

## 붉은쏨뱅이(*Sebastiscus tertius*)의 생식 주기

임상구 · 김광수 · 김철원<sup>1</sup> · 김정우<sup>2\*</sup>

국립수산과학원 내수면양식연구센터, <sup>1</sup>한국농수산대학교 수산양식학과, <sup>2</sup>서남대학교 의과대학 해부학교실

## Reproductive Cycle of the Red Marbled Rockfish *Sebastiscus tertius*

Sang-Gu Lim, Kawang-Su Kim, Chul-Won Kim<sup>1</sup> and Jung-Woo Kim<sup>2\*</sup>

Inland Aquaculture Research Center, National Fisheries Research and Development Institute, Jinhae 645-805, Korea

<sup>1</sup>Department of Aquaculture, Korea National College of Agriculture and Fisheries, Hwaseong 445-760, Korea

<sup>2</sup>Department of Anatomy, College of Medicine, Seonam University, Namwon 590-711, Korea

The aim of the present study was to analyze the reductive cycle of the red marbled rockfish *Sebastiscus tertius*. The analysis was based on annual changes in the gonadosomatic index (GSI), the hepatosomatic index (HSI), histology of the gonadal structure, and plasma sex steroid hormone levels of adult fish from April 1997 to April 1998. GSI of females began to increase in February and peaked ( $10.8 \pm 2.72$ ) in May. HIS levels ( $3.41 \pm 0.49$ ) peaked in February and elevated plasma steroid hormones ( $1.47 \pm 0.75$  ng/mL for estradiol-17 $\beta$  (E<sub>2</sub>) and  $230.7 \pm 27.6$  pg/mL for testosterone (T)) were observed in April. However, in male fish, GSI levels started to increase in August and remained high until November ( $0.21 \pm 0.05$ ). T levels were also elevated in August and peaked in October ( $188.1 \pm 43.5$  pg/mL) and November ( $186.8 \pm 28.0$  pg/mL), but started to decline 1 month than the GSI. These results suggest that female ovoviparous periods span from April to June and amle mating periods occur from November to February.

Key words: Red marbled rockfish (*Sebastiscus tertius*), Reproduction, Gonadosomatic index (GSI), Hepatosomatic index (HSI), Sex steroid hormones

## 서 론

붉은쏨뱅이(*Sebastiscus tertius*)는 쏨뱅이목(Scorpaeniformes), 양볼락과(Scorpaenidae), 쏨뱅이속(*Sebastiscus*)에 속하며, 쏨뱅이속에는 붉은쏨뱅이(*S. tertius*), 쏨뱅이(*S. marmoratus*), 붉감팽(*S. albofasciatus*) 등 3종이 우리나라 연안에 보고되어 있다(Kim and Lee, 1993). 붉은쏨뱅이는 주로 우리나라 남해 서부와 일본의 연안 암초지역에 정착하면서 새우류, 게류, 조개류, 어류 등의 저서동물을 잡아먹고 서식하며 크기는 전장 50 cm, 체중 2 kg 내외까지 성장한다고 알려져 있다(Masuda et al., 1984). 붉은쏨뱅이는 가장 많이 양식되고 있는 조피볼락과 최근 양식되고 있는 볼락속(*Sebastes*)의 볼락(*S. inermis*), 황점볼락(*S. oblongus*)뿐 아니라 쏨뱅이속의 쏨뱅이와 산출시기, 체색, 출산 자어의 크기 등에서 차이를 보인다고 보고되었다(Bae et al., 1998).

볼락류의 번식에 관한 연구는 볼락의 성숙과 번식주기(Sasaki and Igarashi, 1974; Wyllie, 1987; Takahasi and Takemura, 1991; Baik, 1993; Chang et al., 1995; Nakagawa and Hirose, 2007; Wai et al., 2007), 난과 체내 자어 발달(Kim and Han, 1991; Lee and Kim, 1992) 등이 있다. 양볼락과 어류의 초기 생

활사에 관한 연구는 쏨뱅이의 발생(Kim et al., 1997a)과 초기생 활사(Kim et al., 1997b), 생식생태(Mizue, 1958), 성장과 성숙(Mio, 1960a, b), 산출습성과 방류기술(Ohgami et al., 1978), 식성과 성숙(Yokogawa and Iguchi, 1992), 번식주기와 체내자어 발달(Bae et al., 1998) 등이 있다.

어류의 발생은 종마다 다르기 때문에 우선 생식세포의 형성 과정과 생식소의 발달과정을 조사하여야 하며, 또한 혈중 스테로이드 농도의 월별 년 중 변화를 통한 생식 내분비학적 연구가 선행되어야 한다. 이것은 종에 따라 혈중 성호르몬 농도가 다르며(Sisneros et al., 1997; Rahman et al., 2000; Joakim Larsson et al., 2002), 성숙에 적절한 자연 환경조건과 성숙시기가 다르기 때문이다. 따라서 대상어종의 수온에 따른 변화, 생식소의 변화 양상과 혈중 생식호르몬의 계절적 변동 조사는 인공양식을 위한 계획적인 산란 또는 출산에 반드시 필요하다(Pankhurst and Conroy, 1998; Harvey et al., 2011).

그러나 붉은쏨뱅이에 대한 연구가 충분하지 않으며 체계적이고 산업적인 종묘생산을 위하여 기초 발생 생리학적 연구가 반드시 필요하다. 따라서 본 연구는 어류의 계획적인 종묘생산과 양식 산업화를 위한 번식기구에 대한 규명의 일환으로 붉은쏨뱅이의 번식주기에 따른 정확한 출산시기 및 생식소의 조직학적 변화와 혈액 내의 성 스테로이드 호르몬의 변화 등을 통한 생식발생학적 기초자료를 얻고자 하였다.

\*Corresponding author: kjungw1024@paran.com

## 재료 및 방법

### 실험어

본 연구에 사용된 붉은솜뱀이는 1997년 4월부터 1998년 4월 까지 매월 중순 우리나라 남해서부 연안과 제주도 근해에서 연승어업에 의해 어획된 것 중 외관 상 성체로 판단된 암수 개체 각 8-15마리 씩 총 261마리를 활어상태로 구입하였다.

암컷의 전장은 20.2-48.0 cm (평균 29.9±6.2 cm), 체중 170-2,035 g (평균 593.7±417.5 g)이었고, 수컷의 전장은 19.5-48.2 cm (평균 29.2±5.3 cm), 체중은 166-2,095 g (평균 314.6±315.5 g)이었다.

### 서식지 환경(수온과 광주기)

성장과 성숙에 가장 많은 영향을 미치는 실험어의 서식지 인 근 수온과 광주기 조건을 알아보기 위하여 국립수산물과학원 해양 자료를 이용하여 월별 평균수온을 계산하였으며, 월별 일장은 완도기상대의 기상관측 자료를 이용하였다.

### 생식소중량지수와 간 중량지수

실험어를 활어상태로 실험실로 옮겨 전장과 체중을 측정 한 뒤, 해부하여 생식소와 간을 정량 한 후, 암수의 생식소의 성숙 상태는 생식소중량지수(gonadosomatic index: GSI(%))=생식소 중량×100/체중, 간의 영양축적 상태는 간중량지수(hepatosomatic index : HSI (%))=간중량×100/체중)를 측정하였다..

### 생식소의 조직학적 관찰

혈액 채취 후 난소 및 정소를 적출하여 고정액(Bouin's solution)에 24시간 담근 후, 파라핀 절편법에 따라 5 μL로 연속절편을 제작하여 Delafield's hematoxylin과 eosin으로 염색하였다. 각 난소의 전반부, 중앙부 및 후반부의 가운데 부분 조직 표본에서 발달 단계 별 난모세포수를 백분율로 산정하여 나타낸 출현 빈도(proportional frequency: 발달 단계별 난모세포 수×100/전체 난모세포 수)와 생식소 중량지수의 변화를 종합하여 연중 번식주기에서 각 시기를 판정하였다. 난경은 장경과 단경을 측정한 평균값을 사용하였으며, 난모세포 발달 단계의 구분은 Kaneko and Hanyu (1985)의 방법을 따랐다.

### 혈액 추출과 성 스테로이드 호르몬(sex steroid hormone)의 농도 측정

헤파린 처리된 1회용 주사기(1 mL, 녹십자)로 암수의 미부 혈관으로부터 혈액을 채취하여 4℃에서 10,000 rpm으로 10 분간 원심 분리한 후 상등액 만을 취해 스테로이드 정량 시까지 -45℃에서 냉동보관 하였다. 스테로이드 호르몬은 방사면역측정법으로 측정하였으며 측정 방법은 Ueda et al. (1985)과 Kwon et al. (1991)의 방법을 따랐다. 먼저 각 개체의 혈장을 diethyl ether 3 mL로 3번 추출하여(recovery ratio: E<sub>2</sub>=89%, 17 α -OHP=92%) 질소 가스 하에서 증발시킨 다음, 100 μL의

gelatin phosphate buffered saline (NH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 11.6 g/L, NaCl 8.8 g/L, thimerosal 0.1 g/L, gelatin 1 g/L, pH 7.3, 4℃)으로 재구성하였다. 여기에 5,000-6,000 rpm/100 μm의 추적자와 항혈청을 각각 100 μL씩 넣고, 잘 섞은 후 4℃에서 17-20시간 배양하였다. 배양 후 dextrin coated charcoal 200 μL를 첨가하여 4℃에서 10분간 진탕 시킨 후 원심분리 (500 g, 10 min, 4℃)하여 상등액을 counter cocktail (ready safe, Beckman)에 4 mL씩 넣고 β-counter (Beckman, LS 6500)로 측정 한 다음, 스테로이드의 농도를 계산하였다. 실험 내(intra-assay)와 실험간(inter-assay) 변동계수는 E<sub>2</sub>가 각각 9.8%, 6.8%였으며, testosterone은 각각 7.4%와 8.9%였다. 실험에 사용된 방사표지 steroid는 2,4,6,7-<sup>3</sup>H-estradiol (85Ci/mmol, Amersham), 1,2,3,7-<sup>3</sup>H-testosterone을 사용하였다. Kwon et al. (1991)의 방법에 따라, E<sub>2</sub>의 항혈청과 다른 스테로이드와의 교차반응도를 측정하였을 때, estrogen이 1.7%이고 그 외의 스테로이드는 0.01% 이하였다.

### 통계분석

붉은솜뱀이 실험 결과들에서 GSI, HIS 및 혈액에서 호르몬 양의 연중 변화는 ANOVA (analysis of variance)에 이은 multiple-range tests (Duncan's)로 분석하였으며, Tukey multiple range test로 평균간에 유의성을 검정하였다.

## 결 과

### 서식지 환경

붉은솜뱀이 주어획 지역인 완도 근해의 월별 수온과 광주기의 변화를 1997년 4월에서 1998년 3월까지 조사한 결과는 Fig. 1과 같다. 수온의 변동 범위는 8.4-24.0℃였고, 성숙·출산기인 4-6월에는 13.5-16.2℃로 나타났다. 그 후 계속 상승하여 8월에는 연중 최고 수온(24℃)을 보였으며, 9월부터 수온이 하강하여 10월에는 18.5℃, 12월에는 12.6℃, 다음해 2월에 연중 최저 수온인 8.4℃을 나타내었다.

광주기는 성숙·출산기인 4-5월에 12.6-13.4 시간이었고, 6월 말에 가장 긴 명기를 나타내었으며, 이후 서서히 감소하여 12월 중순 9.8 시간으로 가장 짧은 명기를 나타내었다.

### 실험어의 외부형태

암컷의 출산시기 외부형태는 복부가 팽창되어 있고, 생식공이 열려져 있으며, 난소에는 출산 직전의 자어로 가득 차 있었다(Fig. 2a, 2b).

성숙한 난소는 좌우 한 쌍이고 난소는 연한 황색을 띄며 체내 자어가 출현하면서 검게 보이는 낭상형의 주머니 모양으로 일부가 체벽에 밀착되어 있으며, 등쪽 체강벽으로부터 난소 간막에 의해 체강 내에 부착되어 있다. 난소강은 체벽측에 걸쳐서 커지며, 각각의 난소 뒤 끝에서 합일한 형태이며, 산출에 적응된 구조를 가지고 있다. 정소는 한쌍의 엽상형으로 등쪽 체강을 따

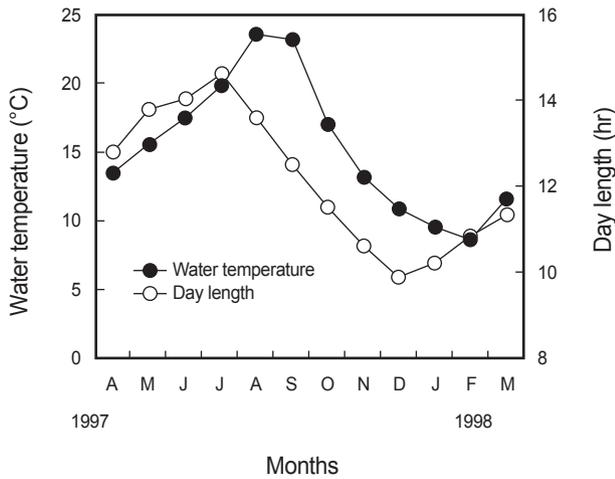


Fig. 1. Monthly changes of water temperature and day length in the sampling area of *Sebastes tertius*.

라 늘어서 있고, 정소 후부에 수정관이 생식공으로 연결되어 있으며, 내부는 곡정세관의 형태를 나타낸다.

생식소중량지수(GSI)와 간중량지수(HSI)

암컷 GSI (%)와 HIS (%)의 월별 변화는 Fig. 3에 나타내었다. GSI는 4월에  $6.24 \pm 1.21$ 로 7월부터 3월 사이의 GSI값 ( $P < 0.05$ )에 비하여 상승하였으며, 5월에  $10.84 \pm 2.72$ 로 연중 최고값을 보였다. 그 후 급격히 하강하여 7월에  $0.70 \pm 0.60$ 로 나타났으며, 이러한 낮은 값은 조사된 2월까지 계속 되다가 3월에  $2.64 \pm 1.04$ 로 약간 상승하는 경향을 보였다. HSI는 4월에  $2.63 \pm 0.15$ 의 값을 보이다가 자어 출산 시기인 5월에  $1.74 \pm 0.12$ 로 가장 낮게 나타났으며, 이후 6월과 9월에 다소 증가하였다가 2월에  $3.41 \pm 0.49$ 로 최고 값을 보였다.

수컷 GSI (%)와 HIS (%)의 월별 변화는 Fig. 4에 나타내었다. GSI는 9월부터 상승하여 10월에  $0.13 \pm 0.09$ 로 상승하여 11월에는 연중 최고값인  $0.21 \pm 0.05$ 를 보였으며, 이후 하강하여 2월에는  $0.06 \pm 0.02$ 로 가장 낮은 값을 나타냈다. HSI는 5월에  $1.49 \pm 0.15$ 로 연중 최저값을 나타내었으며, 6월에  $3.69 \pm 0.42$ 로 연중 최고값을 보였다가, 7월에 다시  $1.68 \pm 0.16$ 으로 하강하였으며, 이후 8월부터 10월까지 상승하는 경향을 보였다.

난소의 조직학적 변화

암컷의 난소발달에서 염색인기는 좌우대칭 낭상형으로 각각의 난소박판 상피에서는 난원세포들이 분열증식하고 있다. 난모세포들은 난경 40-120 μm 전후로 핵내에 커다란 인과 소수의 작은 인들이 핵막 주변에 존재하며 나타난다(Fig. 5a).

주변인기의 난모세포는 250-550 μm로 성장하여 세포질보다 핵이 많은 용적을 차지하며, 핵막에 접하여 다수의 인을 배열한다(Fig. 5a).

난황포기의 난경이 600 μm 전후로서 성장한 호산성 난모세



Fig. 2. External feature in parturition period (a) and matured ovary (b) of female red marbled rockfish *Sebastes tertius*.

포들로 난황물질의 축적이 시작되고, 난황포가 세포질 중에 나타난다(Fig. 5b). 난황형성기에 있는 난경이 700-1,300 μm 전후의 난모세포는 난세포질 전체에 난황구가 축적되고 세포질에는 부분적으로 유구도 관찰되며, 핵막이 일부 거처화 되기 시작하는 것이 있다. 이때가 되면 난소 소낭 내 완숙난들 사이 간질에는 무리를 지은 정자들이 보이며, 이러한 정자들은 이 시기의 난소 모든 부분에서 고르게 나타나고 있다(Fig. 5b).

완숙기의 난경은 1,600 μm 전후의 난황 축적을 완료한 난모세포들은 난소의 난소강(ovarian cavity) 내에 대기중인 정자와 수정이 일어난다. 수정된 난은 호산성색소에 염색되어 나타나며, 육안적으로는 투명하게 보인다(Fig. 5c).

임신 및 출산기의 수정난들은 난소강에서 배발생이 진행되고 이곳에서 부화된 체내 자어들은 출산 크기에 이르기까지 성장한 후 출산이 일어나며, 자어를 출산한 난소내에서는 미출산된 개체들과 여포세포들이 퇴화 흡수 후(Fig. 5e), 휴지기를 맞이한다(Fig. 5f).

정소의 조직학적 변화

정소는 좌우 각각 한 쌍의 긴 원추형으로 초기 성장기 정소

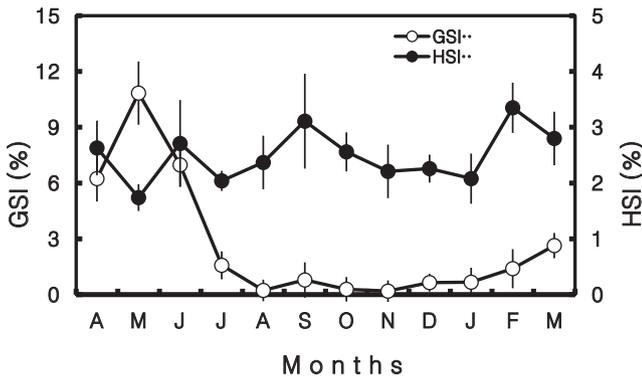


Fig. 3. Monthly changes of Gonadosomatic index (GSI) and Hepatosomatic index (HSI) in female red marbled rockfish *Sebastiscus tertius*.

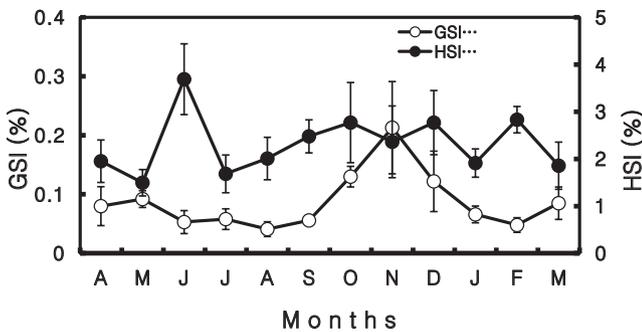


Fig. 4. Monthly changes of Gonadosomatic index (GSI) and Hepatosomatic index (HSI) in male red marbled rockfish *Sebastiscus tertius*.

내 타원형으로 배열된 곡정세관 사이에는 간층직 세포들이 발달해 있고, 각 곡슬 정세관내에는 분열 증식중인 정원세포들이 나타난다(Fig. 6a).

정소의 발달과 함께 간질세포들이 발달하여 그 수를 증가시키며, 각 세관내 포낭(cyst) 속에서는 핵질이 다소 호염기성을 나타내는 정모세포들이 성숙분열을 하여 점차 헤마톡실린에 강한 염기성 반응을 나타내는 정세포로 성숙해 간다(Fig. 6b). 정소의 발달과 함께 제1 정모세포, 제2 정모세포, 정세포 그리고 변태하여 정자를 갖는 세정관들이 발달 비후된다(Fig. 6c, d). 정소의 성숙과 함께 정세포들은 계속 정자로 변태된 정자들이 수정관을 가득 채우게 되는데, 이 시기가 기능적 성숙기로 판단되었다(Fig. 6e).

수정관을 채운 정자는 교미 후 방출되는데, 미처 방출되지 않은 정자들은 정세관내에 남아 있다가 점차 호 산성세포의 포식 작용에 의해 퇴화되면서 흡수되고, 세정관 상피는 공포상 구조를 가지며 정원세포들이 출현하는 휴지상태로 된다(Fig. 6f).

#### 혈액에서 성 스테로이드 호르몬의 월별 변화

암컷의 혈중 estradiol-17 $\beta$  (E<sub>2</sub>) 수준의 월 변화는 Fig. 7a에 나타났다. 혈중 E<sub>2</sub> 수준의 변화는 4월에 1.47 $\pm$ 0.75 ng/mL으로

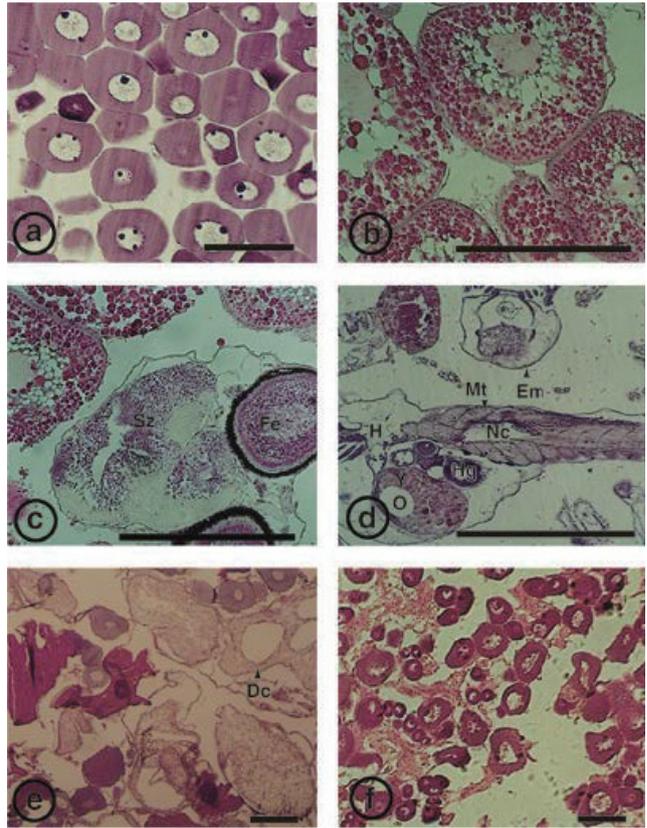


Fig. 5. Histological appearances of ovaries in *Sebastiscus tertius*.

a. Section of the ovary in the growing stage. Note the yolk nucleus in cytoplasm. b. Section of the ovary in the mature stage. Note the yolk granules accumulated in the cytoplasm. c. Section of fertilized oocytes. Note mature and premature oocytes coexist. d. Hatched prelarva in ovarian cavity. Embryonic head part had developed eye lens and auditory vesicle. e. Section of degenerated ovary. Note degeneration follicle cells and embryonic stage. f. Section of the spent ovary. Note thickness of ovarian wall.

Dc, degenerating follicle cells; Em, egg membrane; Fe, fertilized egg; H, hatched prelarva; Hg, hindgut; Mt, myotome; Nc, notochord; O, oil vacuole; Sz, spermatozoa; Y, yolk; Bars, 100  $\mu$ m.

연중 최고값을 보였으며, 5월에도 1.19 $\pm$ 0.28 ng/mL로 높은 값을 유지하다가, 6월에 급격히 하강하여 0.35 $\pm$ 0.13 ng/mL로 나타났다. 이후 7월에서 다음해 2월까지 0.20-0.39 ng/mL로 낮은 값을 보이다가 3월에 1.09 $\pm$ 0.34 ng/mL로 상승하는 경향을 보였다( $P < 0.05$ ).

혈중 T의 월변화는 Fig. 7b에서 4월에 230.7 $\pm$ 27.6 pg/mL으로 연중 최고값을 보였으나 출산기인 5월에 78.2 $\pm$ 22.8 pg/mL로 급격히 떨어졌으며, 이후 6월에서 1월까지 16.3-39.2 pg/mL로 낮은 값을 나타내다가 3월에 204.6 $\pm$ 38.8 pg/mL로 다시 급격한 상승을 하였다( $P < 0.01$ ).

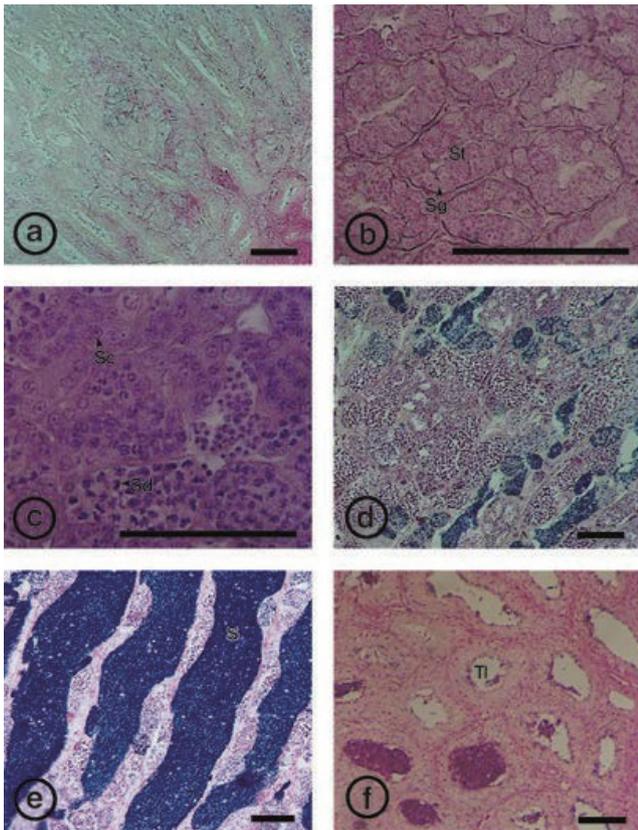


Fig. 6. Histological appearances of testes in *Sebastiscus tertius*. a. Section of the testis in the early growing stage. Note of numerous spermatogonia along the germinal epithelium of seminiferous tubules. b. Section of the testis in the late growing stage. Note of the cyst composed of spermatogonia and spermatocytes in the seminiferous tubules. c. Section of the testis in the early mature stage. Note of great number of spermatogonia, spermatocytes and spermatid in the seminiferous tubules. d. Section of the testis in the functional mature stage. Note of the spermatid and spermatozoa filled in the seminiferous tubules. e. Section of the testis in the ripe stage. Note of the cluster of spermatozoa filled in the seminiferous tubules. f. Section of degenerated testis. Note of the testis degenerated and spermatozoa remained in the lumen of seminiferous duct. S, sperm; Sc, spermatocyte; Sd, spermatid; Sg, spermatogonia; St, seminiferous tubule; Tl, tubular lumen; Bars, 100  $\mu$ m.

수컷의 혈중 테스토스테론(T)의 월변화는 Fig. 8에 나타낸 바와 같이 8월부터 상승하여 9월에  $175.2 \pm 18.5$  pg/mL, 10월에  $188.1 \pm 43.5$  pg/mL, 11월에  $186.8 \pm 28.0$  pg/mL로 높은 값을 나타내었으며, 1월에  $70.9 \pm 14.9$  pg/mL로 하강한 후 이듬해 7월까지 비교적 낮은 값을 보였다( $P < 0.05$ ).

### 고 찰

붉은솜뱀이는 난태생 어류이며 생식소 외부 형태에 있어서

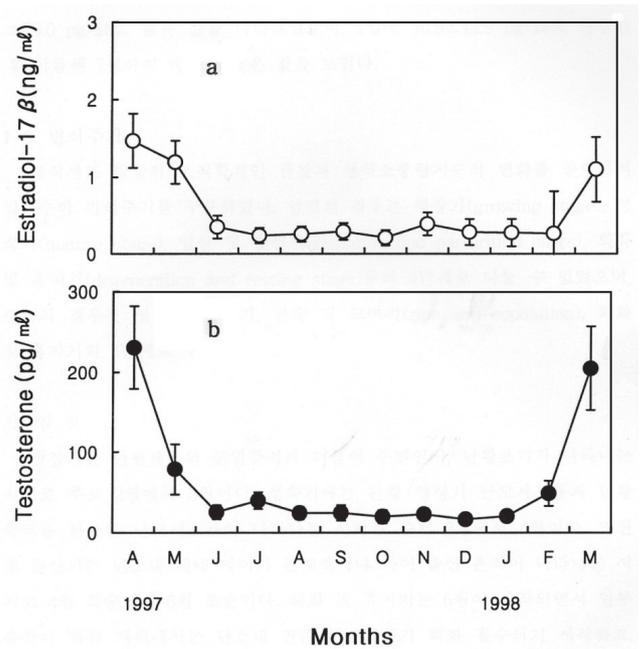


Fig. 7. Monthly changes of plasma estradiol-17  $\beta$  (a) and testosterone (b) levels in female *Sebastiscus tertius*.

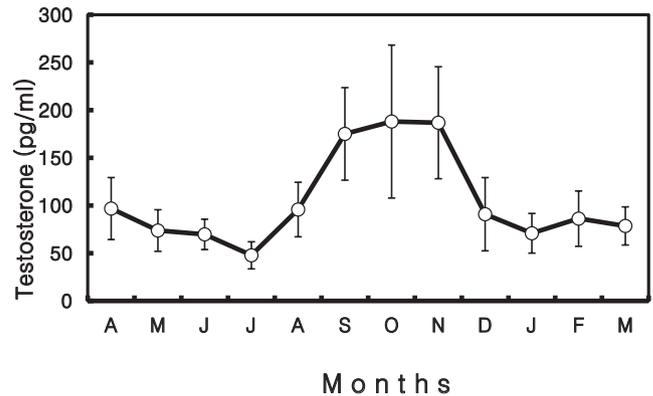


Fig. 8. Monthly changes of plasma testosterone levels in male *Sebastiscus tertius*.

는 대부분의 경골어류와 비슷하게 한쌍을 이루고 있지만, 교미를 통하여 체내 수정을 하고 자어를 방출하는 난태생 어류의 생태적 특징을 가지고 있다.

난소는 체내 자어가 출현하면서 검게 보이며 난소 뒤쪽 끝 부분이 하나로 합쳐져 수란관에 연결되어 출산에 적합한 구조를 가지고 있다. 경골어류의 난소는 낭상형(gynovarian)과 낭상형(cystovarian)으로 구별되는데, 붉은솜뱀이의 난소는 낭상형으로 내부 구조는 난소박판으로 구성되어 있다. 이러한 난소 구조는 황점볼락(Chang et al., 1995), 조피볼락(Lee et al., 1996b; Nakagawa and Hirose, 2007), 주굴감펍(Lee et al., 1997), 솜뱀이(Bae et al., 1998) 등에서도 보고되고 있다.

정소의 내부 조직학적 구조는 소엽형(lobule type)과 세관

형(tubule type)으로 구별되는데, 붉은쏨뱅이 정소는 세관형으로 내부는 다수의 정세관으로 구성되어 있고 각각의 정세관에는 여러 개의 포낭을 가지는 형태를 보였다. 이러한 구조는 쏨뱅이(Mizue, 1958, Bae et al., 1998) 누루시볼락(Sasaki and Igarashi, 1974), 황점볼락(Chang et al., 1995), 조피볼락(Lee et al., 1996a, b), 쭈굴감팽(Lee et al., 1997), 볼볼락(Lee et al., 1998) 등에서도 볼 수 있다.

붉은쏨뱅이 암컷의 GSI는 3월부터 유의하게 상승하여 5월에 연중 최고치를 나타내었으며, 수컷은 10-12월에 높은 값을 보였다. 이와 같이 교미에 의해 수정을 하고 임신기를 거쳐 자어를 출산하는 난태생 어류의 대부분은 암-수의 GSI 연중 변화가 불일치 하는데, 쏨뱅이(Mizue, 1958; Bae et al., 1998), 황점볼락(Chang et al., 1995), 조피볼락(Lee et al., 1996a, b; Nakagawa and Hirose, 2007), 쭈굴감팽(Lee et al., 1997) 등이 이에 속한 반면 암수의 GSI 연중 변화가 거의 일치하는 것은 자리돔(Lee, 1987), 대구(Smith and Paul, 1990), 자주복(Yang et al., 1994), 농어(Rho, 2000) 등 대부분의 난생어류에서 볼 수 있다.

어류에서 난황단백질은 에스트로젠에 의해 간에서 합성되어(Aida et al., 1973; Joakim Larsson et al., 2002) 혈액을 통하여 난자 내로 들어와 축적된다(Wallace and Selman, 1990). 암컷의 HSI는 난황이 축적되는 2월에 최고값을 나타내다가 5월 출산기에는 낮은 값을 보였는데 이러한 변화는 3월에 간에 영양분을 축적하면서 합성된 난황 물질을 난자 내로 이동하며, 출산기인 5월에 축적된 영양을 거의 소모하는 것으로 생각된다. 이와 같이 HSI 변화가 번식 주기와 밀접한 관계가 있다는 것은 고등어(Noguch and Bito, 1953), 은어(Ishida, 1979), 쥐치(Lee and Hanyu, 1984), 문절망둑(Smith and paul, 1990)등에도 보여주고 있다.

일반적으로 어류의 생식 리듬은 여러 가지 환경 중에서 수온과 광주기가 가장 중요한 요인으로 작용한다고 널리 알려져 있으며(De Vlaming, 1975; Asahina and Hanyu, 1983), 번식활동에 미치는 영향에 따라 봄 산란형, 봄여름 산란형, 여름 산란형, 봄가을 산란형, 가을 산란형, 겨울 산란형으로 구분한다(Aida, 1991).

생식소의 조직학적 조사에서 암컷 생식소는 2월부터 주변인기 난모세포들이 성장하여, 3월에는 주변인기, 난황포기, 난황형성기 세포들이 보이며, 4월이 되면 완숙난과 함께 일부 개체에서는 체내 자어들이 보이기 시작하였다. 5월이 되면 대부분의 난모세포에는 자어들이 보였고 6월이 되면 출산을 끝낸 개체에서는 퇴화 흡수가 일어났으며, 동시에 염색인기, 주변인기 세포들이 나타났다. 따라서 같은 볼락속이면서도 볼락이나 황점볼락 등은 출산시기가 12월에서 이듬해 2월인 겨울 출산종으로 나타났으나(Chang et al., 1995), 붉은쏨뱅이 암컷의 출산 시기는 4-6월로 볼락속의 조피볼락과 쏨뱅이속의 쏨뱅이와 같이 봄 출산형에 속하는 것으로 조사되었다. 그러나 본 종의 조사지역에서는 출산 시기가 조피볼락 보다는 1개월, 쏨뱅이보다는 2-3개월 정도 늦게 나타났다(Lee et al., 1996b; Bae et al., 1998).

경골어류의 생식세포 발달과 내분비 조절에 관여한다고 알려진 주요 스테로이드 호르몬인 E<sub>2</sub>와 T에 대한 주년 변화를 조사하여 생식소 발달단계와의 상관관계를 알아보았다. E<sub>2</sub>는 간에서 난황 단백질 전구체를 생합성하여 혈액안으로 수송되어져 난모세포막에 있는 세포내 운동 관련 수용체에 의해 난모세포 안으로 들어가서 난황단백질로 축적된다(Chan et al., 1991; Joakim Larsson et al., 2002). Estradiol(E<sub>2</sub>)는 대부분의 어류에서 난황 축적이 이루어지는 시기에 상승하여 산란기 이후에는 감소한다고 알려져 있으며(Sisneros et al., 1997; Rahman et al., 2000; Joakim Larsson et al., 2002), 따라서 붉은쏨뱅이에서도 마찬가지로 3월에 GSI가 상승하고 난모세포에 난황이 축적되는 시기에 E<sub>2</sub>의 혈중 변동도 함께 상승하는 경향을 보여 주었다. GSI가 연중 가장 높고 난황축적이 가장 활발한 4월에 혈중 E<sub>2</sub>값도 가장 높게 나타났다. 이것은 출산직전인 4월에 난황물질의 축적이 최고조로 달하고 5월과 6월에 급격한 감소를 나타냄으로써 5월에서 6월까지 출산기에 해당됨을 확증 지을 수 있다.

혈중 T는 뇌하수체자극 호르몬이 난포막 세포내의 스테로이드 생성세포에 작용하여 생성되며, 방향화 효소(aromatase)에 의해 E<sub>2</sub>로 전환 시 혈중에 존재한다고 알려져 있다. 붉은쏨뱅이의 암컷과 수컷의 혈중 T의 변동은 암컷에서는 난황형성 후기인 4월에 수컷에서는 정자형성기인 11월에 최고 값을 나타내어 생식활동 및 정자형성과정과 밀접한 관련을 보였다.

## 사 사

본 논문은 국립수산물과학원 양식생물 종 보존 및 복원 과제 연구비 지원에 의해 수행 되었습니다(관리번호 RP-2011-AQ-107).

## 참고문헌

- Aida KP, Nagama V and Hibiya T. 1973. Physiological studies on the gonadal maturation of fish: I. Sexual difference in composition of plasma protein of the ayu in relation to gonadal maturation. Bull Jap Soc Sci Fish 39, 1091-1106.
- Aida K. 1991. Environmental regulation of reproductive rhythms in teleosts. Bull Inst Zool Academia Sinica Monograph 16, 173-187.
- Asahina K and Hanyu I. 1983. Role of temperature and photoperiod in annual reproductive cycle of the rose bitterling, *Rhodeus ocellatus ocellatus*. Nippon Suisan Gakkaishi 49, 61-67.
- Bae HC, Chung SC, Lee JJ and Lee YD. 1998. Annual reproductive cycle and embryonic development within the maternal body of the marbled rockfish, *Sebasticus marmoratus* from the Cheju Island. J Korean Fish Soc 31, 489-499.
- Baik JM. 1993. Annual change in reproductive cycle with sex steroid hormone of rockfish, *Sebastes schlegeli*. M. S.

- Thesis, University of Dongeui, 29.
- Chan SL, Tan CH, Pang MK and Lam TJ. 1991. Vitellogenin purification and development of assay for vitellogenin receptor in oocyte membranes of the tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1776). *J Exp Zool* 257, 96-109.
- Chang YJ, Lim HK and Byun SG. 1995. Gonadal maturation and reproductive cycle in oblong rockfish, *Sebastes oblongus*. *J Aquaculture* 8, 31-46.
- De Vlaming VL. 1975. Effects of photoperiod and temperature on gonadal activity in the cyprinid teleost, *Notemigonus crysoleucas*. *Biol Bull* 148, 402-415.
- Harvey CJ, Field JC, Beyerb SG and Sogard SM. 2011. Modeling growth and reproduction of chilipepper rockfish under variable environmental conditions. *Fish Res* 109, 187-200.
- Ishida R. 1979. Change of hepatosomatic index of the ayu, *Plcoglossus altivelis*, during a spawning season. *Bull Tokai Reg Fish Res Lab* 100, 167-171.
- Joakim Larsson DG, Mayer I, Hyllner IS and Förlin L. 2002. Seasonal Variations of Vitelline Envelope Proteins, Vitellogenin, and Sex Steroids in Male and Female Eelpout (*Zoarces viviparus*). *General and Comparative Endocrinology* 125, 184-196.
- Kaneko T and Hanyu I. 1985. Annual reproductive cycle of the chichibu-goby, *Tridentiger obscurus*. *Bull Jap Soc Sci Fish* 51, 1645-1650.
- Kim IS and Lee WO. 1993. Taxonomic revision of the scorpionfishes (Pisces: Scorpaenidae) with four new records from Korea. *Korean J Zool* 36, 452-475.
- Kim YU and Han KY. 1991. The early life history of rockfish, *Sebastes schlegeli*. *Korean J Ichthyol* 3, 67-83.
- Kim YU, Han KY, Kang CB, Kim JK and Byun SG. 1997a. The early life history of scorpion fish, *Sebasticus marmoratus* 1. Egg development and morphology of larvae by artificial treatment in aquarium. *Korean J Ichthyol* 9, 175-185.
- Kim YU, Han KY, Kang CB, Kim JK and Byun SG. 1997b. The early life history of scorpion fish, *Sebasticus marmoratus*. 2. Morphological and skeletal development of larvae and juveniles. *Korean J Ichthyol* 9, 186-194.
- Kwon HB, Choi HH, Ahn RS and Yoon YD. 1991. Steroid production by amphibian (*Rana nigromaculata*) ovarian follicles at different developmental stages. *J Exp Zool* 206, 66-73.
- Lee JS, Kang JC and Hur SH. 1997. Gonad structure and reproductive cycle of the small mouth Scorpion fish, *Scorpaena miostoma* (Teleostei: Scorpaenidae). *J Korean Fish Soc* 31, 8-16.
- Lee SM, Kim SH, Jeon IG, Kim SM and Chang YJ. 1996a. Effects of feeding frequency on growth, feed efficiency and body composition of juvenile Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). *Journal of Aquaculture* 9, 385-394.
- Lee TY and Kim SY. 1992. Reproduction and embryonic development within the maternal body of ovoviparous teleost, *Sebasres inermis*. *J Korean Fish Soc* 25, 413-431.
- Lee TY and Hanyu I. 1984. Reproductive cycle of small file fish, *Rudarius erocdes*. *Bull Kor Fish Soc* 17, 423-435.
- Lee YD. 1987. Studies on the gonadal maturation of damselfish, *Chromis notatus* (Temmincket Schlogel). M.S. Thesis, National Fish University of Pusan, 76.
- Lee YD, Rho S, Chang YJ, Baek HJ and An CM. 1996b. Sex differentiations of the rockfish, *Sebastes schlegeli*. *J Korean Fish Soc* 29, 44-50.
- Masuda H, Amaoka K, Araga C, Uyeno T and Yoshino T. 1984. The fishes of the Japanese archipelago. University of Tokai, 437.
- Mio S. 1960a. Studies on population biology of coastal fishes in Kyushu. I. Biology of *Sebastes inermis* Cuvier et Valenciennes. *Oceanographic works in Japan* 5, 419-436.
- Mio S. 1960b. Studies of population biology of coastal fishes in Kyushu II. Biology of *Sebasticus marmoratus* (Cuvier et Valenciennes). *Oceanogr WKS Japan* 5, 437-449.
- Mizue K. 1958. Studies on a scorpaenous fish *Sebasticus marmoratus* Cuvier et Valenciennes-II. The seasonal cycle of mature testis and the spermatogenesis. *Bull Fac Fish Nagasaki University* 6, 27-38.
- Nakagawa M and Hirose K. 2007. Individually specific seasonal cycles of embryonic development in cultured broodstock females of the black rockfish. *Sebastes schlegeli*. *Aquaculture* 233, 549-555.
- Noguchi E and Bito. 1953. On the seasonal variations of the liver weight and oil content of mackerel. *Bull Japan Soc Sci Fish* 19, 423-435.
- Ohgami H, Ohtagi T, Katana N and Sasaki T. 1978. Studies on the seeding 1. Spawning behavior in pond. *Bull. Shizuoka Pref Fish Exp Soc* 12, 37-44.
- Pankhurst NW and Conroy AM. 1998. Endocrine changes during gonadal maturation and spawning in the orange roughy (*Hoplostethus atlanticus* Collett), a teleost from the midslope waters off New Zealand. *Gen Comp Endocrinol* 70, 262-273.
- Rahman S, Takemura A and Takano K. 2000. Correlation between plasma steroid hormones and vitellogenin profiles and lunar periodicity in the female golden rabbitfish, *Siganus guttatus* (Bloch). *Comparative Biochemistry and Physiology Part B* 127, 113-122.
- Rho YG. 2000. Induced maturation and ovulation of Spotted Sea bass, *Lateolabrax maculatus* by treatments of photoperiod and sex-steroid hormone. Ph.D. Thesis, University

- of Pukyong, Busan, Korea, 122.
- Sasaki T and Igarashi T. 1974. Seasonal changes of the testis and the spermatogenesis of *Sebastes vulpes* Steindachner et Doderlein. Bull Fac Fish Hokkaido University 25, 100-106.
- Sisneros JA, Forlano PM, Knapp R and Bassa AH. 1997. Seasonal variation of steroid hormone levels in an intertidal-nesting fish, the vocal plainfin midshipman. Comp Biochem Physiol 18A, 1217-1223.
- Smith RL and Paul AJ. 1990. Seasonal changes in energy and the energy cost of spawning in Gulf of Alaska Pacific cod. J Fish Biol 36, 307-316.
- Takahasi H and Takemura K. 1991. Reproductive cycle of *Sebastes taczanowskii* compared with Valenciennes-*V*. On the maturation and the seasonal of the matine testis maternal body of ovoviviparous teleost *Sebastes inermis*. Korean Fish. *Sebastiscus marmoratus* in southern coastal waters of the Harima sea of *Sebastiscus marmoratus* (Cuvier et Valenciennes). Bull Fac Fish Nagasaki University 6, 27-38.
- Ueda H, Kambegawa A and Nagahama Y. 1985. Involvement of gonadotropin and steroid hormones in spermiation in the amago salmon, *Oncorhynchus rhodurus* and goldfish, *Carassius auratus*. Gen Comp Endocrinol 59, 24-30.
- Wai NT, Peter MC and Peter MC. 2007. Growth and reproductive performance in cultured nearshore rockfish (*Sebastes* spp.). Aquaculture 266, 236-245.
- Wallace RA and Selman K. 1990. Ultrastructure aspects of oogenesis and oocyte growth in fish and amphibians. J Electron Microsc 16, 175-201.
- Wyllie ET. 1987. Thirty-four species of California rockfishes: Maturity and seasonality of reproduction. Fish Bull US 85, 229-249.
- Yang SK, Kim YD and Pyen CK. 1994. A study on the gonadal, maturation and egg stripping by hormone treatments of tiger puffer, *Takifugu rubripes*. J Aquaculture 7, 189-205.
- Yokogawa K and Iguchi M. 1992. Food habit and maturation of marbled rockfish *Sebastiscus marmoratus* in southern coastal waters of the Harima Sea. Suisanzoshoku 40, 131-137.

---

2011년 8월 30일 접수

2011년 10월 5일 수정

2011년 12월 6일 수리