis*는 번식활동에 참여하는 수컷이 암컷보다 크다는 연구결과는 본 연구와 같이 자성선숙형 어류의 특징을 뒷받침해 준다.

번식 활동에 참여하는 개체들로부터 도출된 GSI 변동은 암컷이 3.36-8.43의 값을 보였으며(2009년 9월-12월), 수컷은 0.35-2.64의 값이 2010년 7월-2010년 6월에 관찰되었다. 연중 추이를 봤을 때 암컷은 5월부터 서서히 상승하여 12월 최고 정점을 보였으며, 수컷 GSI 변동의 경우는 연중 오르고 내리길 반복하여 2010년 6월 최대를 보이다가 7월에 급격히 하락하여 최저를 보였다(Fig. 5). 이 GSI의 변동에서는 암컷과 수컷의 뚜렷한 유사 흐름은 찾을 수는 없었으나, 조직학적 관찰에서 산란기임을 판단할 수 있는 상태로 배란 직전인 3차난황구기 난모세포(TY)와 배란 흔적을 보이는 잔존여포(EF)가 매달 꾸준히 관찰되었다(Fig. 2). 특히, 대부분 초기 성장기의 작은 개체(24-40 mm)들만 채집되었던 2010년 2월에서는 배란 후 잔존여포가 관찰되지 않았으나, GSI와 생식소 조직상으로 난경 200 µm 이상 TY단계의 난모세포들이 관찰되는 것으로 산란기에 임박하였다고 추측할 수 있었으며(Fig. 2), 이러한 번식활동에 참여하는 암컷의 난모세포 발달 특징이 Choi et al. (2014)와 유사하였다. 또한 연중 생식소 등급별 출현양상에서 번식활동에 참여하는 수컷의 정소 내 정자가 관찰되는 시기는 암컷과 마찬가지로

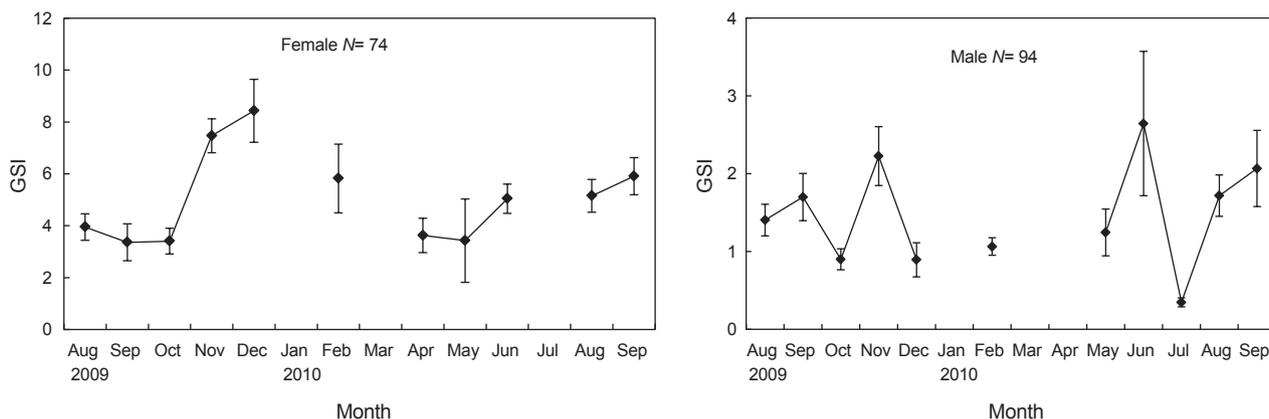


Fig. 5. Monthly variation of the gonadosomatic index (GSI) in female and male *Pomacentrus coelestis*. GSI values represent mean±SEM. GSI data for 2010 January, March and April (male) are absent.

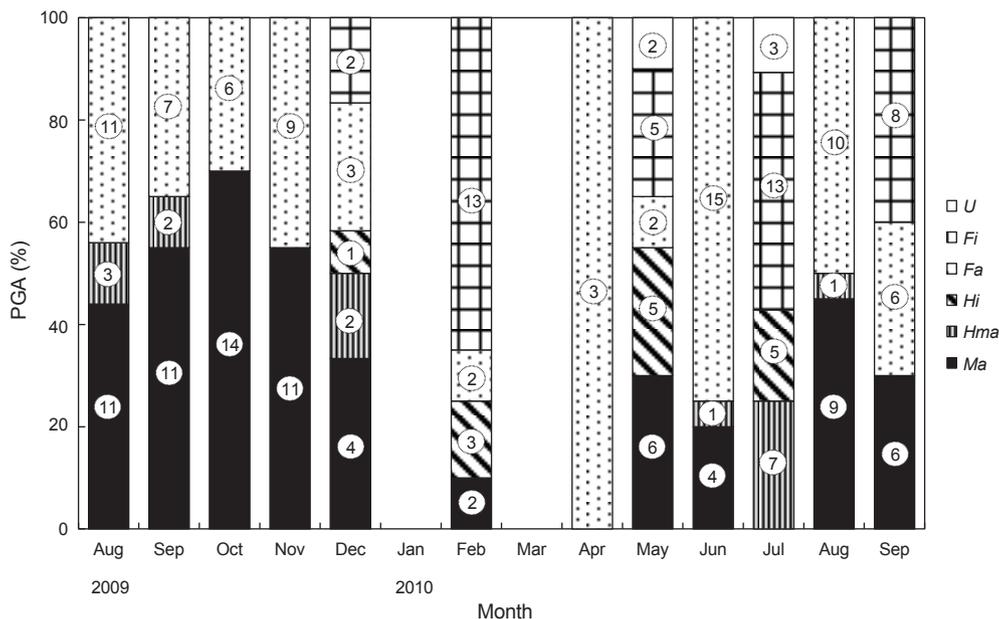


Fig. 6. Monthly percentage frequency of the gonadal categories (PGA) in female and male *Pomacentrus coelestis*. Active male with spermatogenic testis (*Ma*); hermaphrodite with spermatogenic ovotestis (*Hma*); hermaphrodite with inactive ovotestis (*Hi*); active female with oogenic ovary (*Fa*); inactive female with inactive ovary (*Fi*); individual with undifferentiated gonad (*U*). The numbers in the circle represent the number of individuals by gonad categories. PGA data for 2010 January and March are absent.

2009년 8월부터 2010년 9월까지로, 기상으로 채집이 불가능했던 2010년 1월과 3월, 암컷만 채집된 2010년 4월을 제외하고는 연중 매달 성숙한 정자를 가진 번식활동에 참여하는 개체들이 관찰되었으며, 이 개체들의 체장은 29-88 mm 범위였다 (Table 1, Fig. 3, Fig. 6). 번식활동에 참여하는 암컷 *Fa*는 채집이 불가능했던 2010년 1월과 3월 그리고 7월을 제외하고 연중 관찰이 가능하였다. 번식활동 참여 개체들이 연중 출현하는 경향은 Choi et al. (2014)와 유사하였다 (Table 1, Fig. 3, Fig. 6). 생식소

조직분석에서 성숙개체들이 연중 출현하는 점은 Chuuk lagoon에서 이 종이 연중 산란에 참여하고 있음을 나타내고 있으나, 제시한 GSI에서는 암컷과 수컷의 특정 패턴을 규정하기 힘들었다. 이는 연단위 산란리듬 조사의 한계성으로서 향후 월단위 산란리듬 조사 수행을 통해 월주기와 번식활동의 연관성을 분석할 수 있다면 이 종의 번식리듬의 특성을 구체적으로 제시할 수 있을 것으로 판단된다. 한편, Chuuk lagoon에 서식하는 열대어류의 산란리듬을 월단위로 관찰한 선행연구에서 *S. argen-*

*teus*는 하현에서 산란이 관찰되었으며, *S. spinus*의 경우는 그믐을 향해 GSI가 증가하다가 이후에 감소하는 경향을 바탕으로 Chuuk에서 이 두 종들의 산란기는 월주기와 관련이 있는 것을 보고한바 있다(Park et al., 2006a). 또한 Okinawa에 서식하는 이 두종에 대한 조직학 분석을 한 결과 *S. argenteus*는 하현 전후로 산란하며, *S. spinus*의 경우 그믐 전후로 산란하는 것으로 보고한 바 있다(Salaki, 1993). 자리돔과 어류의 월주기관련 산란리듬 선행연구에서 Pankhurst and Pankhurst (2003)는 호주 Great Barrier Reef Lizard Is.에 서식하는 Staghorn damselfish *Amblyglyphidodon curacao*의 가장 큰 난황형성여포의 존재가 대략 반월주기와 일치한다고 보고하고 있으며, Pisingan et al. (2006)은 산란시즌 동안 GSI는 상현과 하현을 향해 증가하며, GSI의 증가와 함께 그믐과 보름에서 상현과 하현까지 난황구기 난모세포가 발달하며, 반월주기에 따라 월 2회 산란을 반복하며, 이는 자연에서 조석 자극에 의해 생식 활동이 영향을 받을 가능성이 높다고 보고된 바 있다. 이처럼 열대지역에서 어류들은 번식활동이 월주기와 밀접한 연관이 있음을 확인할 수 있었으며, 이 연구의 *P. coelestis* GSI에서 특성 패턴을 찾기 힘들었던 부분은 월단위 번식리듬 조사가 진행되지 못한점의 한계점으로 판단된다.

이 연구의 결과를 종합해 보면 연중 번식활동에 참여하는 개체들의 크기에 따른 성비, 생식소 분화에 따른 월별 출현 양상, 생식소 조직학적 관찰을 한 결과, Chuuk lagoon에 서식하는 파랑돔 *P. coelestis*는 자성선속형 자웅동체의 성숙 특성을 지니고, 연중 번식활동을 하는 것으로 확인되었다. 그러나 번식활동과 열대 환경의 연변화와의 상관성을 파악하는데는 어려움이 있다. 이것은 Micronesia의 Chuuk 연안은 약 북위 7°, 연중 수온범위가 28.3-29.8°C, 염분의 범위는 33.6-34.5 psu로(Fig. 4; Choi et al., 2014) 변화가 적은 것이 기인한 것으로 판단된다. 향후 산호초 어류 자원동태의 자료를 구체적으로 제시하기 위해서는 월단위 번식리듬의 조사가 더 진행되어 어류 산란과 월주기와의 상관성을 파악할 필요가 있다.

## 사 사

이 논문은 서태평양 공해-심해저 신생명자원 및 퇴적물 희유 금속 자원 탐사(PE99924)의 지원을 받아 수행되었습니다. 이번 연구에 협조해주신 태평양기지직원들과 축주정부의 도움에 감사드립니다. 이 연구는 해양과학 및 기술분야 협력에 관한 협정에 따라 마이크로네시아 축주 해양자원국과 마이크로네시아 연방법률을 준수하였습니다.

## References

- Allen GR. 1991. Damselfishes of the world. Published by Mergus, Melle, Germany, 1-271.
- Allen GR, Steene R, Humann P and DeLoach N. 2005. Reef fish Identification-Tropical pacific. 2nd ed. Published by New world publication Inc., Florida, U.S.A., 92.
- Allen GR. 2008. Reef fishes of Chuuk, Federated States of Micronesia. Final report prepared for the Chuuk Rapid Ecological Assessment Program, Chuuk, Federated States of Micronesia, 22.
- Asoh K. 2003. Gonadal development and infrequent sex change in a population of the humbug damselfish, *Dascyllus aruanus*, in continuous coral-cover habitat. *Mar Biol* 142, 1207-1218. <https://doi.org/10.1007/s00227-003-1051-6>.
- Breder CM and Rosen DE. 1966. Modes of reproduction in fishes. T.F.H. Publications, Neptune, NJ, U.S.A., 941.
- Chang KH and Jan RQ. 1983. Ethology of neon damsel fish, *Pomacentrus coelestis* Jordan and Starks, along the northern coast of Taiwan. *Bull Inst Zool Acad Sin* 22, 1-12.
- Choi YU, Lee DW, Yoon KT, Oh CH, Heo SJ, Kang DH and Park HS. 2013. Annual reproductive cycle of female staghorn damselfish *Amblyglyphidodon curacao* in the Chuuk Lagoon, Micronesia. *Ichthyol Res* 60, 198-201. <https://doi.org/10.1007/s10228-012-0322-y>.
- Choi YU, Park M, Lee KW, Oh C and Park HS. 2014. Reproductive characteristics of the Humbug Damselfish, *Dascyllus aruanus*, in Chuuk Lagoon, Micronesia. *Ocean Sci J* 49, 411-418. <https://doi.org/10.1007/s12601-014-0038-1>.
- Cole KS. 2002. Gonad morphology, sexual development, and colony composition in the obligate coral-dwelling damselfish *Dascyllus aruanus*. *Mar Biol* 140, 151-163. <https://doi.org/10.1007/s002270100681>.
- Crim LW and Glebe BD. 1990. Reproduction. In: Methods for fish biology. Schreck CB, Moyle PB., eds. Amer Fish Soc, Bethesda, MD, U.S.A., 529-547.
- Frédérich B, Liu SYV and Dai CF. 2012. Morphological and genetic divergences in a coral reef damselfish *Pomacentrus coelestis*. *Evol Biol* 39, 359-370. <https://doi.org/10.1007/s11692-011-9158-z>.
- García del Moral R. 1993. Técnicas de laboratorio de anatomía patológica. In: McGraw H. ed. Interamericana. de España, Madrid, Spain, 405-425.
- Jan RQ. 1997. Sympatric spawning of the damselfishes *Chromis fumea* and *Pomacentrus coelestis* on the Northern Coast of Taiwan. *Zool Stud* 36, 26-32.
- Jung MM, Oh BS, Kim SY, Lee CH, Yang MH, Han SJ, Rho S and Kim HS. 2010. Spawning volumes and times of blue devil *Pomacentrus caeruleus*. *Korean J Ichthyol* 22, 90-95.
- Kim IS, Choi Y, Lee CL, Lee YJ, Kim BJ and Kim JH. 2005. Illustrated book of Korean fishes. Published by Kyohak publishing co., Ltd., Seoul, Korea.
- Kim SW, Chung M and Park HS. 2015. Tropical fish species thriving in temperate Korean waters. *Mar Biodivers* 45, 147-148. <https://doi.org/10.1007/s12526-014-0247-y>.
- Kingsford MK, Smith FJA and Flood MJ. 2011. Growth and pelagic larval duration of presettlement and newly settled

- neon damselfish, *Pomacentrus coelestis*, at multiple spatial scales. *Coral Reefs* 30, 203-214. <https://doi.org/10.1007/s00338-010-0692-4>.
- Kuiter RH and Tonozuka T. 2001. Pictorial guide to Indonesian reef fishes. Part 2. Fusiliers-Dragonets, Caesionidae-Callionymidae. Zoonetics, Seaford, Vic., Australia, 304-622.
- Liu SYV, Dai CF, Allen GR and Erdmann MV. 2012. Phylogeography of the neon damselfish *Pomacentrus coelestis* indicates a cryptic species and different species origins in the West Pacific Ocean. *Mar Ecol Prog Ser* 458, 155-167. <https://doi.org/10.3354/meps09648>.
- Liu SYV, Kokita T and Dai CF. 2008. Population genetic structure of the neon damselfish *Pomacentrus coelestis* in the northwestern Pacific Ocean. *Mar Biol* 154, 745-753. <https://doi.org/10.1007/s00227-008-0967-2>.
- Matis PA, Donelson JM, Bush S, Fox RJ and Booth DJ. 2018. Temperature influences habitat preference of coral reef fishes: Will generalists become more specialized in a warming ocean?. *Glob Change Biol* 24, 3158-3169. <https://doi.org/10.1111/gcb.14166>.
- Matsuoka T. 1962. On the spawning of *Pomacentrus coelestis* JORDAN and STARKS. *Biology* 10, 1-6. [https://doi.org/10.11233/aquaculturesci1953.10.3\\_1](https://doi.org/10.11233/aquaculturesci1953.10.3_1).
- McCormick MI. 2016. Protogyny in a tropical damselfish: females queue for future benefit. *PeerJ* 4, e2198. <https://doi.org/10.7717/peerj.2198>.
- Moyer JT. 1975. Reproductive Behavior of the Damselfish *Pomacentrus nagasakiensis* at Miyake-jima, Japan. *Jpn J Ichthyol* 22, 151-163.
- Myers RF. 1991. Micronesian reef fishes. 2nd ed. Published by Coral Graphics. Guam, U.S.A., 173.
- Pankhurst PM and Pankhurst NW. 2003. Plasma steroid levels and follicular development in the female staghorn damselfish *Amblyglyphidodon curacao*. *Fish Physiol Biochem* 28, 357-358. <https://doi.org/10.1023/B:FISH.0000030587.09868.8b>.
- Park YJ, Takemura A and Lee YD. 2006a. Annual and lunar-synchronized ovarian activity in two rabbitfish species in the Chuuk lagoon, Micronesia. *Fish Sci* 72, 166-172. <https://doi.org/10.1111/j.1444-2906.2006.01131.x>.
- Park YJ, Takemura A and Lee YD. 2006b. Lunar-synchronized reproductive activity in the pencil-streaked rabbitfish *Siganus doliatus* in the Chuuk Lagoon, Micronesia. *Ichthyol Res* 53, 179-181. <https://doi.org/10.1007/s10228-005-0322-2>.
- Patterson HM, Kingsford MJ and McCulloch MT. 2004. Elemental signatures of *Pomacentrus coelestis* otoliths at multiple spatial scales on the Great Barrier Reef, Australia. *Mar Ecol Prog Ser* 270, 229-239. <https://doi.org/10.3354/meps270229>.
- Pisingan RS, Harnadi L and Takemura A. 2006. Semilunar spawning periodicity in brackish damsel *Pomacentrus taeniotopon*. *Fish Sci* 72, 125-1260. <https://doi.org/10.1111/j.1444-2906.2006.01283.x>.
- Rhodes KL, Baremore IE, Taylor BM, Cuetos-Bueno J and Hernandez D. 2020. Aligning fisheries management with life history in two commercially important groupers in Chuuk, Federated States of Micronesia. *Aquat Conserv: Mar Freshw Ecosyst* 31, 605-619. <https://doi.org/10.1002/aqc.3452>.
- Sadovy Y and Shapiro DY. 1987. Criteria for the diagnosis of hermaphroditism in fishes. *Copeia* 1987, 136-156.
- Salaki MS. 1993. Studies on gonadal reproductive and lunar spawning cycles of *Siganus argenteus* (Quoy et Gaimard), Siganidae. M.S. Thesis, University of the Ryukyus, Naga-gami, Japan.
- Song YB, Park YJ, Takemura A, Kim HJ, Choi MS, Choi YC and Lee YD. 2003. Histological observations of the female reproductive cycle of honeycomb grouper *Epinephelus mer-ra* in Chuuk. *Dev Reprod* 7, 23-28.