



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

석사학위논문

제주 연안에 서식하는 청줄돔
(*Chaetodontoplus septentrionalis*)의 성특성과
생식주기

제주대학교 산업대학원

중식학과

김 대 종

2019년 8월

제주 연안에 서식하는 청줄돔
(*Chaetodontoplus septentrionalis*)의 성특성과
생식주기

지도교수 이 영 돈

김 대 종

이 논문을 이학석사 학위논문으로 제출함

2019년 6월

김대종의 이학석사 학위논문을 인준함

심사위원장 이 경 준 (인)

위 원 정 준 범 (인)

위 원 이 영 돈 (인)

제주대학교 산업대학원

2019년 6월



Sexual characteristics and reproductive cycle of
blue-lined angelfish, *Chaetodontoplus septentrionalis*
in Jeju coastal waters

Dae-Jong Kim

(supervised by professor Young-Don Lee)

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL
FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR THE
DEGREE OF MASTER OF SCIENCE

2019. 8

MARINE LIFE SCIENCE
GRADUATE SCHOOL
JEJU NATIONAL UNIVERSITY

목 차

Abatract	i
I. 서론	1
II. 재료 및 방법	3
1. 실험어 채집	3
2. 수온 및 광주기	3
3. 생식소 및 간의 중량지수조사	4
4. 생식세포의 조직학적 관찰	4
5. 포란수	4
III. 결과	6
1. 청줄돔의 형태 및 행동특성	6
1.1. 청줄돔의 형태	6
1.2. 청줄돔의 산란 행동특성	9
2. 수온과 광주기 변화	13
3. 생식소중량지수(GSI)의 월 변화	15
4. 간중량지수(HSI)의 월변화	17
5. 조직학적 변화	20
5.1. 난소 발달	20
5.2. 정소 발달	20

6. 청줄돔의 생식주기	23
6.1. 암컷의 생식주기	23
6.2. 수컷의 생식주기	27
7. 월별 난모세포 단계별 비율	30
8. 포란수	33
9. 전장과 체중에 따른 성의 분포	37
IV. 고찰	40
V. 요약	44
VI. 참고문헌	45

Abstract

To investigate reproductive characteristics of blue-striped angelfish, *Chaetodontoplus septentrionalis* in Jeju, total 130 fish were collected in Munseom, Seogwipo from February 2018 to April 2019. The blue-striped angelfish live small group (2 to 5 fishes) within territoriality. The male monopolized a harem of 1-4 females. The gonadosomatic index (GSI) increased in May and maintained high values in August. The reproductive cycle can be grouped into the following successive stages in the ovary: growing stage (November to June), early mature stage (May to June), mature and spawning stage (June to September), and degenerative and recovery stage (September to December). In the testis, the reproductive cycle was similar to that of female, but mature and spawning period was one month longer from June to October. Fecundity of mature female ranged from 5,000 to 22,000 and was correlated positively with total length and body weight. The total length of the fish ranges 13.9-22.3 cm. The mean length of males (19.20 ± 1.3 cm) is larger than that of females (17.12 ± 1.6 cm), and the proportion of males increased in large size classes. The histological analysis of gonad indicated that this fish is summer spawner and a partial spawner with asynchronousoocyte development. This fish was sexual size dimorphism and presence of a male with a few degenerating oocytes in its testes, indicating exhibits protogynous hermaphrodite.

List of figures

- Fig. 1. Maps showing the collecting areas. St. I (33° 13N, 126° 34E), Munseom in Seogwipo, St. II (33° 14N, 126° 37E), Harye in Seowipo, Jeju. 5
- Fig. 2. Morphological characteristics of *Chaetodontoplus septentrionalis*. (A) Picture of blue-striped angelfish in the sea. (B) External morphology. male(C) and female(D) of gonad. (E) Bone structure of *C. septentrionalis*. 7
- Fig. 3. Morphological characteristics of gonads in *Chaetodontoplus septentrionalis*. External morphology of testis (A) and ovary (B). Tissue structure of testis (C) and ovary (D). Oc, Ovarian cavity. 8
- Fig. 4. Behavioral characteristics of *Chaetodontoplus septentrionalis*. (A) and (B) Territory swimming. (C) Breeding behaviour. (D) and (E) Avoiding behaviour. 11
- Fig. 5. Behavior characteristics of *Chaetodontoplus septentrionalis* in habitat of Jeju coastal waters 12
- Fig. 6. Monthly changes of water temperature and day length from February to December 2018 in the Seogwipo, Jeju 14
- Fig. 7. Monthly changes gonadosomatic index (GSI) of female (A) and male (B) of *Chaetodontoplus septentrionalis* from February to December 2018 16
- Fig. 8. Monthly changes hepatosomatic index (HSI) of female (A) and male (B) of *Chaetodontoplus septentrionalis* from February to December 2018 18
- Fig. 9. Histological feature of ovary and liver in *Chaetodontoplus septentrionalis* ovary (A, C and E) and liver (B, D and F). 19
- Fig. 10. Developmental oocyte stages in the ovary of *Chaetodontoplus*

<i>septentrionalis</i> from February to December 2018. (A) Peri-nucleolus and oil globule stage of oocyte. (B) Yolk globule stage of oocyte. (C) peri-nucleolus stage of oocyte.	21
Fig. 11. Stage of spermatogenesis in the testis of <i>Chaetodontoplus septentrionalis</i> from February to December 2018. (A) Testis of the growing stage. (B) Testis of the mature stage. (C) Testis of the resting stage.	22
Fig. 12. Frequency of ovarian developmental phase in <i>Chaetodontoplus septentrionalis</i> from February to December 2018	25
Fig. 13. Photomicrographs of ovarian developmental stage female <i>Chaetodontoplus septentrionalis</i> from February to December 2018. (A) growing stage. (B) early mature stage. (C) mature and spawning stage. (D) degenerative and recovery stage. (E) Ripe oocyte before ovulation (F) Residual empty follicle after ovulation.	26
Fig. 14. Developmental stages in the testis of <i>Chaetodontoplus septentrionalis</i> from February to December 2018. (A) Testis of the growing stage. (B) Testis of the early mature stage. (C) Testis of the mature and spawning stage. (D) Testis of degenerative and recovery stage.	28
Fig. 15. Frequency of testicular developmental phase in <i>Chaetodontoplus septentrionalis</i> from February to December 2018	29
Fig. 16. Frequency of oocyte developmental stage in <i>Chaetodontoplus septentrionalis</i> from February to December 2018	31
Fig. 17. Frequency of yolk glouble stage of oocyte(diameter of oocyte from 250 to 450 μ m) in the ovary of <i>Chaetodontoplus septentrionalis</i> from February to December 2018	32

Fig. 18. Relationship between total length(cm) and fecundity of <i>Chaetodontoplus septentrionalis</i>	35
Fig. 19. Relationship between body weight and fecundity of <i>Chaetodontoplus septentrionalis</i>	36
Fig. 20. Sex distribution according to total length and body weight in <i>Chaetodontoplus septentrionalis</i> from February to December 2018. (A) female. (B) Male. (C) female, male and intersexual fish.	38
Fig. 21. Character of superior male intersex gonad in <i>Chaetodontoplus septentrionalis</i> . (A) and (B) immature stage of testis. (C) and (D) mature stage to testis.	39

List of Tables

Table 1. Habitat depth, area and individual of <i>Chaetodontoplus septentrionalis</i> by group	10
Table. 2. Composition of fecundity according to total length and body weigh of <i>Chaetodontoplus septentrionalis</i>	34

I. 서론

최근 지구 온난화의 영향으로 제주지역의 평균 수온은 지난 41년 동안 1.17°C (1.13°C-1.78°C) 상승하였으며 전 세계 평균 수온 상승(0.67°C)보다 약 2배 나 높은 것 파악됐다(Kim & Lee, 2010; Suh et al., 2011).

제주도 해역은 수온 변화에 따른 새로운 아열대성 어류들의 출현하고 미기록종이 해마다 증가하고 있다(Choi et al., 2003). 2012년부터 2013년까지 2년간 제주도 연안에 서식하는 어류를 조사한 결과, 전체 출현 어종 중 아열대성 어종이 49.4%를 점유하고 이중 청줄돔이 제일 우점종으로 나타났다(Ko et al., 2015).

청줄돔 (Blue-striped Angelfish, *Chaetodontoplus septentrionalis*)은 농어목 청줄돔과에 속하는 어류로, 우리나라를 포함한 일본, 타이완, 중국 등 서부태평양 열대 해역에 분포한다(Debelius et al. 2003). 청줄돔 성어의 몸은 황갈색 바탕에 8-10개의 너비가 좁고 긴 파란색 세로줄 무늬가 있으며 전장 약 22 cm 이다(Kim et al., 2005).

어류의 생식소 발달과 산란은 수온과 광주기 조건들의 상호보완적인 작용을 하며 종 특이적이다(Donaldson & Huter, 1983; Shimizu, 2003; Hermelink et al., 2011; Kanemaru et al., 2012). 어류의 생식소 발달을 수온과 광주기의 변화의 영향을 받아 계절적으로 구분 지을 수 있다(Aida, 1991).

어류의 성은 크게 자웅이체와 자웅동체로 구분될 수 있다(Yamamoto, 1969). Angelfish류 성현상은 암컷에서 수컷으로 성전환하거나 수컷에서 암컷으로 성전환하는 자웅동체특성을 보이며 일부 종은 소수 무리의 세력권을 형성하여 생활하고 있다(Hamaguchi et al., 2002; Sakai et al., 2018).

세계 해수관상어 시장에서 유통되고 있는 어종은 1,500여종이며, 우리나라에서 소비되는 해수관상어는 흰동가리류, 해마류 등이고, 대부분 인도네시아, 폴리네시아 등 열대지역인 동남아 국가에서 수입되고 있다. 관상어류는 대부분 담수산 어류가 차지하고 있으며 인공종묘 생산을 통해 안정적인 공급이 이루어지고 있으나, 가격은 해수관상어에 비해 낮은 편이다. 해수관상어의 가치가 높아 다양한 품종 개발과 인공종자 생산을 위해 많은 연구들이 진행되고 있다(Allen et al.,

1998; Anil et al., 1999).

청줄돔은 화려한 체색으로 인해 관상가치가 높은 어종으로 해수관상어 시장에서 개체 당 200 달러를 호가하고 있다(Chen & Tzeng, 2009). 청줄돔에 대한 연구는 대만지역에서 산란 패턴(Chen & Tzeng, 2009), 산란 행동 및 자치어의 초기 발달(Leu et al., 2010) 등이 이루어져 있으나, 국내에 서식하는 청줄돔의 번식 생물학적 특성에 대한 연구는 찾아보기 힘든 실정이다.

이 연구는 제주지역에 서식하는 아열대성 어종 중 제일 우점종으로 보고된 청줄돔(Blue-striped Angelfish, *Chaetodontoplus septentrionalis*)의 생식생태 탐색을 통하여 자원관리와 관상어 양식을 위한 번식특성을 구명(究明)하고자 제주지역에서 서식하는 청줄돔의 서식 생태, 배우자형성과정, 생식주기, 성특성을 스쿠버 다이빙 이용한 수중 관찰과 채집 그리고 조직학적 방법으로 조사하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험어 채집

실험어는 제주도 서귀포시 문섬, 범섬, 쇠섬 일대에서 2018년 2월부터 2019년 4월까지 스킨스쿠버를 이용한 채집 방식으로 어획하였으며 채집방법은 청줄돔의 행동특성을 이용하여 손으로 잡았다. 청줄돔이 경우 2-5마리가 일정 구역을 정하여 생활하는 특성과 일정 구역 내의 도피할 방법이 없을 경우 암반의 틈새 또는 하단부에 숨어 버리는 특성을 가지고 있어 채집의 가능한 틈새로 유인하는 방법을 사용하여 총 130마리의 청줄돔을 채집하였다. 청줄돔의 활동 영역 면적을 계산하고 확인하기 위하여 청줄돔을 일정 간격 유지 후 관찰하고 후미에서 지속적으로 따라가 양쪽 끝거리를 100 m 줄자를 이용하여 길이를 측정 후 활동 면적을 계산하였다(Fig. 1).

생식소 발달단계(developmental stage)는 월별 채집하여 생식소 성숙여부를 판단한 후 성숙기(mature stage)로 진입 단계에서 부터는 음력 그믐을 기준으로 매 월 2-3회 채집하였으며 채집된 실험어는 살아있는 상태로 실험실로 옮긴 후 마취하여 전장은 0.1 cm, 체중은 0.01 g까지 측정하였고 어체를 해부하여 생식소와 간을 절취한 후 0.01 g까지 측정하였다.

청줄돔의 뼈의 형태를 파악하기 위하여 표피제거 후 알리자린 레드(Alizarine Red S) 염색약이 경골에 반응하여 붉은색으로 착색시키고 알시안 블루(Alcian Blue) 염색약을 연골에 반응하여 푸른색으로 착색시켜 투명골격염색을 하였다.

2. 수온 및 광주기

채집지역의 환경변화를 조사하기 위하여 서귀포 해역 중 신흥 해역과 중문 해역에 HOBO로그(연속수온관측기)를 청줄돔의 주 서식 수심대인 15 m에 시설 후 연간 수온을 일 단위로 측정하였고 제주기상대의 기상관측자료를 활용하여 월평균 광주기를 조사 하였다.

3. 생식소 및 간의 중량지수조사

생식주기에 따른 생식소의 성숙상태를 월별 변화를 조사하기 위하여 어체를 해부하여 얻어진 생식소와 간은 0.01 g 까지 측정하여 생식소중량지수(gonadosomatic index : GSI) 와 간중량지수(hepatosomatic index : HSI)를 나타냈고 GSI는 ‘생식소 중량(GW) × 100 ÷ 체중(BW)’ 로 계산 하였으며 HSI는 ‘간 중량(HW) × 100 ÷ 체중(BW)’ 으로 계산하였다.

4. 생식세포의 조직학적 관찰

측정을 마친 생식소(gonad)의 발달과 간(heapato)의 변화를 조직학적으로 관찰하기 위하여 생식소와 간을 Bouin`s solution에 24시간 동안 고정하였고 상법인 파라핀 포매 과정으로 파라핀 블록을 만들어 Microtome을 이용하여 생식소와 간 조직의 종단면을 4-6 μm 두께로 절편하였다. 조직표본은 Harris hematoxylin(H) 와 0.5%-eosin(E)으로 비교염색을 하여 광학현미경으로 관찰하였다.

5. 포란수

포란수는 조직검경 후, 산란에 참여하지 않은 개체의 난소를 분리하여 Gilson solution(100 ml 60% alcohol, 880 ml water, 15 ml 80% nitric acid, 18 ml gacial acetic acid, 20 g mercuric chloride)에 담근 후 15일간 수회 흔들어 주면서 분리하고, 분리되지 않는 난들은 해부침으로 완전 분리시킨 다음, 이때 떨어져 나온 결체조직들은 증류수로 씻어 제거 하였다. 포란수(E)는 난소중량(W), 생식소의 일부 중량(ω), 생식소 일부의 포란수(ϵ)를 중량법에 의해 다음식으로 계산하였다.

$$E = \frac{W}{\omega} * \epsilon$$

포란수 증가는 $F = a(TL)^b$ 식으로 구하였으며 난경 250 μm 이상을 계측하였다.



Fig. 1. Maps showing the collecting areas. St. I (33° 13N, 126° 34E), Munseom in Seogwipo, St. II (33° 14N, 126° 37E), Harye in Seowipo, Jeju. source, Google Earth.

III. 결과

1. 청줄돔의 형태 및 행동특성

1.1. 청줄돔의 형태

제주 지역의 청줄돔의 몸은 두께가 얇고 폭의 넓은 난원형 형태를 보이며 전 새개골 아래 가장자리에 끝이 뒤로 향하는 가시가 1개가 있고 등지느러미와 뒷 지느러미의 극조부와 연조부는 둥글게 연결되어 있으며 연조부는 바깥쪽 끝이 갈라져 있는 분지연조의 형태를 띠고 있다. 상악과 하악은 다른 경골어류에 비하여 작고 넓은 새개부를 가지고 있으며 미명부 짧다. 청줄돔은 전장 약 25 cm까지 성장하며 평균적으로 전장 약 18 cm, 체중 약 162 g이었다(Fig. 2B & 2E).

청줄돔 성어의 복부는 황갈색을 띠고 있고 꼬리 부분으로 갈수록 파란색이 강해지며 꼬리지느러미는 노란색이다. 머리 부분부터 꼬리까지 7-12개의 좁고 긴 파란색 줄무늬가 있으며 줄무늬의 경우 일정 패턴을 보이나 모든 개체에서 약간씩 다른 형태의 줄무늬 형태를 나타내고 있다. 줄무늬는 물속에서 관찰하였을 때 빛을 반사시켜 더욱 화려하게 보인다. 수중에서 암컷과 수컷은 육안적으로 구분하기 힘들지만 산란기에 다다른 암컷은 생식소와 간이 크기 증가에 의해 복부의 비만도가 다른 것을 확인할 수 있었다(Fig. 2).

청줄돔의 생식소 형태는 복강 내 사이에 두고 있는 형태로 좌우 상칭으로 1쌍이 위치하고 성숙 시기의 정소와 난소는 각각 유백색과 담홍색을 띠고 있다. 조직학적으로 생식소를 관찰한 결과, 청줄돔의 난소는 난소강이 난소의 가운데 형성되어 있는 낭상형(ectovarian sac type)이었다(Fig. 3B & 3D). 정소는 다수의 소엽들로 구성되어 있고, 소엽상피를 따라 세포들의 무리를 지어 있는 소엽형(lobule type)이었다(Fig. 3A & 3C).

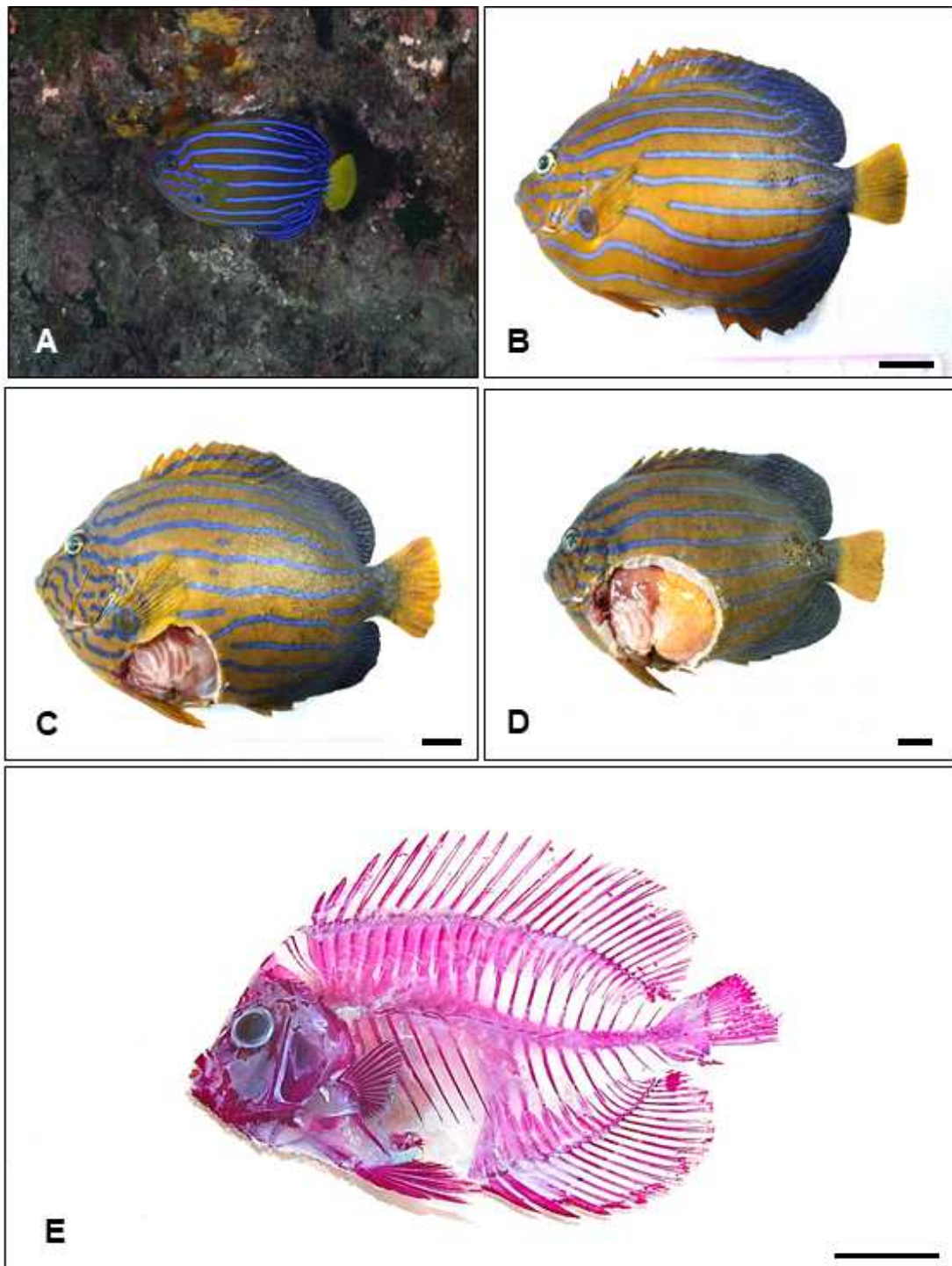


Fig. 2. Morphological characteristics of *Chaetodontoplus septentrionalis*. (A) Picture of blue-striped angelfish in the sea. (B) External morphology. male(C) and female(D) of gonad. (E) Bone structure of *C. septentrionalis*. Scale bars indicate 2 cm.

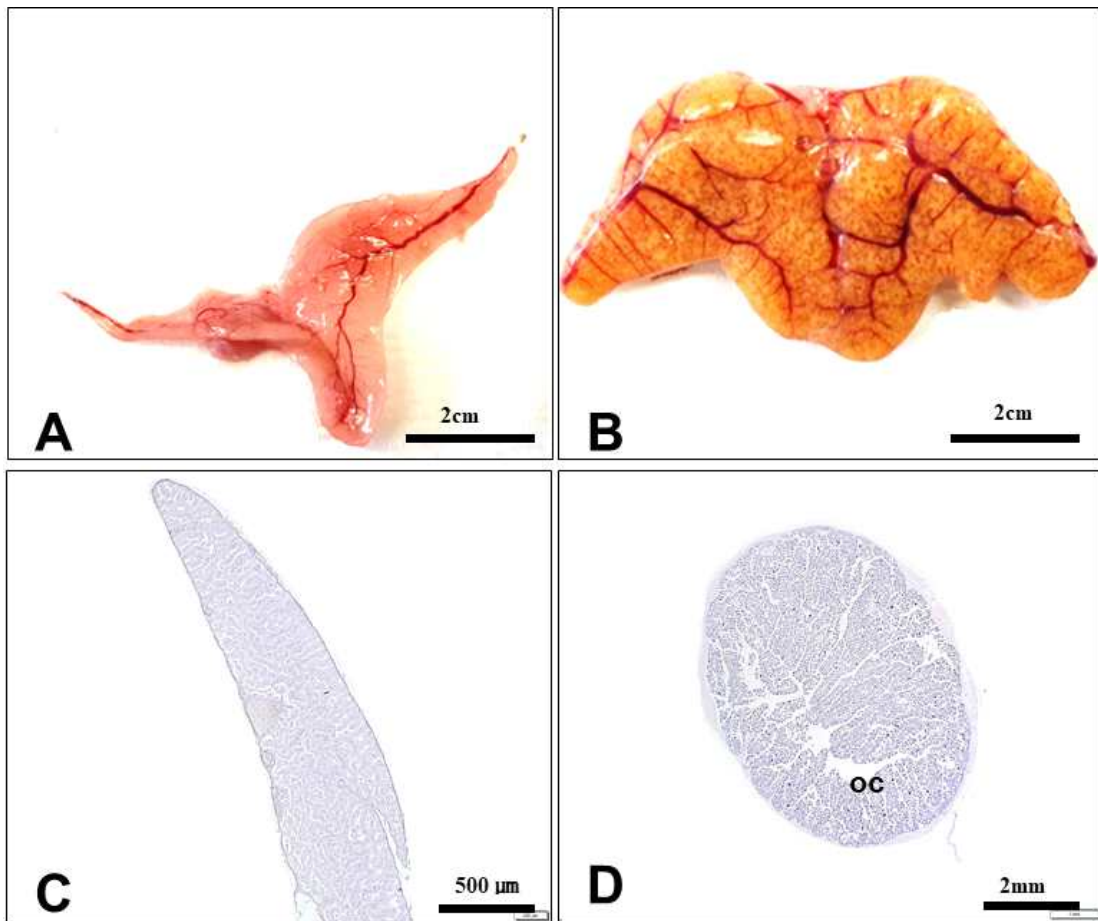


Fig. 3. Morphological characteristics of gonads in *Chaetodontoplus septentrionalis*. External morphology of testis (A) and ovary (B). Tissue structure of testis (C) and ovary (D). Oc, Ovarian cavity.

1.2. 청줄돔의 산란 행동특성

제주도 서귀포 해역에 출현하는 청줄돔은 수심 약 10-20 m 암반지형의 일정한 구역 내에서 2-5마리씩 유영한다(Table 1, Fig. 4A&B, Fig 5). 이들 무리의 구성원은 수컷 한 마리 당 암컷 1-4마리가 서식 반경 내에서 함께 유영하는 일부 다처제 패턴을 보였다. 청줄돔이 번식기에 접어들면 수컷이 암컷의 후미를 따라다니는 추미행동을 관찰할 수 있었다(Fig. 4C). 청줄돔의 활동 반경은 약 $75.4 \pm 30 \text{ m}^2$ 내에서 움직이며 대부분 활동 반경 밖으로 벗어나지 않는다. 간혹 세력권을 이탈한 개체들은 본래의 자기 세력권으로 돌아가는 행동을 볼 수 있다. 일정 반경에서 활동하던 청줄돔은 특별한 위협을 감지하면 구역 내의 위협회피 장소로 이동하는 모습을 보였다(Fig. 4D&E).

Table 1. Habitat depth, area and individual of *Chaetodontoplus septentrionalis* by group

Group	Individual number	Depth of water(m)	Area(m ²)
A	2	14.2	100.8
B	5	12.5	105.0
C	4	15.6	81.8
D	3	15.4	65.7
E	2	20.5	58.5
F	3	14.1	59.9
G	2	13.8	56.2
Average	3	15.16	75.41

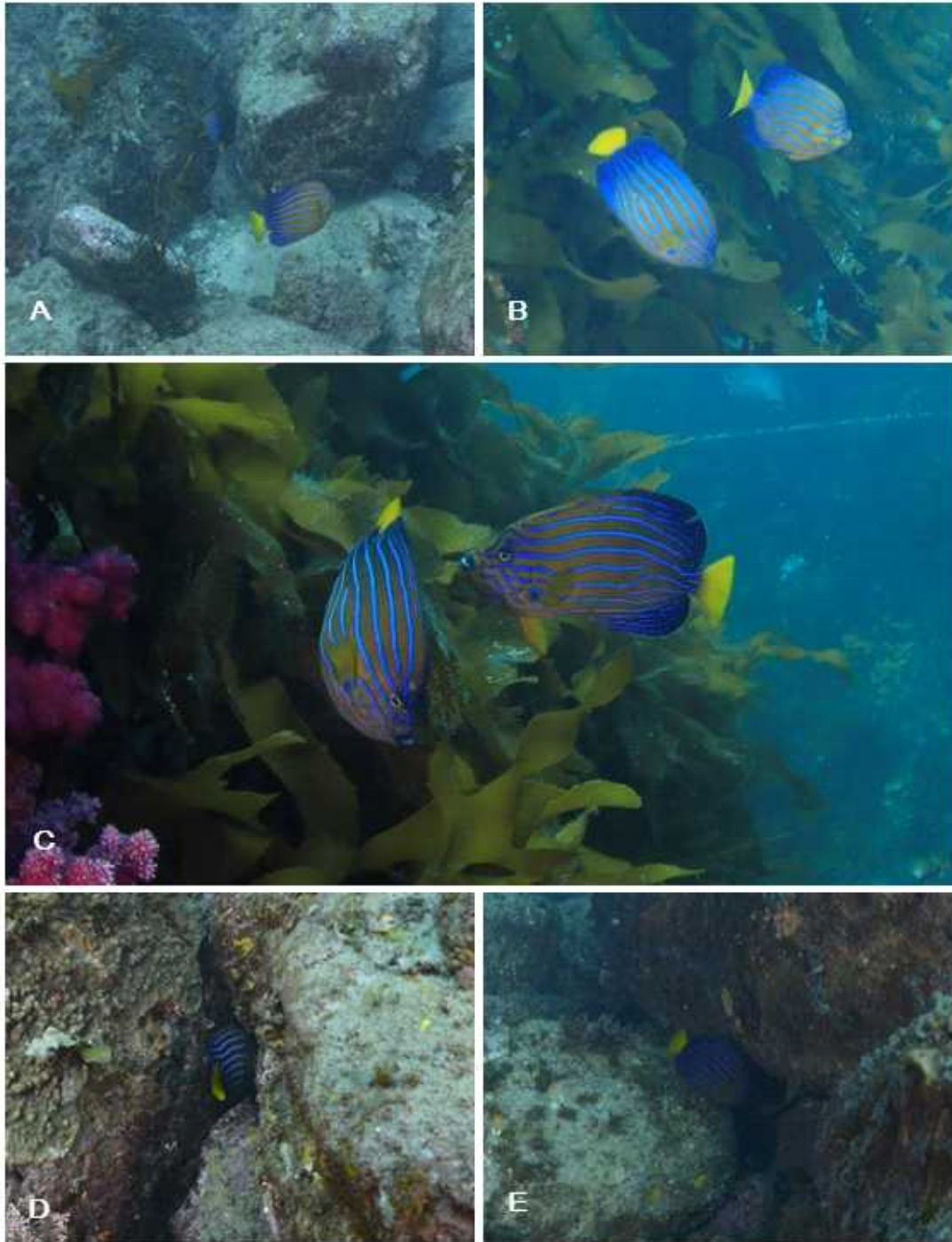


Fig. 4. Behavioral characteristics of *Chaetodontoplus septentrionalis*. (A) and (B) Territory swimming. (C) Breeding behaviour. (D) and (E) Avoiding behaviour.

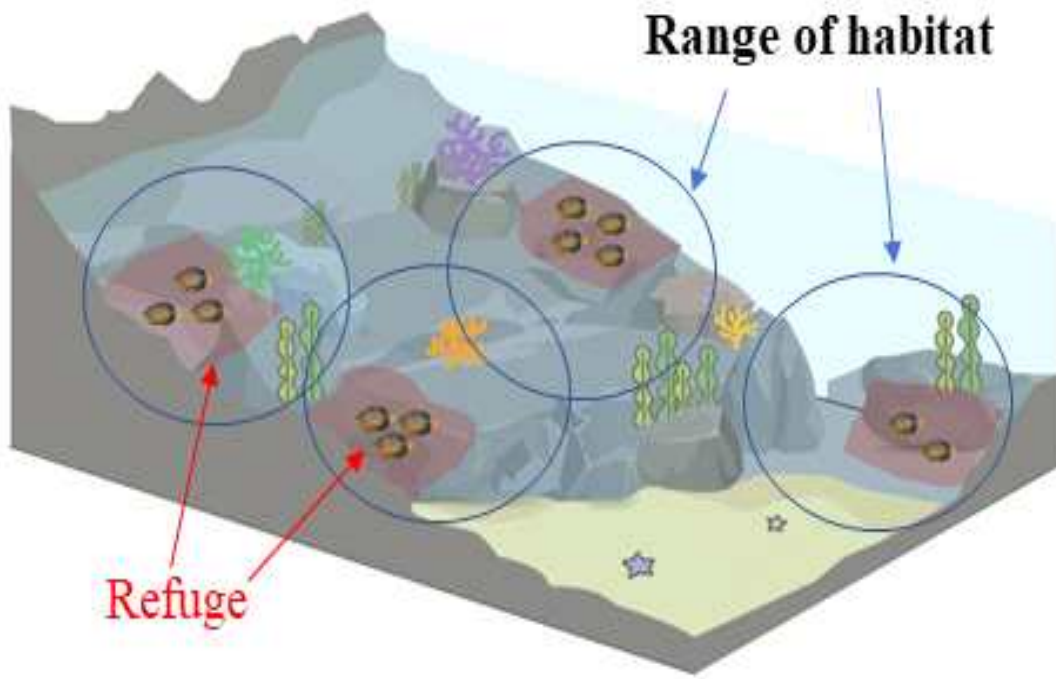


Fig. 5. Behavior characteristics of *Chaetodontoplus septentrionalis* in habitat of Jeju coastal waters

2. 수온과 광주기 변화

2018년 2월부터 2018년 12월까지 수온과 일장의 변화는 Fig. 6과 같다.

수온은 2월 $14.3\pm 1.2^{\circ}\text{C}$ 로 연중 최저치를 보였으며 일장은 12월에 약 10시간으로 가장 짧고 조사 해역의 수온의 경우 2월 $14.3\pm 1.2^{\circ}\text{C}$ 를 시작으로 3월 $14.9\pm 0.6^{\circ}\text{C}$ 로 서서히 증가하다가 8월 $26.4\pm 4.4^{\circ}\text{C}$ 로 연중 최고치를 보였고 일장의 경우 12월에 약 10시간에서 서서히 증가하여 6월 약 14시간 20분으로 가장 높은 수치를 보이다가 8월 약 13시간 50분으로 서서히 떨어지는 것을 관찰할 수 있었다. 수온이 가장 높은 달은 8월 $26.4\pm 4.4^{\circ}\text{C}$ 이고, 일장은 6월 약 14시간 20분이었다 (Fig. 6).

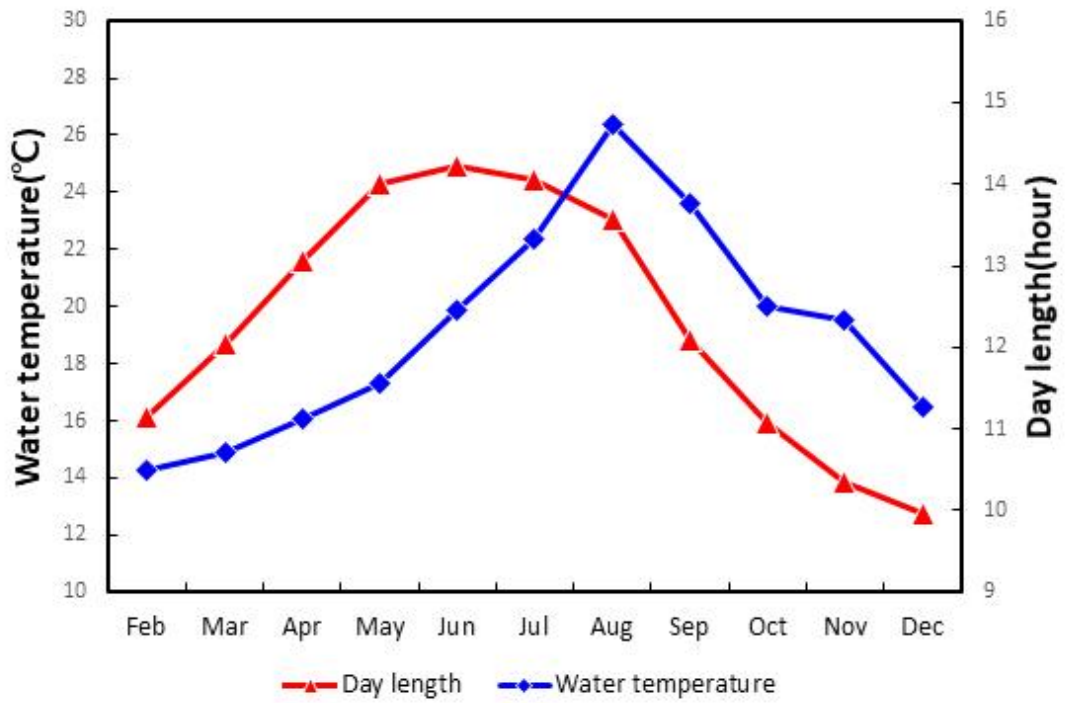


Fig. 6. Monthly changes of water temperature and day length from February to December 2018 in the Seogwipo, Jeju

3. 생식소중량지수(GSI)의 월 변화

2018년 2월부터 2018년 12월까지 GSI 월 변화는 Fig. 7과 같다.

암컷 청줄돔의 GSI는 2월과 3월에 1.2 ± 0.3 전후를 보이다가 5월 1.6 ± 0.5 로 서서히 상승하기 시작하여 8월에 5.0 ± 1 로 최댓값을 가지고 9월 3.8 ± 2 , 10월 0.8로 최솟값을 보였다. 암컷의 GSI는 수온의 상승하는 경향과 비슷한 형태로 증가하는 것을 보였으며 수온의 낮아지는 시점인 9월부터 암컷의 GSI도 급격히 떨어지는 것을 볼 수 있다(Fig. 7A).

수컷 청줄돔의 GSI는 2월에 0.1로 최저치를 보이다가 3월부터 0.3로 서서히 증가하여 7월에 0.9 ± 0.6 에 최솟값을 가진 이후 8월에 0.3로 감소하였다. 수컷의 GSI는 암컷의 GSI 최솟값을 가지는 8월보다 한 달 앞서서 최솟값을 보이지만 암컷의 성숙산란시기에 동조하는 것으로 볼 수 있다(Fig. 7B).

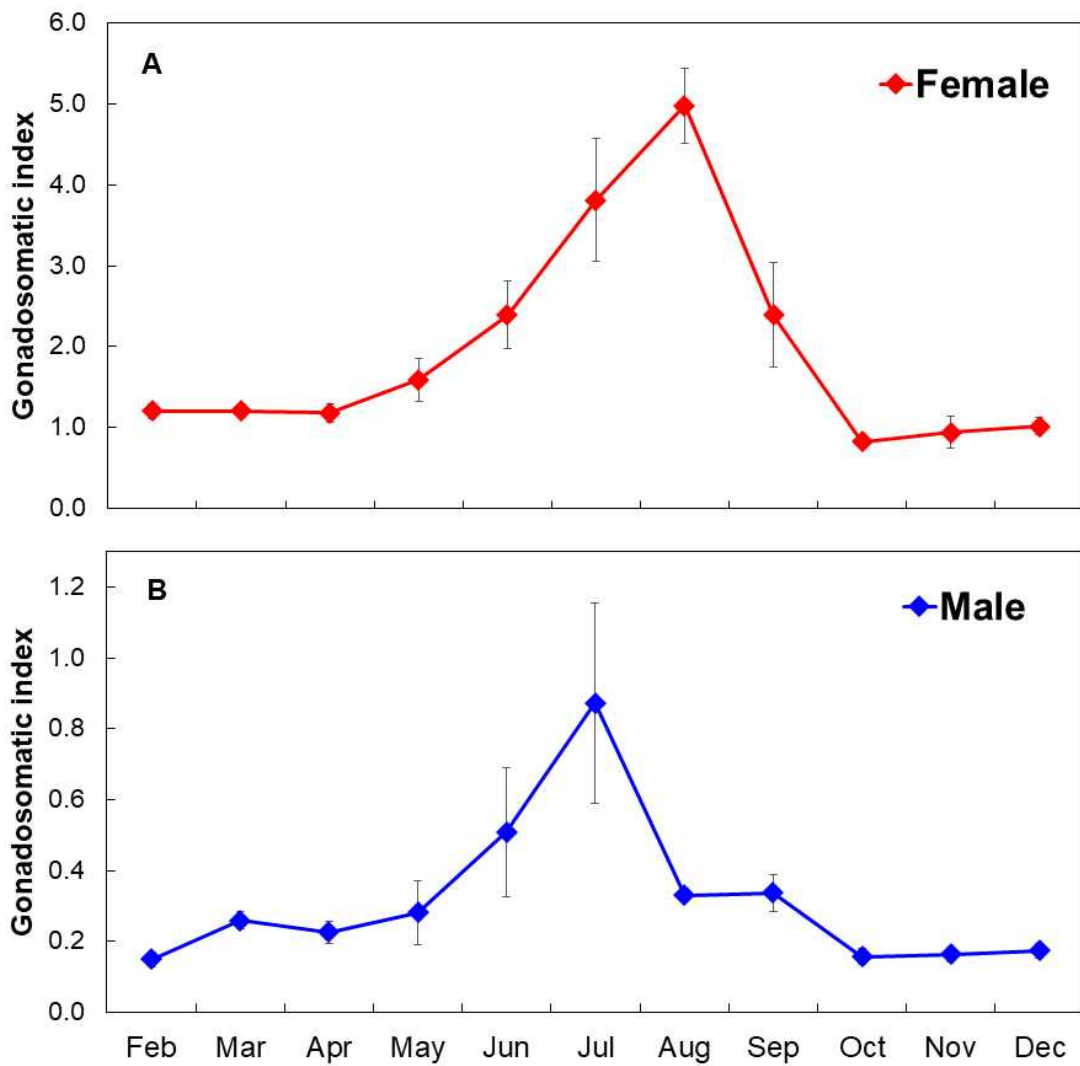


Fig. 7. Monthly changes gonadosomatic index (GSI) of female (A) and male (B) of *Chaetodontoplus septentrionalis* from February to December 2018

4. 간중량지수(HSI)의 월변화

2018년 2월부터 2018년 12월까지 HSI 월 변화는 Fig. 8과 같다.

암컷 청줄돔의 HSI는 2월부터 6월까지 1.5 ± 0.8 로 비슷한 양상을 보이다가 7월 7.3 ± 4 로 급격하게 증가하였으며 일부 개체는 11.5까지 높은 값을 보였고, 8월부터 2.0 ± 0.4 로 감소하여 10월에 1.1 ± 0.1 로 최저값을 가졌다(Fig. 8A). 수컷 청줄돔의 HSI는 2월부터 1.1 ± 0.1 로 나타나다가 5월 1.8 ± 0.1 로 최저값을 가지고 있으며 수컷의 GSI 변화와 관련성을 찾아보기 어렵다(Fig. 8B).

HSI가 높아지는 암컷 청줄돔의 7월의 간 조직을 조사한 결과 산란 전과 후의 간의 조직과는 다르게 글리코젠과 지방과립으로 판단할 수 있는 조직의 관찰되었다(Fig 9).

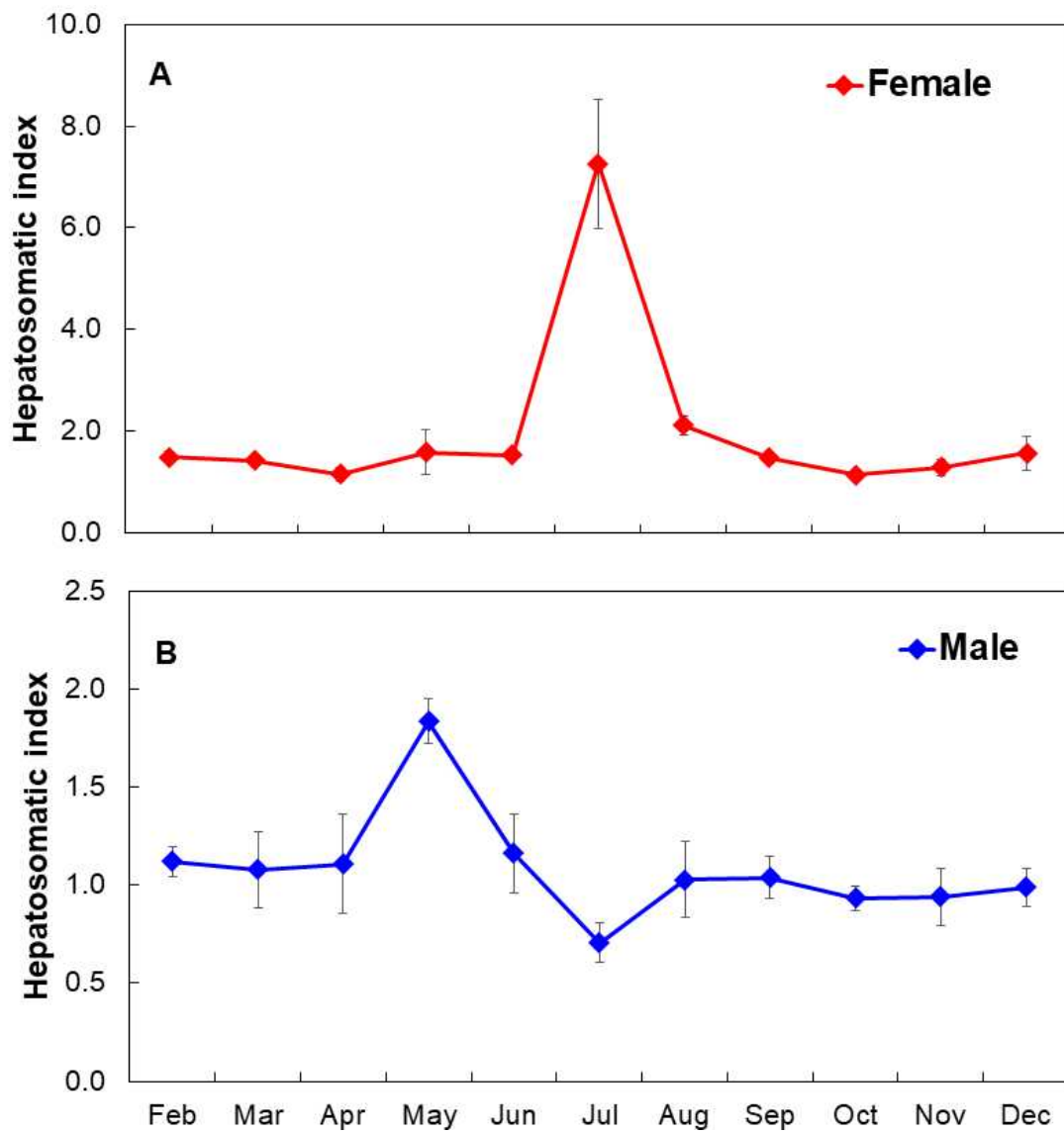


Fig. 8. Monthly changes hepatosomatic index (HSI) of female (A) and male (B) of *Chaetodontoplus septentrionalis* from February to December 2018

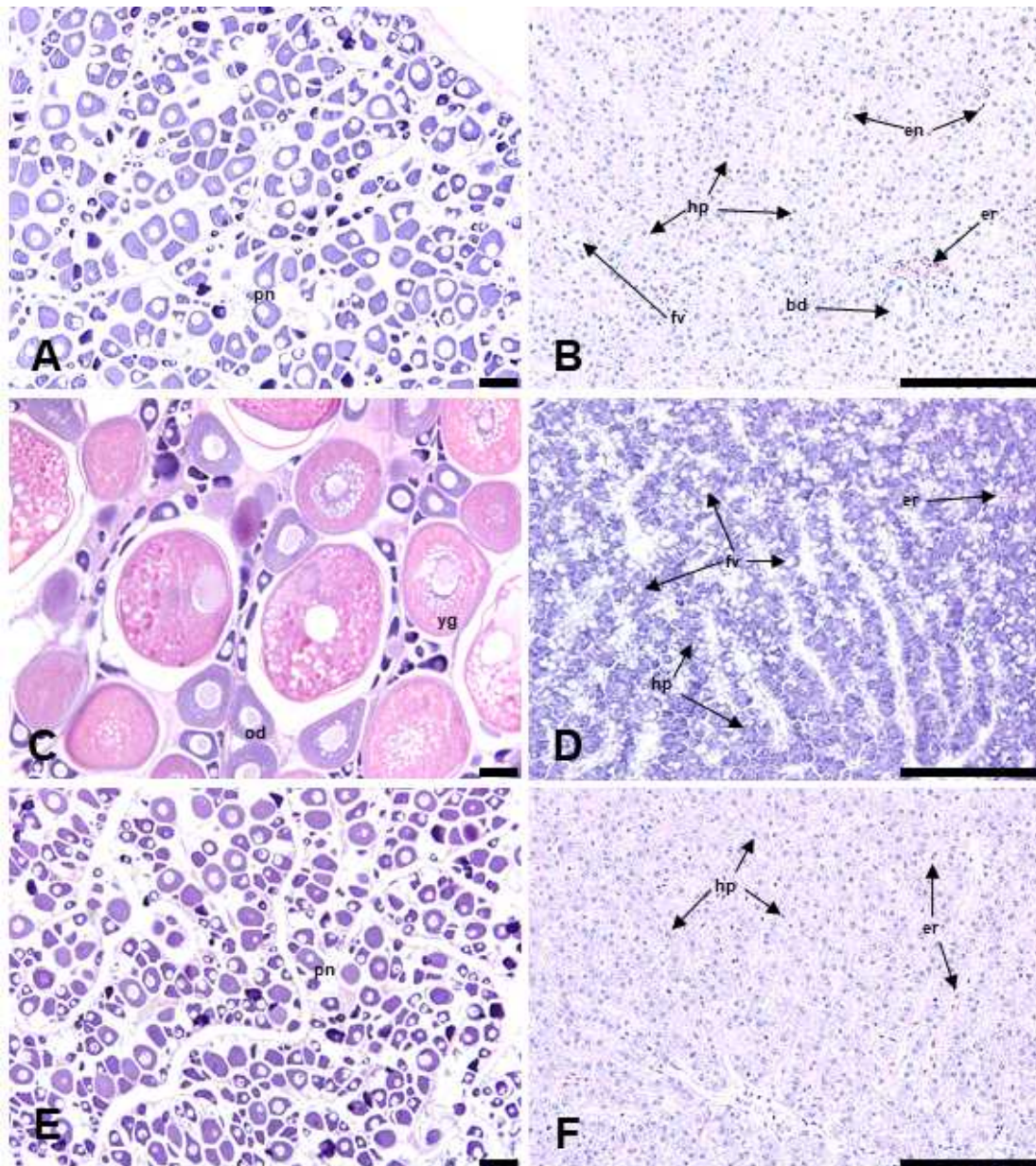


Fig. 9. Histological feature of ovary and liver in *Chaetodontoplus septentrionalis* ovary (A, C and E) and liver (B, D and F). bd, bile duct; er, erythrocyte; en, endothelial; fv, foamy vacuoles; Hp, hepatocyte. Scale bars indicate 100 μ m.

5. 조직학적 변화

5.1. 난소 발달

초기성장기의 난소에서는 난경이 20-120 μm 의 주변인기 난모세포들과 120-250 μm 범위의 유구기 단계의 난모세포들이 관찰되었다(Fig. 10A). 난모세포가 성장함에 따라 방사선대가 형성되고, 세포질에 난황구와 유구들이 축적되기 시작하여 난경 250-450 μm 에 달하였다(Fig. 10B). 산란 후 난소는 산란 흔적을 나타내는 잔존 여포세포층과 퇴화중인 난모세포가 소수 관찰되었으며, 산란 후 난소 생식상피는 재배치되었고, 생식상피를 따라 난경이 10-20 μm 의 염색인기 난모세포와 30-60 μm 의 주변인기 난모세포들이 분포하였다(Fig. 10C).

5.2. 정소 발달

성장기 정소는 소엽 내 생식상피를 따라 정원세포군들의 분열 증식하였고, 정모세포군들과 정세포 무리들이 분포하고 있다(Fig. 11A). 성숙산란시기의 정소는 소엽 내 성숙한 정자무리들로 가득 차 있다(Fig. 11B). 방정 후, 정소 소엽 내에 방정후의 잔존 정자들이 분포 하였고, 소엽 상피를 따라 정원세포들이 분포하였다(Fig. 11C).

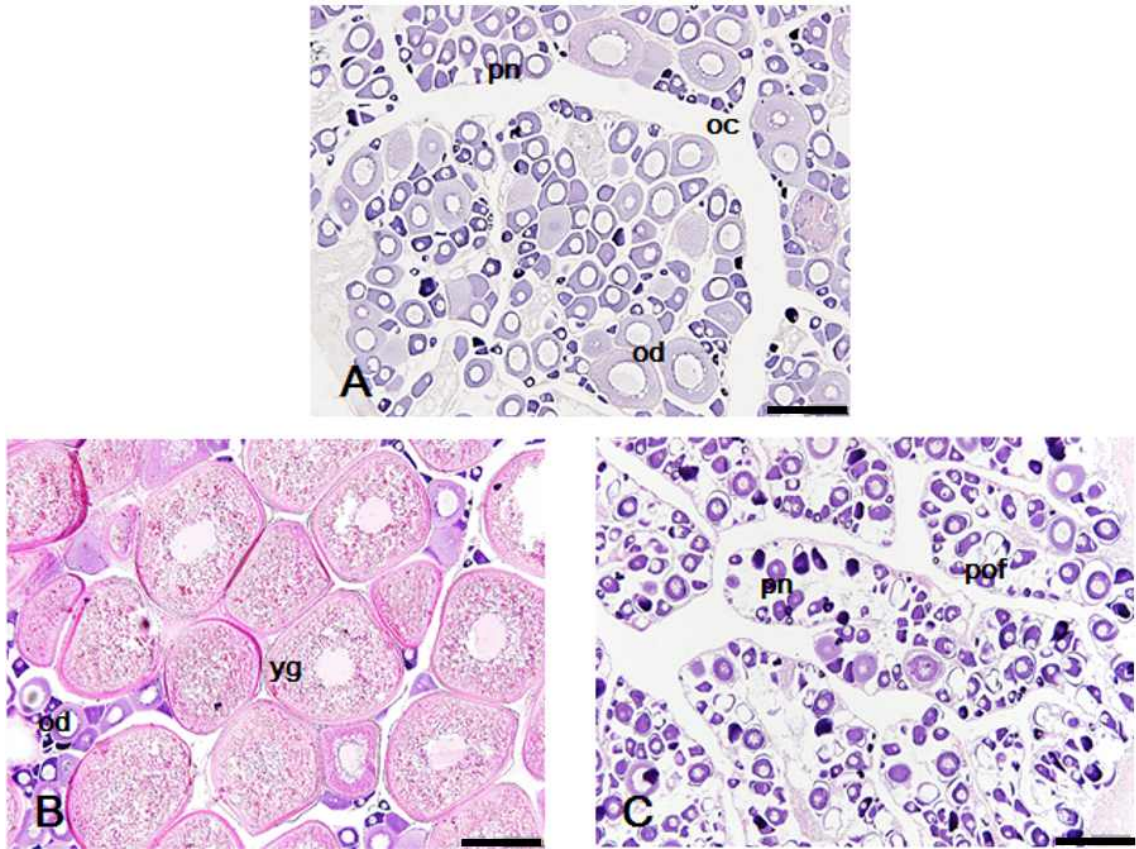


Fig. 10. Developmental oocyte stages in the ovary of *Chaetodontoplus septentrionalis* from February to December 2018. (A) Peri-nucleolus and oil globule stage of oocyte. (B) Yolk globule stage of oocyte. (C) peri-nucleolus stage of oocyte. Oc, Ovarian cavity; Od, Oil droplet; Pn, peri-nucleolus; Pof, postovulatory follicle; Yg, Yolk globule. Scale bars indicate 200 μ m.

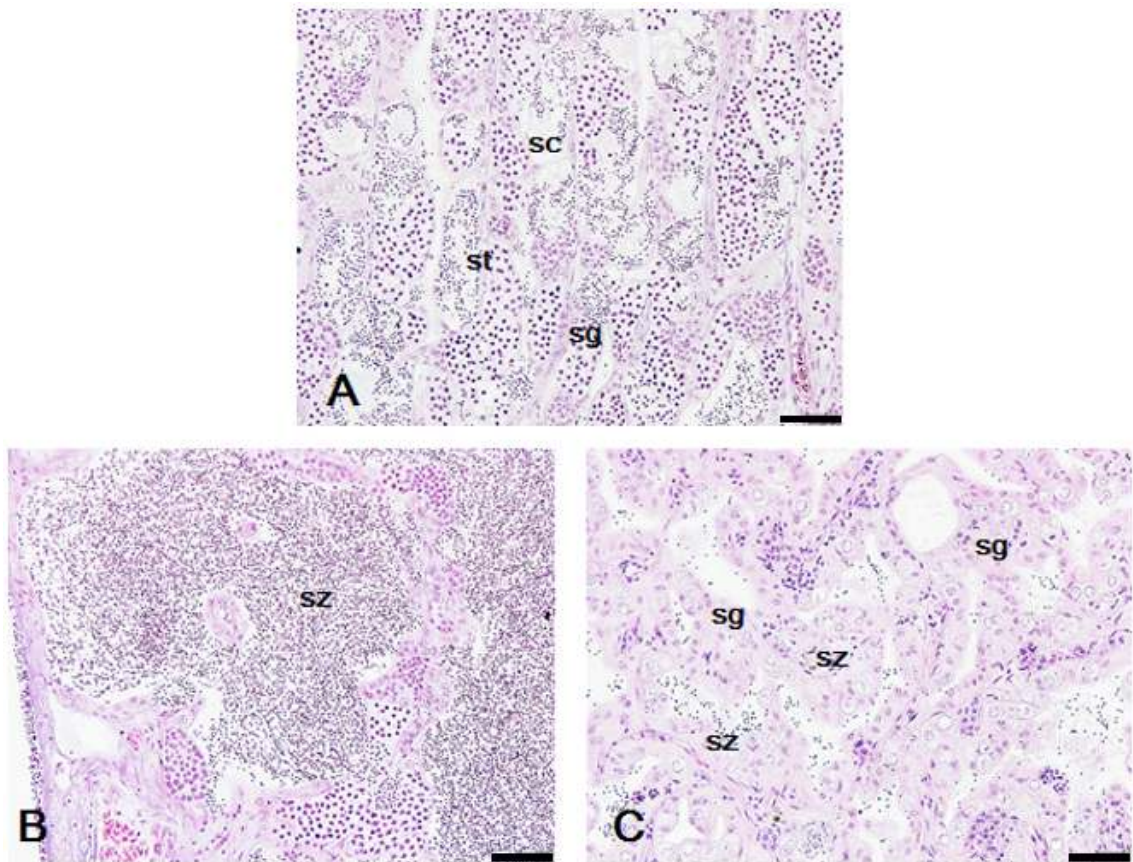


Fig. 11. Stage of spermatogenesis in the testis of *Chaetodontoplus septentrionalis* from February to December 2018. (A) Testis of the growing stage. (B) Testis of the mature stage. (C) Testis of the resting stage. Sg, Spermatogonia; Sc, Spermatocytes; St, Spermatid; Sz, Spermatozoa. Scale bars indicate 50 μ m.

6. 청줄돔의 생식주기

청줄돔의 생식주기는 난소내에 난모세포의 발달단계, 정소내의 정자형성단계를 토대로 하여 성장기(growing stage), 초기성숙기(early mature stage), 성숙 및 산란기(mature and spawning stage), 퇴화 및 회복기(degenerative and recovery stage) 4단계로 구분하였다

6.1. 암컷의 생식주기

암컷의 생식 주기는 5월까지 성장기 와 초기 성숙기 단계를 거쳐 6월부터 성숙기에 접어든 암컷들이 보이며 7월과 8월에는 대부분 개체들이 성숙 및 산란기, 9월 이후 퇴화 및 회복기에 접어든 개체들을 관찰할 수 있었다(Fig. 12 and 13).

성장기(growing stage)

11월부터 4월까지 성장기 단계의 암컷 난소에는 난경 20-120 μm 단계의 주변인기 단계의 난모세포들이 분포하였다(Fig. 13A).

초기 성숙기(early mature stage)

암컷의 생식소중량지수(GSI)가 급격히 증가하는 6월부터는 난소 소낭 내에는 크기 120-250 μm 유구기 단계의 난모세포와 크기 20-120 μm 주변인기 단계의 난모세포들의 혼재하여 분포 하였으며 일부 난황을 축적 하기 시작한 난경 300 μm 전·후의 난황구기 난모세포들이 관찰되었다(Fig. 13B).

성숙 및 산란기(mature and spawning stage)

암컷의 생식소는 성숙하면서 생식소중량지수(GSI)는 급격히 상승하였으며 7월에는 난소 소낭 내에는 난경 250-450 μm 의 난황구기 단계의 난모세포들의 전체 난모세포 중 약 34%가량을 차지하였고(Fig. 13C and 17) 7월에서 9월까지 배란직전에 세포질들이 균질화하는 난경 450-540 μm 성숙란과 배란직후의 잔존여포세포층들이 혼재하는 모습이 관찰되었다(Fig. 13E and 13F).

퇴화 및 회복기(degenerative and recovery stage)

퇴화 및 회복기 단계에서 암컷이 생식소 중량지수(GSI)는 급격히 낮아지고, 난소에서 일부 미방출된 성숙난들이 소낭 상피 또는 내강에 잔존하여 여포세포층에 흡수되고, 같은 시기인 9월부터 11월까지 생식상피가 회복하면서 난원세포들과 어린 난모세포들의 관찰되었다(Fig. 13D).

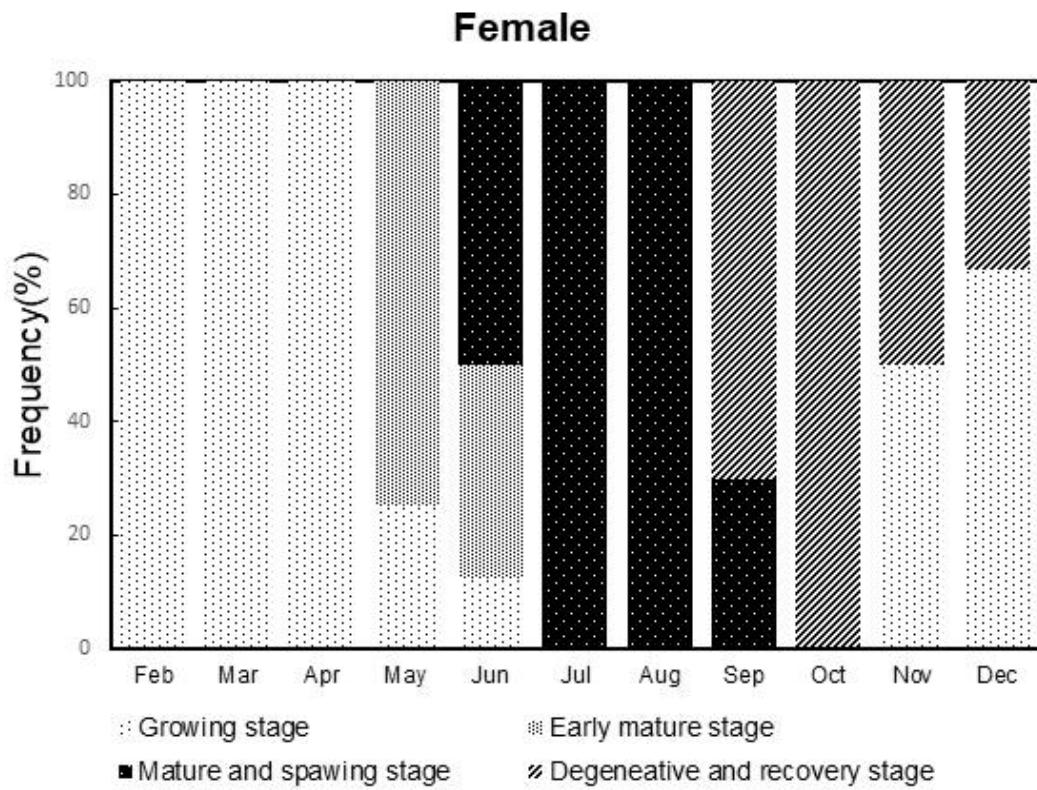


Fig. 12. Frequency of ovarian developmental phase in *Chaetodontoplus septentrionalis* from February to December 2018

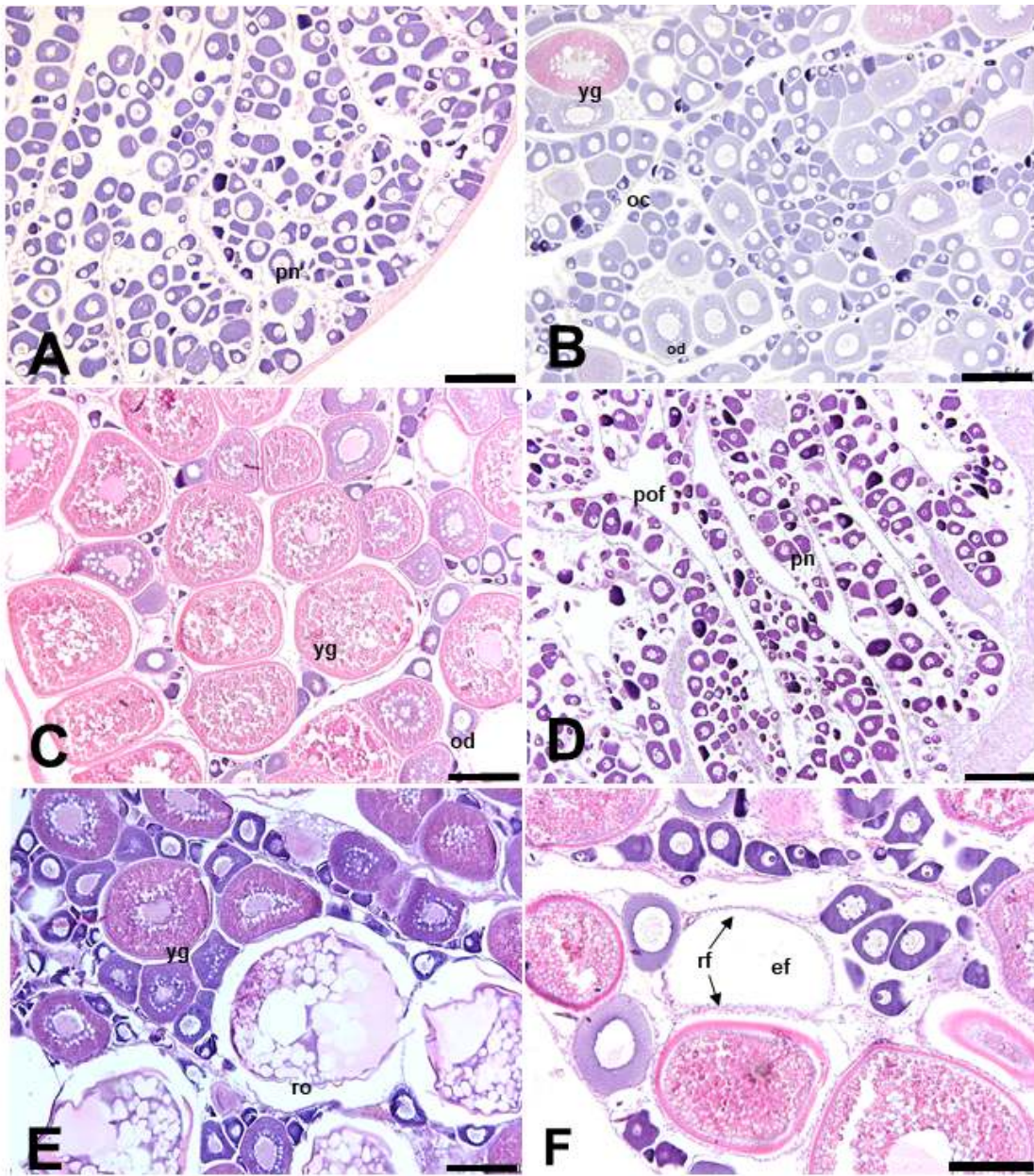


Fig. 13. Photomicrographs of ovarian developmental stage female *Chaetodontoplus septentrionalis* from February to December 2018. (A) growing stage. (B) early mature stage. (C) mature and spawning stage. (D) degenerative and recovery stage. (E) Ripe oocyte before ovulation (F) Residual empty follicle after ovulation. Oc, ovarian cavity; Od, Oil droplet; Pn, peri-nucleolus; Pof, post-ovulatory follicle; Yg, yolk globule; Ro, ripe oocyte; Ef, empty follicle; Rf; residual follicle layer. Scale bars indicate 200 μm .

6.2. 수컷의 생식주기

수컷의 생식주기는 산란 직후인 11월부터 퇴화 및 회복기와 성장기의 수컷 정소가 출현하고 6월부터 초기 성숙기 개체들이 보이다가 7월부터 10월까지 대부분 개체들이 성숙 및 산란기 단계에 접어든 것을 확인하였다(Fig. 14 and 15).

성장기(growing stage)

성장기의 정소는 정소 소엽을 따라 정원세포들이 분포하고 있으며 11월부터 4월까지 수컷의 GSI는 0.3 ± 0.2 낮은 상태를 유지한다(Fig. 14A).

초기 성숙기(early mature stage)

수온이 상승을 시작하는 4월부터 GSI 수치가 높아지고 정소 소엽 내 정모세포들의 감수분열하여 일부 정자로 발달하며 소엽 내강을 일부 채워가는 형태를 보인다(Fig. 14B).

성숙 및 산란기(mature and spawning stage)

정소는 소엽이 비대 해지고 변태된 정자들이 소엽 내강을 가득 메웠으며 6월부터 10월까지인 수컷의 성숙 및 방정기는 암컷의 성숙 및 산란기 기간보다 1개월 더 긴 것을 볼 수 있다(Fig. 14C and 15).

퇴화 및 회복기(degenerative and recovery stage)

수컷의 정소에서는 소엽 내에 방정 후 미방출된 정자들이 분포하고 잔존 정자들이 퇴화 흡수한 이후 성장기 단계의 정소의 모습을 보인다(Fig. 14D).

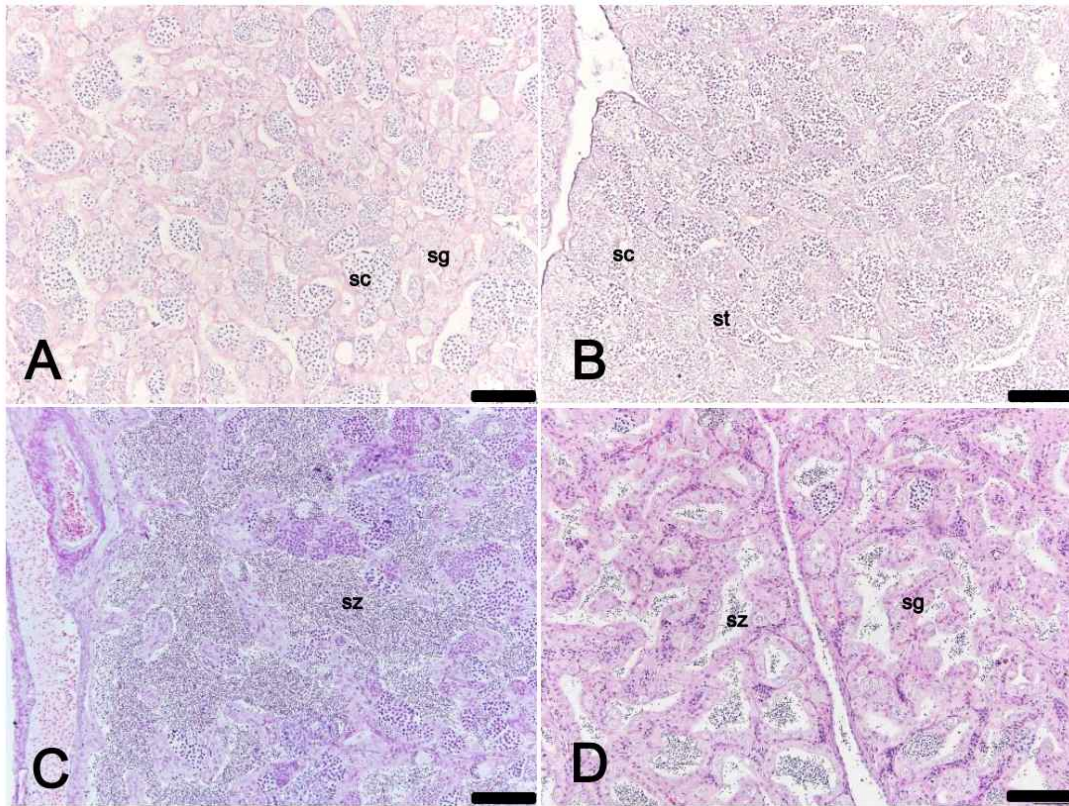


Fig. 14. Developmental stages in the testis of *Chaetodontoplus septentrionalis* from February to December 2018. (A) Testis of the growing stage. (B) Testis of the early mature stage. (C) Testis of the mature and spawning stage. (D) Testis of degenerative and recovery stage. Sg, Spermatogonia; Sc, Spermatocytes; St, Spermatid; Sz, Spermatozoa. Scale bars indicate 100 µm.

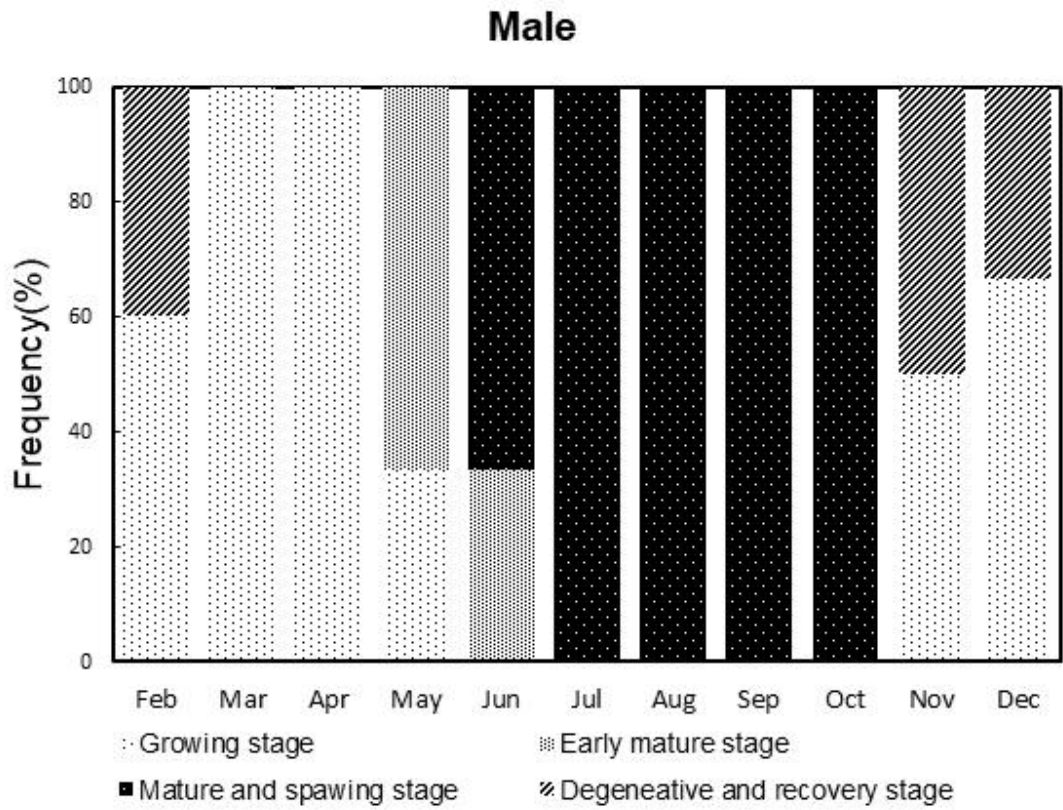


Fig. 15. Frequency of testicular developmental phase in *Chaetodontoplus septentrionalis* from February to December 2018

7. 월별 난모세포 단계별 비율

난소 내에 월별 난모세포 발달 단계별 비율을 검경한 결과, 성장기(growing stage)인 4월까지의 주변인기의 난모세포들이 100% 차지하고 있으며 5월부터 유구기 단계인 난모세포들이 16%로 증가하였다. 6월부터 난황구기인 난모세포들이 7%로 서서히 증가하여 7월 34%, 8월 30%로 가장 높게 나타나다가 9월부터 19%로 감소하였다. 10월부터는 유구기, 난황구기 단계의 난모세포들은 완전히 사라지고 주변인기 단계의 난모세포만 분포하였다(Fig. 16 and 17).

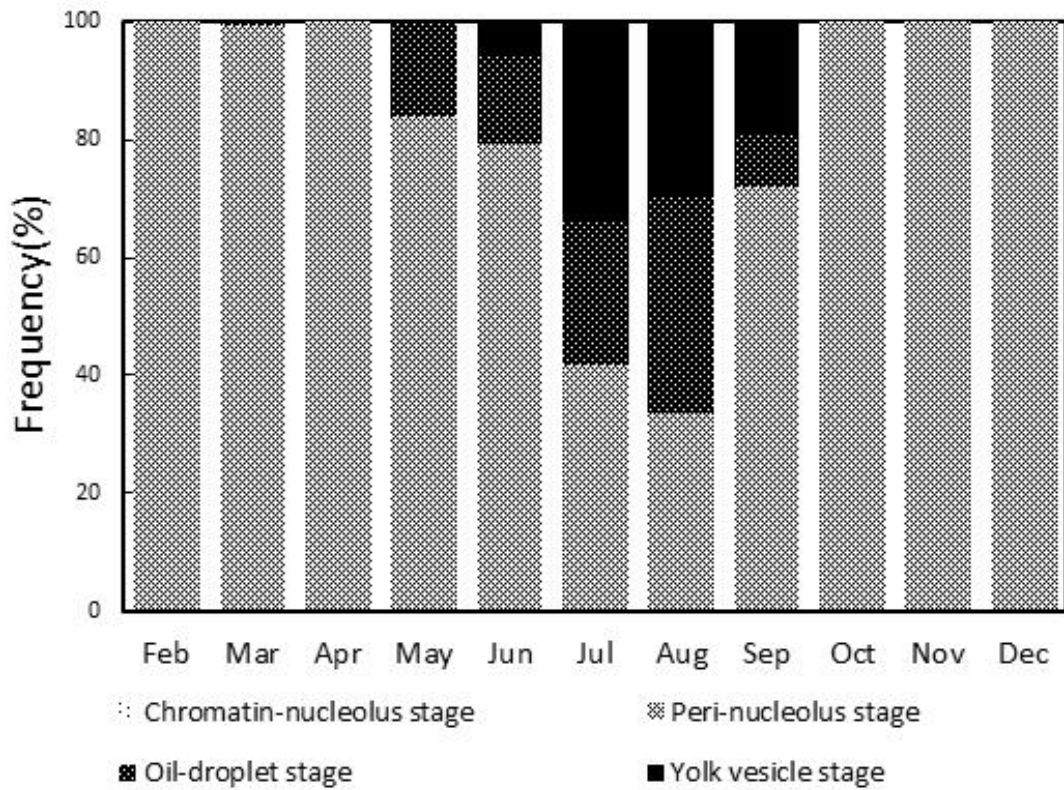


Fig. 16. Frequency of oocyte developmental stage in *Chaetodontoplus septentrionalis* from February to December 2018

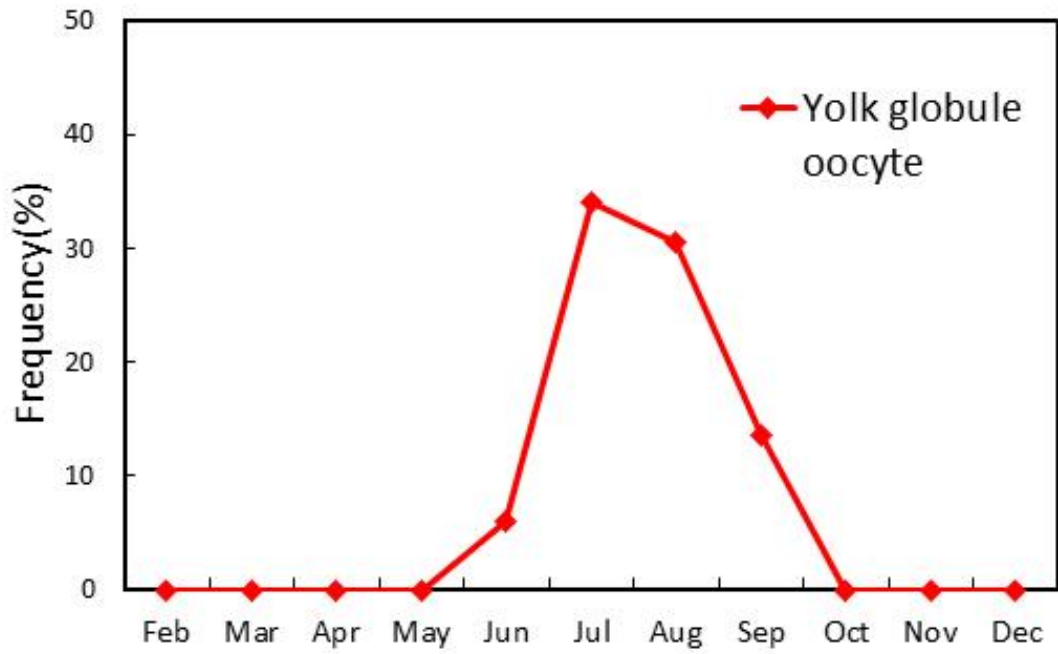


Fig. 17. Frequency of yolk globule stage of oocyte(diameter of oocyte from 250 to 450 μm) in the ovary of *Chaetodontoplus septentrionalis* from February to December 2018

8. 포란수

청줄돔의 포란수는 채집된 개체 중 생식소 조직사진에서 산란흔적이 있는 개체를 제외한 난황구기 이상의 성숙한 난모세포를 가지고 있는 개체의 난모세포를 계수하였다(Table. 2).

조사된 개체중 최소 4601개, 최대 22,840개로 계측되었고 전장 15 cm 미만의 개체는 10,000개 이하의 포란수를 가졌으며, 18 cm 이상에서는 10,000개 이상의 포란하였다. 체중 130 g 이하 개체에서 역시 10,000개 이하의 포란수를 보였으며 140 g 이상에서는 10,000개 이상 포란하였고, 전장(TL)과 체중(BW)이 증가할수록 포란수가 증가하는 현상이 관찰되었다(Fig. 18 and 19).

전장(TL)과 체중(BW)에 대한 포란수 증가(F)의 관계식은 각각 $F=63.16TL^{0.3026}$ ($R^2=0.5464$)과 $F=791.81BW^{0.0193}$ ($R^2=0.7577$)로 나타났다.

Table. 2. Composition of fecundity according to total length and body weight of *Chaetodontoplus septentrionalis*

Date	GW	Section GW	Section fecundity	Body weight(g)	Total length(cm)	Fecundity
6.28	6.89	0.79	870	131.5	15.94	7588
7.6	9.45	0.62	1030	153.88	17.5	15699
7.6	7.89	0.61	1420	130.02	16.1	18367
7.21	2.45	0.41	770	103.27	15.1	4601
9.6	9.46	0.65	1370	161.76	18.3	19939
9.6	4.21	0.57	970	112.6	16.3	7164
9.6	3.94	0.64	920	96.02	15.4	5664
9.22	8.71	0.45	1180	175.14	19.2	22840

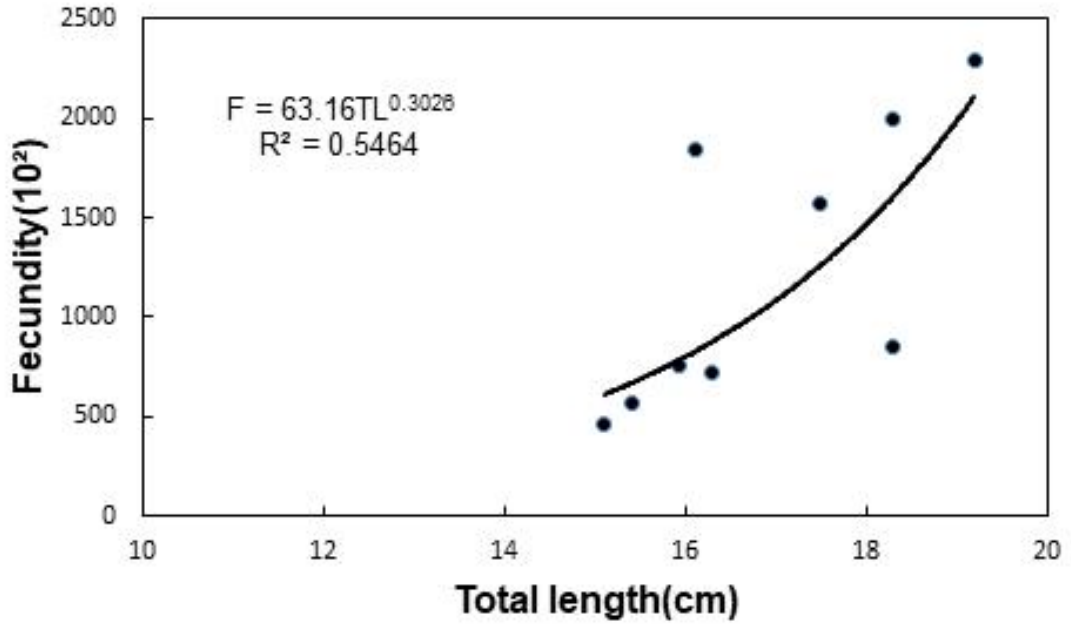


Fig. 18. Relationship between total length(cm) and fecundity of *Chaetodontoplus septentrionalis*

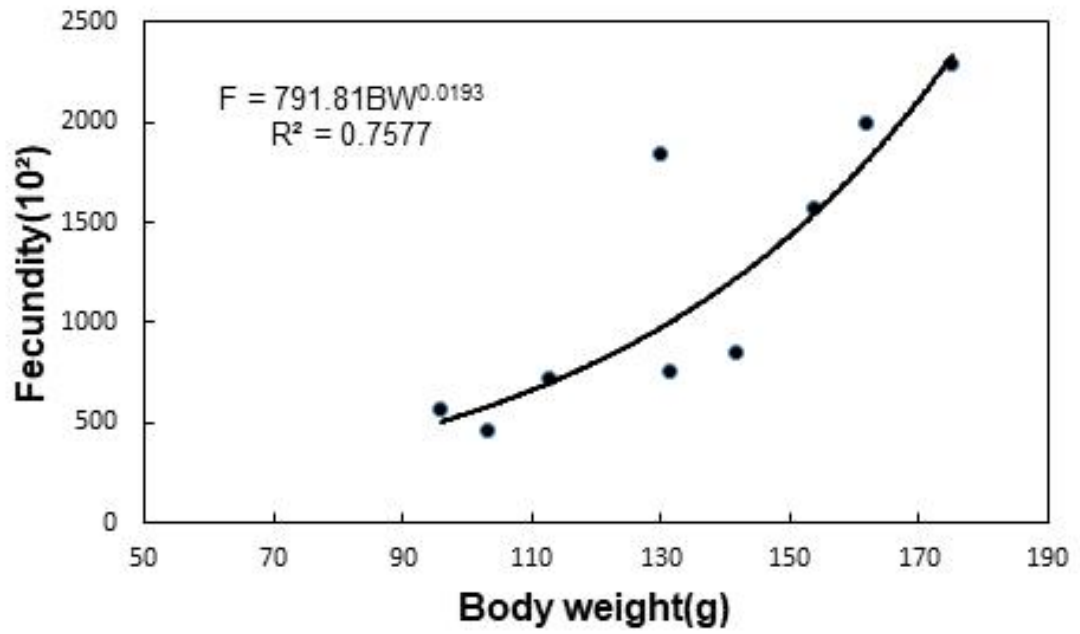


Fig. 19. Relationship between body weight and fecundity of *Chaetodontoplus septentrionalis*

9. 전장과 체중에 따른 성의 분포

채집된 청줄돔의 전장과 중량에 따른 성의 분포도를 조사하였다(Fig. 20).

청줄돔은 전장 18 cm, 체중 150 g 이하에서 암컷의 분포가 높고(Fig. 20A), 전장 20 cm 체중 200 g 이상에서는 수컷의 분포가 높게 나타났다(Fig. 20B).

청줄돔의 수컷 평균 전장은 19.20 ± 1.3 cm이고 체중은 186.71 ± 37.2 g이며 암컷이 경우 평균 전장은 17.12 ± 1.6 cm이고 체중은 138.53 ± 37.1 g으로 수컷의 경우 암컷에 비하여 전장은 약 2.1 cm 크고, 체중은 48.2 g 무거운 것으로 나타났다(Fig. 20).

수컷 개체중 가장 큰 개체는 전장 22 cm, 체중 259.76 g이고 가장 작은 개체는 전장 15.1 cm, 체중 109.46 g이며 암컷 개체 중 가장 큰 개체는 전장 22.3 cm, 체중 255.39 g 이고 가장 작은 개체는 전장 13.9 cm, 체중 72.84 g으로 나타났다(Fig. 20A and 20B).

간성개체의 생식소는 대부분 정모세포들이 분포하고 일부 난모세포들이 관찰되는 정소우세의 특징을 보였다(Fig. 21). 정소우세 간성개체들은 전장 18 cm, 체중 150~200 g 크기에서 일부 관찰되었으며(Fig. 21C), 생식소가 정원세포와 정모세포가 대부분 차지하고 일부 퇴행성의 난모세포가 관찰되는 특징을 보인 개체는 전장 18.63 cm, 체중 151.3 g에서 관찰되며(Fig. 20C, 21A and 21B) 전장 19.3 cm, 체중 199.18 g에서는 성숙한 정자가 분포하는 정소에서도 일부 퇴행성의 난모세포들이 관찰되었다(Fig. 20C, 21C and 21D).

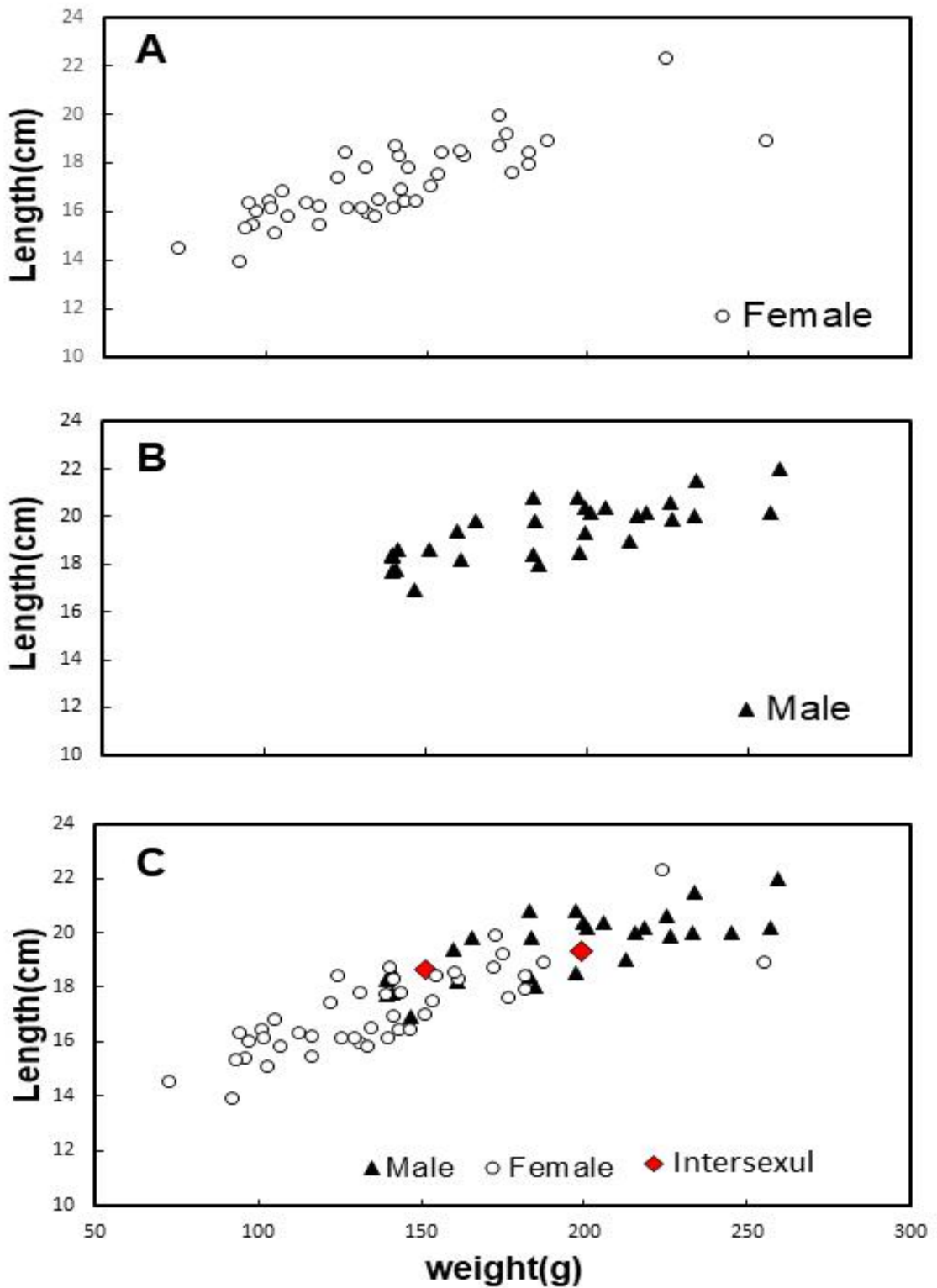


Fig. 20. Sex distribution according to total length and body weight in *Chaetodontoplus septentrionalis* from February to December 2018. (A) female. (B) Male. (C) female, male and intersexual fish.

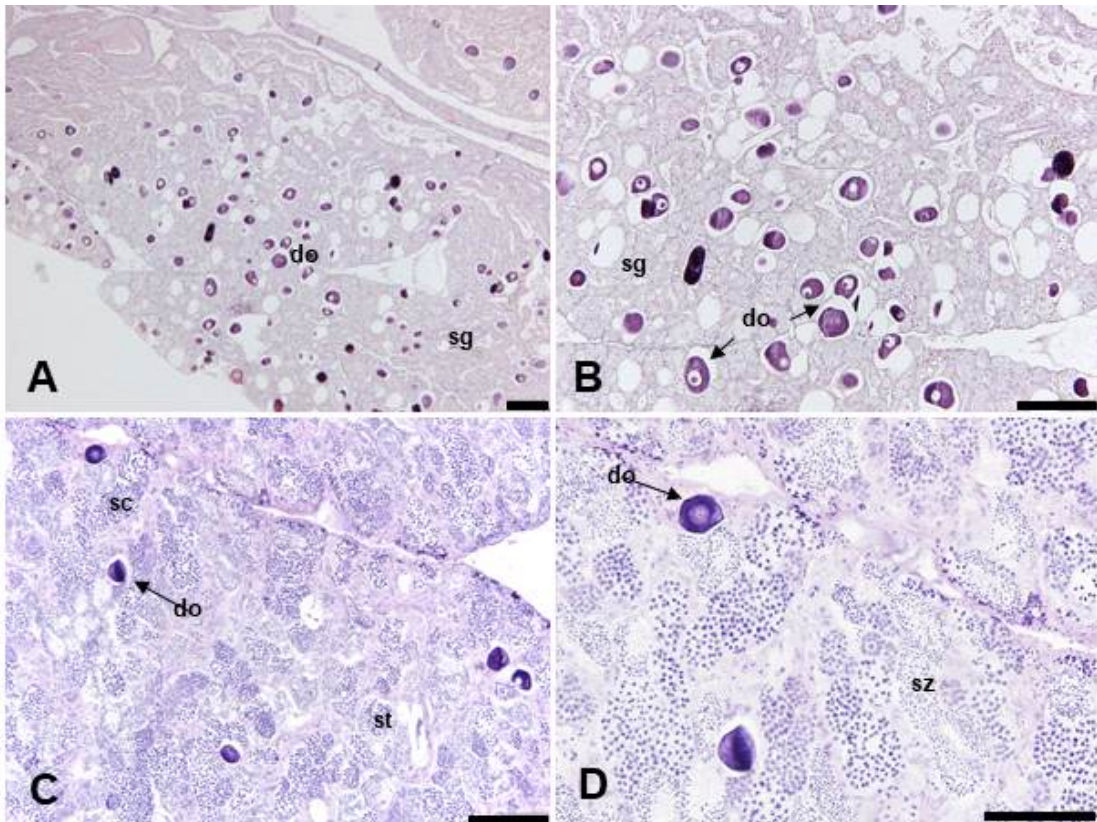


Fig. 21. Character of superior male intersex gonad in *Chaetodontoplus septentrionalis*. (A) and (B) immature stage of testis. (C) and (D) mature stage to testis. Sg, Spermatogonia; Sc, Spermatocytes; St, Spermatid; Sz, Spermatozoa; do, degenerating oocyte. Scale bars indicate 100 μ m.

IV. 고찰

Angelfish류는 생존전략을 위해 소수의 개체들이 무리를 지어 생활하는 형태를 보인다(Hamaguchi et al., 2002). 무리생활을 하는 개체들은 자손의 번식 생태를 도움으로써 종족을 유지시켜 나간다(Emlen & Wrege, 1989). 흰동가리돔류도 소수개체들의 무리를 지어 일정한 행동반경을 가지고 있고 번식을 위해 무리 내 최상위 개체가 사라지면 차순위 개체가 되어 무리를 유지한다(Buston, 2004). 청줄돔의 경우 수컷 한 마리당 암컷 두 마리가 일몰시간에 짝짓기를 한다(Leu et al., 2010). 일본 가고시마의 마쿠라자키 연안에서 놀래기과의 *heilinus bimaculatus*은 수컷은 짝짓기를 위한 세력권을 바위 또는 연산호 군락을 중심으로 형성한다(Lim, 1998). 이와 유사하게 서귀포 연안에 서식하는 청줄돔 경우도 소수의 무리를 형성하며 2-5마리 개체들이 일정 반경 내에서 생활하는 특성의 관찰되었다.

Haremic 특성을 가진 어류 중 *Cheilinus bimaculatus*, *Hypoplectrus unicolor*, *bluehead wrasse*, *Thalassoma bifasciatum* 는 산란 시기가 되면 짝짓기 행동을 하며 산란을 한다(Lim, 1998; Warner, 1984). 청줄돔의 경우도 haremic 특성을 가지고 있고 산란 시기가 오면 수컷의 암컷이 후미를 따라 다니며 추미행동을 보인다.

어류는 계절에 따라 성숙·산란하며, 산란기를 중심으로 생식주기를 나타내고 있는데, 생식활동을 제어하는 요인은 광주기와 수온 등이 깊게 관여하고 있다(Baek & LEE, 1985). 어류의 생식소 발달과 생식세포의 퇴화에 영향을 주는 광주기와 수온 변화가 어류의 산란을 계절적으로 구분하고 있다(Aida, 1991). 제주도 연안에 서식하는 어류 중 춘계산란형 어류는 조피볼락(Black Rockfish, *Sebastes Schlegeli*)(Park et al., 2001), 하계산란형 어류는 자리돔(Pearl-spot chromis, *Chromis notata*)(Lee & Lee, 1987), 용치놀래기(Multicolorfin rainbowfish, *Parajulis poecilepterus*)(Lee et al., 1991), 어랭놀래기(cock-tail wrasse, *Pteragogus flagellifera*)(Lee et al., 1992), 쥐치(filefish, *Stephanolepis cirrhifer*)(Lee et al., 2000), 복섬(grass puffer, *Takifugu niphobles*)(Kim, 2016)

추계산란형 어류는 황놀래기(bambooleaf wrasse, *Pseudolabrus japonicus*)(Lee et al., 1992), 옥돔(horsehead tilefish, *Branchiostegus japonicus*)(Choi et al., 2004), 동계 산란형 어류는 쏨뱅이(marbled rockfish, *Sebastes marmoratus*)(Bae et al., 1998), 숭어(grey mullet, *Mugil cephalus*)(Kim et al., 2004)로 보고되고 있다. 대만에서 조사된 청줄돔의 경우 수온이 상승에 맞춰 생식소의 성숙이 나타나며 28℃ 초과 되기 전 한번 이상 산란한다(Chen & Tzeng, 2009).

제주 지역에서 조사된 청줄돔의 경우 광주기의 영향보다는 주로 수온의 영향을 받아 18℃ 이상 수온일 때부터 GSI 수치가 증가하기 시작하여 26℃ 일 때 최고치를 가진다. 제주 지역에서 조사된 청줄돔의 경우 6월부터 성숙하기 시작하여 7월, 8월, 9월에 산란하는 하계산란형으로 나타났다.

일반적으로 어류의 간은 생식소에서 estrogen 자극에 의해 난황형성전구물질을 합성하고 분비하여 생식소에서 난황 단백질 형성에 매우 중요한 역할을 하고 있다(Stanchfield & Yager, 1980). 청줄돔의 경우 수컷보다 암컷 청줄돔의 HSI가 변화 폭의 큰 것을 확인하였고 7월을 제외한 모든 계절에서 비슷한 수치가 나왔다가 7월에 5배 이상 높은 수치가 나타났는데 이 시기에 간은 생식기 성숙에 따른 에너지 공급을 위하여 글리코젠과 지방 과립의 축적되어 간 중량의 증가했던 것으로 확인되었다.

어류의 난모세포 발달방식은 동기 발달형, 난군 동기 발달형, 난군 비동기 발달형의 3 가지 방식으로 나눌 수 있다(Wallace & Selman, 1981). 청줄돔은 성숙·산란시기에 난소에는 성장단계에 있는 난모세포들이 분포하고 있다. 난모세포 발달방법은 난군 비동기 발달형으로 산란시기에 수회에 걸쳐 산란하는 형으로 판단된다. 그리고 산란·방정 후에도 정소소관과 난소소낭에서 미방출된 성숙란과 정자들은 퇴화·흡수되지만 어린 난모세포들과 정모세포들은 생식상피에 여전히 존재하고 있는 것이 관찰되어 다음 성숙에 참여하는 것으로 판단된다.

어류의 번식잠재력을 판단할 수 있는 포란수는 종에 따라 다양하며 망둑어류의 100개 이하에서 500,000개 이상의 알을 포란하고 있고(Ha & Kinzie, 1996; Sunobe & Nakazono, 1995; Jin et al., 2006), 점농어(spotted sea bass, *Lateolabrax maculatus*)의 포란수는 체중과 전장의 증가함에 따라 약 170,000 개

까지 알을 포란하며(Kim et al., 2001), 흰점독가시치(rabbitfish, *Siganus canaliculatus*)는 최대 약 1,400,000 개까지 알을 포란한다(Hwang et al., 2004). 전장과 체중의 증가함에 따라 포란수가 증가하는 어종은 쥐노래미(fat greenling, *Hexagrammos otakii*) (Kang et al., 2004b), 병어 (silver pomfret, *Pampus argenteus*)(Chung et al., 2008), 돌가자미(stone flounder, *Kareius bicoloratus*)(Jun et al., 2009), 박대(cynoglossus, *Cynoglossus semilaevis*)(Kang et al., 2012) 등이 있으며 전장과 체중의 증가와는 별개의 포란을 가지고 있는 동갈돛돔(Skewband grunt, *Hapalogenys nitens*)(Kang et al., 2015) 등이 있다.

제주 지역의 청줄돔의 포란수는 체장과 전장의 높아짐에 따라 증가하는 모습을 보였고 전장 15 cm 체중 100g 전후 암컷개체는 10,000개 미만을 포란하고 전장 18 cm 체중 150 g 전후의 개체는 약 20,000개를 포란하는 것으로 확인되었고 조사된 개체 중 최대 포란개체는 전장 19.2 cm 체중 175.14 g 개체에서 22,840개의 포란수를 확인하였다.

해양생물 중에는 성전환의 요인으로 성장도가 영향을 미친다(Allsop & West, 2003). Angelfish류 중 일부는 암컷에서 수컷으로 성전환 하거나 수컷에서 암컷으로 성전환하는 특성을 가지고 있다(Thresher, 1984; Sakai et al., 2002). 또한 암컷에서 수컷으로 변하는 어종은 암컷 무리 중에서 체장이 큰 개체에서 수컷으로 전환하는 경향이 있다(Moyer & Nakazono, 1978; Randall & Yasuda, 1979).

일부 산호초 어류의 성전환은 외부자극에 의한 성전환이 아닌 그룹 중 큰 개체에 의해 작은 개체의 성변화를 억제하며 큰 개체가 없어질 때 작은 개체들이 성전환을 한다(Ross & Losey, 2012). 대만에 서식하는 청줄돔의 경우도 190 g 이상에서는 수컷이 비중이 월등히 높으며 일부 수컷 생식소에서 퇴화·흡수되는 난모세포들의 관찰된다(Chen & Tzeng, 2009). 제주 연안에 서식하는 대표적인 자웅동체어는 놀래기류(Lee et al., 2006), 감성돔(black Sea Bream, *Acanthopagrus schlegelii*)(Lee et al., 1994)이 있고 자웅이체어로는 썸뱅이(Oh, 2006), 쓸종개(striped eel catfish, *Plotosus lineatus*)(Heo et al., 2007). 바닥문질(hairychin goby, *Sagamia geneionema*)(Hur et al., 2006)이 있다. 제주연안에 서식하는 옥돔의 경우 전장 15-30 cm 에서는 암컷이 점유율의 높고, 전장 30 cm

이상에서는 수컷 비중의 높고 정소조직에서 퇴화하는 난모세포 조직이 분포한다(Choi et al., 2000). 자바리(longtooth grouper, *Epinephelus bruneus*)는 전장 30-92.3 cm 범위의 개체에서 대부분의 생식소 내에 난원세포와 주변인기 난모세포로 이루어지고 있다(Lee et al., 1993).

제주 서귀포 지역에 서식하는 청줄돔의 경우 전장 18 cm 중량 150 g 이하에서는 암컷 분포가 높고 전장 20 cm 중량 200 g 이상에서는 수컷의 분포가 높게 나타났다. 수컷의 경우 암컷에 비하여 평균적으로 전장은 2.1 cm 크고 체중은 48.2 g 높았다.

놀래기류 *Thalassoma duperrey*, 옥돔은 성전환이 일어나기 전에 난소 박판에서 시원생식세포들이 관찰되는데 형태적으로 난원세포나 정원세포의 구분이 어렵다(Nakamura, 1989; Choi et al., 2004). Angelfish 중 이외에도 놀래기류, 바리과에서도 암컷에서 수컷으로 변하는 성변화가 일어난다(Lee et al., 2006; Hwang et al., 1998).

관찰된 청줄돔 간성개체의 생식소는 정소에서 일부 난모세포들이 관찰되는 정소우세의 특징을 보였으며 정원세포와 정모세포가 있는 미성숙한 정소에서 일부 퇴행성의 난모세포가 관찰되는 특징을 보였다. 또한 일부개체에서는 정자가 관찰되는 성숙한 정소에서도 일부 퇴행성의 난모세포들이 관찰되었다.

서귀포지역에 서식하는 청줄돔은 2-5마리가 일정 범위 내에서 작은 무리를 형성하며 전장과 체중의 더 큰 수컷 한 마리와 수컷보다 작은 암컷 1-3마리가 무리를 형성하여 생활하는 것을 확인하였고 산란시기의 개시와 종료는 수온의 증가함에 따라 산란 개시에 작용 하며 7-9월에 난균 비동기 발달형으로 산란하는 하계산란종이고 크기와 중량의 차이를 생식소의 변화와 비교해 봤을 때 암컷에서 수컷으로 성전환을 하는 자성선숙형 자웅동체 어종으로 판단된다. 성전환 현상에서 체중의 증가나 연령의 증가에 따른 성전환인지 최상위 수컷이 사망시 차순위 암컷이 수컷으로 성전환 하는지는 추가 연구가 필요한 것으로 사료된다.

V. 요약

제주 서귀포 연안에 서식하는 청줄돔은 소수의 무리를 형성하며 2-5마리 개체들의 일정 반경 내에서 생활하고 암컷보다 크기가 큰 수컷 한 마리가 암컷 여러 마리를 데리고 있는 harem적 특성을 가지고 있으며 산란 시기가 되면 수컷의 암컷이 후미를 따라 다니는 추미행동을 보인다. 청줄돔의 경우 수온 18℃ 이상일 때부터 GSI 수치가 상승을 시작하며 26℃ 일 때 최고치에 달하였다. 제주 지역에서 조사된 청줄돔의 경우 6월부터 성숙하기 시작하여 7월, 8월, 9월에 산란하는 하계산란형이며 난균비동기 발달형으로 산란시기에 수회에 걸쳐 산란하는 것으로 판단된다. 청줄돔은 수컷보다 암컷 청줄돔의 HSI 수치의 변화 폭이 크고, 7월을 제외한 모든 계절에 HSI는 1.2-2 전후로 비슷한 수치가 유지하다가 7월에 HSI가 7.3 ± 4 으로 5배 이상 높은 수치가 나타났는데 이 시기에 간은 생식기 성숙에 따른 에너지 공급을 위하여 글리코젠과 지방 과립의 축적되어 간 중량의 증가하였다. 제주 지역의 청줄돔은 체중과 전장의 증가함에 따라 포란수도 증가하는 것을 확인하였고 암컷개체는 약 5,000개에서 22,000개의 알을 포란하였다.

청줄돔의 경우 수컷은 암컷에 비하여 평균적으로 전장은 2.1 cm 크며 중량은 48.2 g 높은 것으로 확인됐다. 일부 수컷 청줄돔의 생식소는 정소에서 일부 난모세포들이 관찰되는 정소우세의 특징을 보였으며 정원세포와 정모세포가 있는 미성숙한 정소에서 일부 퇴행성의 난모세포가 관찰되는 특징을 보였다. 또한 일부 개체에서는 정자가 관찰되는 성숙한 정소에서도 일부 퇴행성의 난모세포들이 분포하였다. 이러한 크기와 중량의 차이를 생식소의 변화와 비교해 봤을 때 암컷에서 수컷으로 성전환을 하는 자성선속형 자웅동체 어종으로 판단된다.

VI. 참고문헌

- Aida K (1991) Environmental regulation of reproductive rhythms in teleosts. Bull. Inst. Zool., Academic Sinica. Monograph 16:173-188.
- Allen GR, Steen R, Allen M (1998) A guide to angelfishes and butterflyfishes. Odyssey Publishing (USA)/Tropical Reef Research (Aust.). Perth, 250.
- Anil MK, Kakati VS, Ganga U, Zacharia S (1999) Larval rearing of seahorse *Hippocampus kuda* under laboratory conditions. Marine Fisheries Information Service 162:23-25.
- Allsop DJ, and West SA (2003) Constant relative age and size at sex change for sequentially hermaphroditic fish. J Evol Biol 16:921-929.
- Bae HC, Chung SC, Lee JJ, Lee YD (1998) Annual Reproductive Cycle and Embryonic Development within the Maternal Body of the Marbled Rockfish, *Sebastes marmoratus* from the Cheju Island. Journal of the Korean Fisheries Society 31:489-499.
- Baek, HJ, LEE TY (1985) Experimental Studies on the Mechanism of Reproductive Cycle in the Longchin Goby *Chasmichthys dolichognathus* (HILGENDORF). Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 18, 243-252.
- Buston PM (2004) Territory inheritance in clownfish. Proc. R. Soc. Lond. B (Suppl.) 271:S252-S254.
- Choi YO, Jeong K, Ra HK (2003) Fish Fauna of the Southern Coastal Waters in Jeju-do, Korea. Korean Journal of Ichthyology 15:120-126.
- Choi JK, Kim HJ, Park CB, Lee CH, Song YB, Lee KJ, Yeo IK, Lee JU, Chang DS, Ha DS, Lee YD (2004) Annual Reproductive Cycle and

- Sexual Characteristics of *Horsehead Branchiostegus japonicus*. Journal of the Korean Fisheries Society 16:282-294
- Chung EY, Bae JS, Kang HW, Lee HB, Lee KY (2008) Reproductive ecology of the silver pomfret *Pampus argenteus* on the west coast of Korea. Dev Reprod 12:169-181.
- Chen KY, Tzeng WN (2009) Reproductive Mode of the Blue-striped Angelfish *Chaetodontoplus septentrionalis* in Northeastern Taiwan. Zoological Studies 48:468-476.
- Donaldson EM, Huter GA (1983) induced final maturation, ovulation and spermiation in cultured fishes. In : Hoar, W. S., Randall, D. J., Donaldson, E. M. Eds., Fish Physiology. Reproduction, Vol. 9 B, Academic Press, Orlando, FL 351-403.
- Debelius H, Tanaka H, Kuitert RH (2003) Angelfishes - a comprehensive guide to Pomacanthidae. Chorleywood, UK: TMC Publishing 208.
- Emlen ST & Wrege PH (1989) A test of alternate hypotheses for helping behavior in white-fronted bee-eaters of Kenya. *Behav. Ecol. Sociobiol* 25:303-320.
- Hwang SI, Lee YD, Song CB, Rho S (1998) Gonadal Development and Effect of 17 α -methyltestosterone on sex Inversion of the Red Spotted Grouper, *Epinephelus akaara*. Journal of Aquaculture 11(2):173-182.
- Ha PY, Kinzie RA (1996) Reproductive biology of *Awaous guamensis*, an amphidromous Hawaiian goby. *Env. Biol. Fish* 45:383-396.
- Hamaguchi Y, Sakai Y, Takasu F, Shigesada N (2002) Modeling spawning strategy for sex change under social control in harem angelfishes. *Behavioral Ecology* 13:75-82.
- Hwang HK, Park CB, Kang YJ, Lee JH, Rho S, Lee YD (2004) Gonadal

- Development and Reproductive Cycle of the Rabbitfish (*Siganus canaliculatus*). Journal of the Korean Fisheries Society 37:393-399
- Hur SW, Kim SJ, Song YB, Lee CH, Jin YS, Lim BS, Baek HJ, Kim HB, Lee YD (2006) Reproductive Cycle of Female Hairychin Goby *Sagamia geneionema*. Journal of the Korean Fisheries Society 39:404-409.
- Heo SI, Ryu YW, Rho S, Lee CH, Lee YD (2007) Reproductive Cycle of the Striped Eel Catfish *Plotosus lineatus* (Thunberg). Journal of the Korean Fisheries Society 40:141-146.
- Hermelink B, Wuertz S, Trubiroha A, Rennert B, Kloas W, Schulz C (2011) Influence of temperature on puberty and maturation of pikeperch, *Sander lucioperca*. Gen Com Endocrinol 172:282-292.
- Jin YS, Park CB, Kim HJ, Lee CH, Song YB, Kim BH, Lee YD (2006) Reproductive Cycle of Dusky Tripletooth Goby *Tridentiger obscurus* in Jeju Island, Korea. The Ichthyological Society of Korea 18:184-192.
- Jun JC, Kang HW, Kim BG, Choi KH, Jo KC (2009) Fecundity and hatch rate of natural stone flounder *Kareius bicoloratus* from the west coast of Korea. Korean J Ichthyol 21:239-246.
- Kim SY, Bang IC, Rho YG, Kim JH (2001) Studies on Sexual Maturation of Spotted Sea Bass, *Lateolabrax maculatus*. Journal of the Korean Fisheries Society 34:526-535.
- Kim SJ, Lee YD, Yeo IK, Baek HJ, Kim HB, Masaki N, Kiyoshi S, Akihiko H (2004) Reproductive Cycle of the Female Grey Mullet, *Mugil cephalus*, on the Coast of Jeju Island, Korea. Journal of environmental toxicology 19:73-80.
- Kang HW, Chung EY, Kim JH (2004b) Sexual maturation and spawning characteristics in Greenling, *Hexagrammos otakii* of the west coast in

- Korea. J Aquacult 17:30-38.
- Kim IS ,Choi Y, Lee CL, Lee YJ, Kim BJ, Kim JH (2005) Illustrated Book of Korean Fishes. Published by Kyo-Hak Publishing Co. Ltd 352
- Kim YT, Lee HJ (2010) Positive correlation water temperature increase with thermal front retrogression in the southern sea of Korea. Journal of the Korean Earth Science Society 06:122-123.
- Kanemaru T, Nakamura M, Murata R, Kuroki K, Horie H, Uchida K, Senthilkumaran B, Kagawa H (2012) Induction of sexual maturation of the female honeycomb grouper, *Epinephelus merra*, in the non-breeding season by modulating environmental factors with GnRH analogue inplantation. Aquaculture 358:85-91.
- Kang HW, Lim HG, Kang DY, Han HS, Do YH, Park JS (2012) Maturation and spawning of the female tongue sole, *Cynoglossus semilaevis* in the west coast in Korea. Dev Reprod 2:87-93.
- Kang HW, Cho JK, Son MH, Hong CG, Park JY, Kim SH (2015) Gonadal Maturation, Fecundity and Reproductive Potential of the Indoor Cultured Grunt, *Hapalogenys nitens*. Journal of Fisheries and Marine Sciences Education 27:990-997.
- Ko JC, Kim BY, Kim MJ, Park SE, Kim JB and Cho HK (2015) A seasonal characteristic of marine environment and fish assemblage in the coastal waters Jeju island, Korea from 2012 to 2013. Journal of Fisheries and Marine Sciences Education 27:319-344.
- Kim BH (2016) Role of melatonin on the regulation of reproductive system in the grass puffer, *Takifugu niphobles*. Ph.D. Dissertation, Jeju National university, Jeju, Korea.
- Lee YD, Lee TY (1987) Studies on the Reproductive Cycle of Damselfish,

- Chromis notatus* (Temminck et Schlegel). Journal of the Korean Fisheries Society 20:509-519.
- Lee YD, Rho HK, Lee TY (1991) Reproductive ecology of the wrasse, *Halicoeres poecilopterus*(*Temmink et Schlegel*), bull. mar. res. Inst. Cheju Nat. Univ 15:93-102.
- Lee YD, An CM, Lee JJ, Lee TY, (1992). Reproductive cycle and sex reversal of *Pseudolabrus japonicus*(*Houttuyn*). Bull. Mar. Res. Inst. Cheju Natl. Univ 16:55-66.
- Lee YD, GO YB, Chung SC (1992) Reproductive cycle and sex reversal of the cock-tail wrasse, *Pteragogus flagellifera*. Bull. Mar. res. Inst. Cheju Nat. Univ 16:43-53.
- Lee YD, GO HB, Kim HB, Park IS Lee JJ (1993) Sex reveral of protogynous hermaphrodite fish. bull. mar. res. Inst. Cheju Nat. Univ 17:115-127.
- Lee YD, Kang BS, Lee JJ (1994) Sex Differentiation of the Black Sea Bream, *Acanthopagrus schlegelii* (Bleeker). Korean journal of Ichthyology 6:237-243.
- Lim JB (1998) Sexual Pattern, Sex Change and Reproductive Behavior of Labrid species Found in Southern Japan. Ph.D. Dissertation Kyushu University, Kyushu, Japan.
- Lee SJ, Go YB, Lee YD (2000) Annual Reproductive cycle of the File Fish, *Stephanolepis cirrhifer*, on the Southern Coast of Cheju Island. Korean journal of Ichthyology 12:62-70.
- Leu MY, Meng PJ, Huang CS, Tew KS, Kuo J, Liou CH (2010) Spawning behaviour, early development and first feeding of the bluestriped angelfish [*Chaetodontoplus septentrionalis* (Temminck & Schlegel, 1844)] in

- captivity. *Aquaculture Research* 41:39-52.
- Moyer PB, Nakazono A (1978) Population structure reproductive behavior and protogynous hermaphroditism in the angelfish *Centropyge interruptus* at Miyake-jima, Japan. *Jpn. J. Ichthyol* 25:25-39.
- Nakamura M, Hourigan TF, Yamauchi K, Nagahama Y, Grau EG (1989) Histological and ultrastructural evidence for the role of gonadal steroid hormones in sex change in the protogynous wrasse *Thalassoma duperrey*. *Environmental Biology of Fishes*, 24, 117-136.
- Oh SR, Heo SP, Lim BS, Lee CH, Lee YD (2006) Ovarian Differentiation of the Scorpion Fish, *Sebastiscus marmoratus*. *Development and reproduction* 10:193-196.
- Park ME, Rho S, Byun SC, Lee CH, Baek HJ, Lee YD, Kim HB (2001) Regulation of Copulation and Parturition in Black Rockfish, *Sebastes Schlegeli* by Photoperiod and Temperature. *Journal of aquaculture* 14:173-180.
- Randall JE, Yasuda J (1979) *Centropyge shepardi*, a new angelfish from the Mariana and Ogasawara Islands. *Jpn. J. Ichthyol* 26:55-61.
- Ross RM, Losey GS (2012) Sex Change in a Coral-Reef Fish: Dependence of Stimulation and Inhibition on Relative Size. *Hawaii Institute of Marine Biology. Science* 221:574-575.
- Stanchfield JE, Yager JD (1980) Primary induction of vitellogenin synthesis in monolayer cultures of amphibian hepatocytes. *J. Cell Biol* 84:468-475.
- Sunnobe T, Nakazono A (1995) Embryonic development and larvae of genus *Eviota*(Pisces: Gobiidae) II. Description of seven species. *Nat. Hist. Res* 3:152-159.
- Shimizu A (2003) Effect of photoperiod and temperature on gonadal activity

- and plasma steroid levels in a reared strain of the mummichog (*Fundulus heteroclitus*) during different phases of its annual reproductive cycle. Gen Comp Endocrinol 131:310-324.
- Suh YS, Hwang JD, Pang IC, Han IS, Jo JD, Lee NY (2011) Long-term Variations of Sea Surface Temperature in Inshore and Offshore Waters of Jeju Island. Korean journal of nature conservation 5:135-140.
- Sakai Y, Karino K, Kuwamura T, Nakashima Y, Maruo Y (2018) Sexually Dichromatic Protogynous Angelfish *Centropyge ferrugata*(Pomacanthidae) Males Can Change Back to Females. Zoological Science 20(5):627-633.
- Warner RR (1984) Mating Behavior and Hermaphroditism in Coral Reef Fishes: The diverse forms of sexuality found among tropical marine fishes can be viewed as adaptations to their equally diverse mating systems. American Scientist 72:128-136.
- Yamamoto T (1969) Sex differentiation. In fish Physiology. Vol. 3, Edited by W. S. Hoar and D. J. Randall. Academic press. New York 117-175.
- Wallace RA, Selman K (1981) Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. American zoologist 21:325-343.

감사의 글

다시 학업을 시작할 수 있게 해주시고 아낌없는 지도해주신 이영돈 교수님께 가장 먼저 감사한 마음을 전합니다. 이 실험을 위해 희생된 청출돔들에게 논문으로 보답하겠다는 뜻을 이루게 되어 고맙고 청출돔 채집을 도와준 우리 팀원인 신정우, 정진우, 이성훈, 김재준 잠수사에게 고마움을 전하며, 특히 이성훈 잠수사는 올해는 꼭 육중량의 감소되는 모습을 보면 좋겠습니다. 그리고 바쁘신 와중에도 논문의 수정과 아낌없는 조언을 해주신 이경준 교수님, 여인규 교수님, 김기영 교수님, 정준범 교수님께도 머리 숙여 감사드립니다.

그동안 청출돔 연구를 도와준 번식생물학실험실 식구들에게 감사의 마음을 전하고 특히 말레이시아에서도 논문을 검토해준 이치훈 박사, 실험실에서 옆에서 자꾸 귀찮게 해도 친절하게 가르쳐주신 문영건 박사, 멀리 3층에서 오르락 내리락 하면서 도와준 김병훈 박사, 누구보다 많은 실험을 도와준 최송희박사 후보생과 실험실 선후배님들에게도 감사의 마음을 전합니다. 그리고 같이 졸업한다고 힘들었지만 노력했던 이윤수회장님, 부문수팀장도 고생했고 감사함을 전합니다.

끝으로, 집에서 아침마다 힘들지만 커피를 타주고, 가끔 귀찮은 부탁에도 아낌없이 지원해주는 사랑하는 와이프(유보라)에게 감사한 마음을 전하고, 사랑하는 아버지, 어머니 항상 건강하게 오래 사시고 이쁜 우리 딸 민서, 은서도 아빠도 했으니 너희들도 석사까지는 공부해야 한다.

2019년 7월 김 대 중