

조피볼락의 생식주기

백재민 · *한창희* · 김대중** · 박철원*** · 會田勝美****
국립수산진흥원 남해수산연구소, *동의대학교 생물학과, **국립수산진흥원 태안수산시험장
해양연구소 생물공학연구그룹, *東京大學 水産生命科學科

Reproductive Cycle of a Rockfish, *Sebastes schlegeli*

Jae-Min BAEK, *Chang-Hee HAN*, Dae-Jung KIM**
Chul-Won PARK*** and Katsumi Aida****

Namhae Station, National Fisheries Research and Development Institute, Yosu 550-749, Korea

*Department of Biology, Donggeui University, Pusan 614-714, Korea

**Taeon Hatchery, National Fisheries Research and Development Institute, Taeon, Chungnam, 357-040, Korea

***Marine Bio-technology Research Group, Korea Ocean Research and Development Institute, Seoul 425-600, Korea

****Laboratory of Fish Physiology, Department of Fisheries, Faculty of Agriculture, The University of Tokyo, Tokyo 113, Japan

To clarify the annual reproductive cycle in a rockfish, *Sebastes schlegeli*, monthly changes in gonadosomatic index (GSI), hepatosomatic index (HSI) and histological feature of gonads and plasma levels of sex steroid hormones (estradiol-17β, 17α, 20β-dihydroxy-4-pregnen-3-one, testosterone and 11-ketotestosterone) were investigated. The annual reproductive cycle in females could be divided into 5 periods as follows: 1) recovery period (June to September): serum level of estradiol-17β increased gradually; 2) vitellogenesis period (September to February): vitellogenic oocytes were observed, GSI sustained high value, and serum level of estradiol-17β increased; 3) gestation period (February-April): developing larva showed in the ovary, and serum levels of 17α, 20β-dihydroxy-4-pregnen-3-one and testosterone increased; 4) parturition period (April to May): larva were delivered, and value of GSI and serum levels of hormones decreased rapidly; 5) resting period (May to June): value of GSI and serum levels of estradiol-17β and testosterone remained low. The annual reproductive cycle in males could be divided into 6 periods; 1) early maturation period (April to June): value of GSI and serum levels of hormones increased gradually, cyst of spermatogonia increased in number, and a small number of cyst of spermatocyte was observed; 2) mid-maturation period (June to September); value of GSI and serum levels of hormones increased, and germ cells in many cysts were undergoing active spermatogenesis; 3) late maturation period (September to November): value of GSI and serum levels of hormones remained high and spermatozoa were released into the lumina of the seminal lobules; 3) spermatozoa discharging period (November to December): the lumina of the seminal lobules were enlarged and filled with mature spermatozoa; 4) degeneration period (December to February); value of GSI decreased and cyst of spermatocyte were decreased in number; 5) resting period (December to April): no histological changes of testes were observed, and value of GSI and serum levels of hormones remained low. In November, the lumina of the seminal lobules were filled with mature spermatozoa and sperm masses were present in the ovarian cavity. Thus, copulation in this species occurred in November and December.

Key words: Annual reproductive cycle, Ovoviparous fish, Rockfish, *Sebastes schlegeli*

서 론

양볼락과 (Family Scorpaenidae)에 속하는 대부분의 종들은 난생이지만 *Sebastes*, *Sebastes*, *Helicolenus* 그리고 *Hozukius*속에 속하는 약 110종은 난태생어류에 속한다 (Wourms, 1981). 이들 난태생 어류중 *Sebastes*속에 속하는 어류들은 대부분 산업적으로 중요한 어종들이다. 이들중 특히 조피볼락 (*Sebastes schlegeli*)은 연안의 암초지대에 정착하여 서식하며 생활력이 강하여 (Chyung, 1977), 최근에는 우리나라 남서해안의 대표적인 양식 대상종으로 어민들에게 각광을 받고 있어서 종묘양성과 관련된 초기 성장과 영양 요구 및 사료 개발 등에 관한 연구들이 많이 보고되어 있다 (Lee et al., 1993; Lee and Chang, 1994; Hyun and Rho, 1996). 그리고 자치어와 배의 발생과정 (Hoshias et al., 1977, Yamada, Kusakari, 1991), 자치어의 대사와 발생 단계에 따른 에너지 수치 (Boehlert et al., 1986; Kim and Chin, 1995), 산란 생태 (Kusakari et al.,

1977) 등 비교적 여러 분야에 걸쳐 연구들이 수행되어져 왔다.

그러나 생식기구에 관련된 연구는 생식세포의 형성과정과 성분화에 대한 비교적 상세한 조직학적 연구 (Chung and Chang, 1995; Lee et al., 1996) 그리고 임신기 동안 혈청내의 sex steroid hormone의 변동에 대하여 조사한 연구보고 (Nagahama et al., 1991)만이 있을 뿐이며, 생식년주기에 따른 생식관련 기관의 조직상의 변화와 sex steroid hormone의 변화를 조사하여 생식년주기의 특성을 상세하게 밝힌 연구는 아직 찾아 볼 수 없었다. 생식년주기에 대한 특성을 상세하게 밝히는 것은 친어의 성 성숙과 억제에 대한 생리적 기구와 인위적 조절방법을 밝히는 데 중요한 기초적인 자료가 될 뿐만 아니라 효율적인 자원 조성을 계획하는데 중요한 자료가 이용될 수 있다.

따라서 본 연구에서는 생식소에 대한 조직학적 주년 변화와 이에 따른 혈청내의 sex steroid hormone들의 수준 변동을 조사하여 생식년주기를 명확히 해명하고 본종의 생식 생리학적 특성을 밝혀 생식기구의 구형과 생식주기의 인위적 조절 방안을 계획하는 데 필요한 기초자료로 제공하고자 한다.

* To whom correspondence should be addressed.

재료 및 방법

1. 재료

본 실험에 사용된 조피볼락은 1989년 4월부터 6월에 걸쳐 생산된 치어를 전남 여천 돌산 연안에 설치한 가두리 (8×8×2 m)에서 2년간 사육 증인 것으로서, 1991년 6월부터 1992년 8월까지 매월 20일부터 25일 사이에 10~20마리 (전장 범위 20.0~39.0 cm, 체중 범위 270~960 g)씩 채집하였다. 채집된 조피볼락은 활어차 (1 ton)를 이용하여 국립수산물진흥원 여수수산종묘시험장 실험실로 수송하여 1 ton FRP 원형 수조에 수용한 후 바로 실험재료로 사용하였다.

2. 채집장소의 수온과 일장 조사

가두리 양식장의 수온은 친어 채집시기에 부상온도계로 중층의 수온을 측정하여 월별 수온으로 나타내었으며, 월별 일장은 여수 기상대의 기상관측 자료를 근거로 하였다.

3. 조직학적 조사

전장과 체중을 각각 0.1 cm와 0.01 g의 범위까지 측정된 후, 미부 척추하동맥으로부터 채혈한 다음, 해부하여 생식소와 간을 적출하여 생식소중량지수 (GSI)와 간중량지수 (HSI)를 산출하였다. 생식소와 간의 조직학적인 변화를 조사하기 위하여 적출된 생식소와 간을 Bouin액에 24시간 고정된 후 상법인 paraffin 절편법에 의해 5~6 μm의 두께로 연속 절편하여 Mauer's haematoxyline-eosin 이중 염색법에 의하여 비교 염색하였다.

4. 혈중 Steroid hormone 정량

혈중에 존재하는 steroid hormone들의 농도를 측정하기 위하여 꼬리 부분에 있는 척추하동맥으로부터 5 ml의 1회용 주사기 (23G)를 사용하여 약 3~4 ml의 혈액을 채혈한 후, 냉동원심분리기 (RC-5)를 이용하여 3,000×G에서 30분간 원심분리하여 혈청을 분리하였다. 분리된 혈청으로부터 혈청내의 steroid 추출은 Aida et al. (1984)가 사용한 방법을 이용하였으며, 추출된 steroid는 radioimmuno-assay (RIA)용 시료로 이용할 때까지 -70°C에 보관하였다.

이들 steroid hormone들에 대한 농도 측정은 Aida et al. (1984)과 Lou et al. (1984)가 사용한 RIA방법에 따랐으며, 암컷에 대해서는 estradiol-17β, 17α, 20β-dihydroxy-4-pregnen-3-one 그리고 testosterone을, 수컷에 대해서는 testosterone과 11-ketotestosterone을 정량하였다.

Testosterone의 정량에 사용한 항체는 Honma교수 (Lab. Domestic animal and Physiology, Faculty of Agriculture, Tokyo Univ.)로부터 얻었으며, 이 항체의 cross-reaction율은 11-ketotestosterone, 5α-dihydrotestosterone, androstenedione 그리고 androstenediol에 대하여 각각 1.5, 30, 1.0, 그리고 0.25%였다. 11-ketotestosterone과 17α, 20β-dihydroxy-4-pregnen-3-one에 대한 항체는 Dr. Kambegawa (Dep. Obstetrics and Gynecology, Teikyo Univ. School of Medicine)로부터 얻었으며, 이 11-ketotestosterone에 대

한 항체의 cross-reaction율은 testosterone, 5α-dihydrotestosterone, androstenedione 그리고 androstenediol에 대하여 각각 1.5, 30, 1.0, 그리고 0.25%였으며, 17α, 20β-dihydroxy-5β-pregnan-3-one, 17α, 20β-dihydroxy-4-pregnen-3-one, 5β-pregnan-3β, 17α,20β-triol에 대하여 각각 2.54, 1.56 그리고 0.82%였다. estradiol-17β에 대한 항체는 Teikoku Zoki Pharm. Co.로부터 구입하였으며, 이 항체의 cross-reaction율은 estrone, estradiol, 그리고 testosterone에 대하여 각각 3.2, 1.77 그리고 0.29%였다.

유의성 검정은 Duncan의 다변량분석 방법을 사용하여 P값이 0.05 이하일 경우에 유의하다고 판정하였다.

결 과

1. 사육 환경

시료 채집장소에서 1991년 5월부터 1992년 9월까지의 수온과 일장의 변화를 조사한 결과는 Fig. 1에 나타내었다. 수온은 8월에 24.5°C와 26.6°C로 가장 높았으며 9월 이후부터 점점 떨어지기 시작하여 10월부터 12월에 걸쳐 급격히 하강하여 다음해 2월에는 8.5°C로 연중 최저 수온을 나타내었다. 그 후 3월부터 수온은 서서히 상승하기 시작하여 8월에는 26.6°C까지 상승하였다. 일장은 12월 20일경에 9시간 40분으로 가장 짧았으며, 그후부터 점차 증가하여 6월 24일경에 14시간 30분으로 연중 최고 일장시간을 나타내었다.

2. 암컷의 생식주기

1) GSI 및 HSI의 주연변화

조피볼락 암컷의 GSI와 HSI의 주연변화는 Fig. 2에 나타내었다. 6월부터 10월까지의 GSI는 0.17±0.02%에서 0.38±0.02%로 서서히 증가하는 양상이 보이긴 하였으나 유의한 변화는 보이지 않았다. 그러나 11월부터 0.66±0.07%로 상승하기 시작하여 12월에는 GSI가 2.12±1.37%로 유의한 상승을 보였다. 그후 2월에는 GSI가 3.53±1.37%로 상승하고, 3월에 GSI는 7.18±3.50%로 크게 상승하여 최고치에 이르지만 개체간의 차가 크게 나타나고 있었다. 4월의

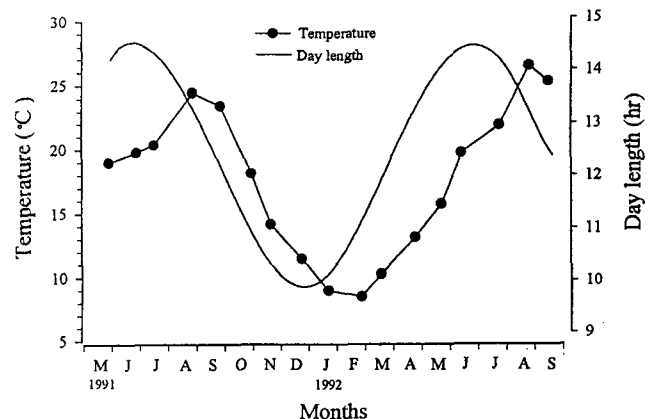


Fig. 1. Annual changes of water temperature and daylength in the sampling place (Dolsan island, Yosu province) of rockfish, *Sebastes schlegelii*.

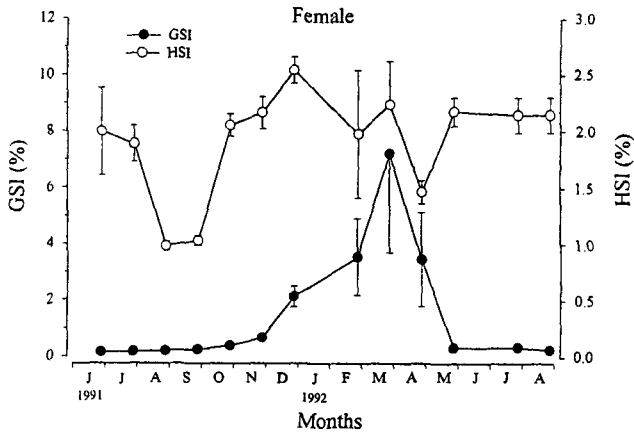


Fig. 2. Annual changes of gonadosomatic index (GSI) and hepatosomatic index (HSI) in female of rockfish, *Sebastes schlegeli*. Values represent the mean \pm SE.

GSI는 $3.44 \pm 1.67\%$ 로 하강하기 시작하여 5월에는 GSI가 $0.30 \pm 0.10\%$ 에 이르렀으며 이러한 낮은 값은 8월까지 거의 변화 없이 지속되었다.

한편, HSI는 7월에서 8월에 이르러 $1.89 \pm 0.16\%$ 에서 $1.12 \pm 0.5\%$ 로 급격하게 하강하여 9월까지 $1.03 \pm 0.04\%$ 로 낮은 값을 유지하였으나, 그후 10월에 이르러 HSI는 $2.05 \pm 0.10\%$ 로 다시 상승하였으며, 이러한 HSI의 값은 5월에 약간의 하강이 있었지만 8월까지 높게 지속되었다.

2) 난소의 조직학적 변화

난소의 조직학적인 연 변화는 Fig. 3과 4에 나타내었다. 7월과 8월에 난소 내에는 주변인기의 난모세포 (oocyte of perinucleolus stage: PNO)와 난황형성 전기의 난모세포 (previtellogenic oocyte: PVO)들이 난소의 생식상피를 따라 발달하고 있는 것을 관찰할 수 있다 (Fig. 3-1). 그후 9월에 이르러서는 난소내의 대부분이 난황형성 초기의 난모세포 (primary vitellogenic oocyte: PVG)들이 차지하고 있었으며, 일부에는 주변인기와 난황형성 전기의 난모세포들이 관찰되었다 (Fig. 3-2). 10월에 채집된 대부분 개체들의 난소에는 난황형성 초기와 후기의 난모세포들로 이루어져 있었으며, 11월이 되면 모든 개체들의 난소는 대부분 난황형성 후기의 난모세포 (secondary vitellogenic oocyte: SVG)들로 이루어져 있었다 (Fig.3-3). 12월에 채집된 개체들의 난소 내에서는 정자 (SP)들을 관찰할 수 있었으며 (Fig. 3-4), 난소내에서 관찰되는 정자들은 난소의 내강내에 덩어리로 무리지어 존재하고 있었다. 2월이 되면 난모세포는 더욱 발달하여 약 $500 \times 350 \mu\text{m}$ 크기의 완숙된 난모세포로 성장하게 된다 (Fig. 3-5). 3월부터 대부분 개체의 난소내에는 발생이 진행중에 있는 자어의 관찰이 용이하며 (Fig. 4), 이들의 발생단계는 개체에 따라 차이가 많으나, 같은 개체내에서는 모든 자어가 같은 발생단계에 있었다. 4월부터 일부 개체에서는 퇴화된 난소를 갖고 있었으며, 이들 난소내에는 퇴화된 일부의 난모세포 (DO)와 자어가 출산된 후의 난소내강 (OC)이 관찰되었다 (Fig. 4-2). 이러한 자어 출산 후의 난소들은 5월에 채집된 거의 모든 개체에서 관찰되었다.

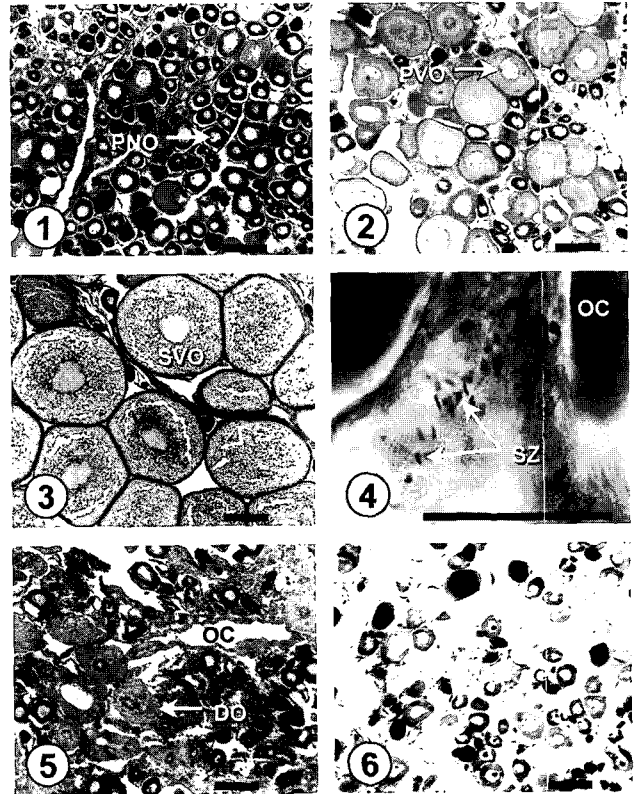


Fig. 3. Histological changes of ovary in female *Sebastes schlegeli* (Scale bars=200 μm).

1) Section of ovary in the recovery period. Oocytes in perinucleolus (PNO) and previtellogenic stages (PVO) observed from July. 2) Section of ovary in early vitellogenic period. Oocytes in primary vitellogenic stage (PVG) were observed from September. 3) Section of ovary in late vitellogenic period. Most of oocytes were in secondary vitellogenic stage (SVG) in November. 4) Section of ovary of fertile female in December. photograph shows mass of spermatozoa (SPM) located in the ovarian cavity. 5) Section of mature ovary. Most of oocytes were in mature stage (December). 6) Section of ovary after parturition. Ovarian cavity (OC) and degenerated oocyte (DO) were observed in May.

3) 혈중 sex steroid hormone 주년 변화

암컷에 대하여 estradiol-17 β , testosterone 그리고 17 α , 20 β -dihydroxy-4-pregnen-3-one (17 α , 20 β OHHP)의 혈중 농도의 연 변화는 Fig. 5에 나타내었다. 난황형성 전기의 난모세포들을 갖는 6월에 estradiol-17 β 의 혈중 농도는 $0.22 \pm 0.03 \text{ ng/ml}$ 로 낮은 상태이었으나 7월 이후부터 점차 상승하기 시작하여 난황형성 초기의 난모세포들이 나타나는 9월에는 $0.60 \pm 0.11 \text{ ng/ml}$ 로 상승하였다. 10월에는 $0.46 \pm 0.06 \text{ ng/ml}$ 로 약간 하강하였으나, 난황형성 후기의 난모세포들을 갖는 11월부터 12월까지 estradiol-17 β 의 혈중 농도가 계속 상승하여 12월에 $1.15 \pm 0.26 \text{ ng/ml}$ 로 높은 값을 나타내었다. 이러한 높은 혈중 농도는 2월까지 지속되어 그 농도는 $1.09 \pm 0.55 \text{ ng/ml}$ 에

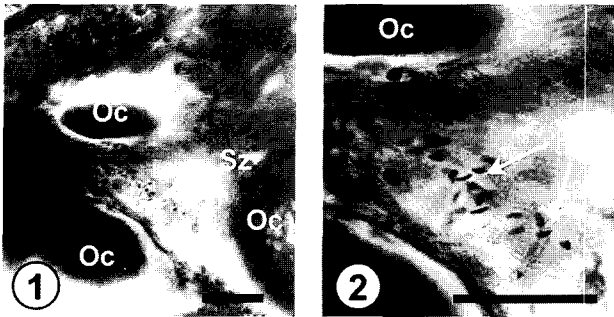


Fig. 4. Section of ovary of female *Sebastes schlegeli* in December (Scale bars=100 μ m).
1) Some of spermatozoa showing in ovarian cavity, 2) Enlarged photograph of spermatozoa in ovary. Oc, Oocyte; Sz, spermatozoa

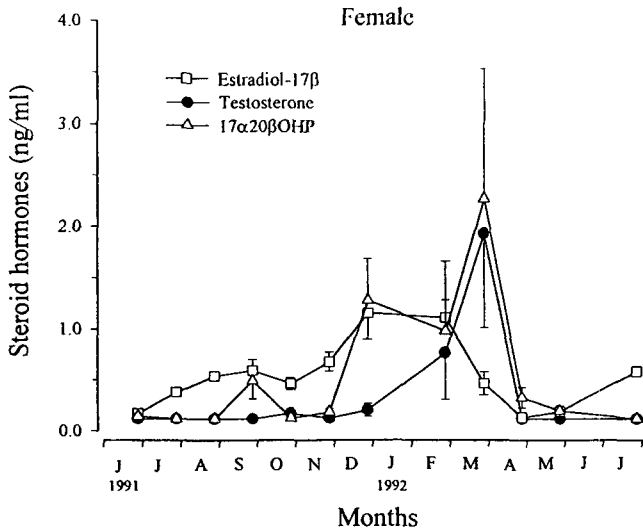


Fig. 5. Monthly changes of level of sex steroid hormones in plasma of female *Sebastes schlegeli*. Values represent the mean \pm SE.

이르렀다. 그 후 대부분 암컷들이 임신상태에 있는 3월부터 estradiol-17 β 의 혈중 농도는 급격히 하강하기 시작하여 출산이 시작되는 4월에 0.12 \pm 0.02 ng/ml, 5월에 0.18 \pm 0.03 ng/ml로 연중 최저치를 보였으며, 7월부터 다시 상승하기 시작하였다.

한편, 혈중 testosterone의 농도는 6월부터 11월까지 0.12 ng/ml 전후의 범위로 낮은 값을 유지하였으나 12월 이후부터 상승하기 시작하여 2월에 0.73 \pm 0.48 ng/ml까지 상승하였고, 대부분 암컷들이 임신하고 있는 기간인 3월에 1.89 \pm 0.95 ng/ml로 연중 최고치를 보였다. 그 후 대부분 암컷들이 자어를 출산하고 난 후인 4월이 되면서 testosterone의 농도는 급격하게 떨어져 0.12 \pm 0.01 ng/ml의 낮은 값을 보여 7월까지 이러한 낮은 값이 계속되었다.

17 α , 20 β -dihydroxy-4-pregnen-3-one의 혈중농도 변화는 9월에 0.49 \pm 0.18 ng/ml로 다소 높은 값을 보였으나 6월부터 11월까지

0.12~0.19 ng/ml의 범위로 대체로 낮은 값을 보였으나, 그 후 12월에 1.28 \pm 0.40 ng/ml로 상승하여 2월까지 거의 같은 값을 유지하다 3월에 이르러서 2.27 \pm 1.27 ng/ml로 연중 최고치를 나타냈다. 4월에는 그 값이 급격하게 떨어져 0.33 \pm 0.10 ng/ml를 나타내었으며 이러한 낮은 값은 7월까지 계속되었다.

3. 수컷의 생식주기

1) GSI 및 HSI의 주년변화

수컷의 GSI와 HSI 월변화를 Fig. 6에 나타내었다. 7월에서 8월에 접어들면서 GSI가 점차로 상승하기 시작하여 9월에는 0.21 \pm 0.06%에 이르렀다. 그 후 10월에 이르러서는 GSI의 급격한 상승이 일어나 GSI가 0.61 \pm 0.09%로 연중 최고의 값을 나타내었다. 11월의 GSI는 0.45 \pm 0.18%로 다소 하강하였으나 개체간의 차가 크게 나타나 유의한 감소는 보이지 않았다. 그러나 12월에 이르러서는 GSI의 값이 0.33 \pm 0.02%로 유의하게 ($P < 0.01$) 감소하고 있는 것을 볼 수 있었으며, 그후부터 계속 GSI가 하강하여 3월에 0.13 \pm 0.02%에 이르게 되었으며 이러한 GSI의 낮은 값은 다음해 8월까지 지속되었다.

한편, HSI는 7월에서 9월에 걸쳐서 감소하기 시작하여 9월과 10월에 HSI가 각각 1.08%와 1.09%로 연중 최저치를 나타내고 있었다. 그 후 11월부터 8월까지, 4월의 HSI의 급격한 상승과 5월말의 하강이 있었으나, HSI는 일반적으로 서서히 상승하였다.

2) 정소의 조직학적 변화

정소의 조직학적인 년 변화는 Fig. 7에 나타내었다. 2월에서 4월까지 수컷의 정소는 위축되어 정세관내의 생식상피 부근에는 정원세포 (SG)들이 관찰되었으며 일부 퇴화된 정모세포가 관찰될 뿐 정자형성과정에 있는 정모세포의 모습은 관찰되지 않았다 (Fig. 7-1). 그 후 5월에 채집된 대부분 개체의 정세관에는 생식상피로부터 정원세포의 분열증식으로 정원세포들로 이루어진 포낭 (SGC)들로 이루어져 있었으며, 정자형성과정에 있는 정모세포들로 이루어진 포낭 (SGC)들도 일부 관찰되기 시작하였다 (Fig. 7-2).

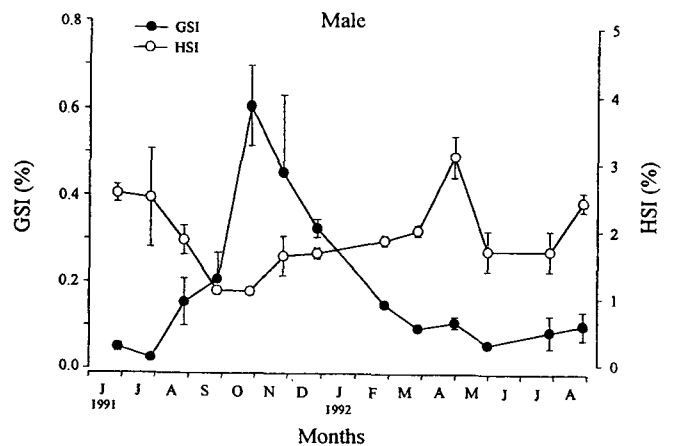


Fig. 6. Monthly changes of gonadosomatic index (GSI) and hepatosomatic index (HSI) in male of rockfish, *Sebastes schlegeli*. Values represent the mean \pm SE.

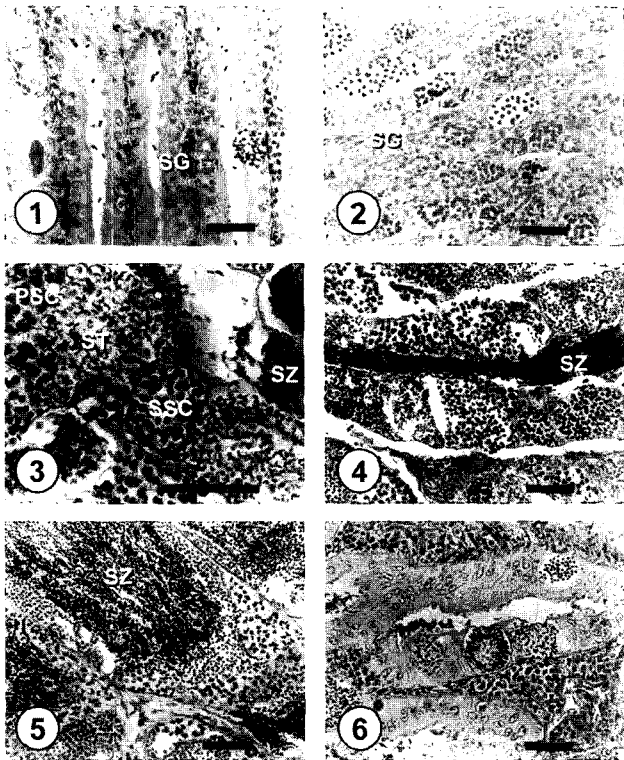


Fig. 7. Histological changes of testis in male *Sebastes schlegelii*. (Scale bars=100 μ m).

1) Section of testis in April. Spermatogonia (SG) were dispersed along the lobule wall. 2) Section of testis in June. A number of cysts of spermatogonia (SG) were observed in seminal lobules and so me of spermatocyte cysts had appeared. 3) Section of testis in August. Testicular cells of every stage in spermatogenesis were observed: primary spermatocyte (PSC), secondary spermatocyte (SSC), spermatide (ST) and spermatozoa (SZ). 4) Section of testis in October. A number of spermatozoa (SZ) preserved in lumen of seminal lobules. 5) Section of testis in November. Lobular lumina were filled with free spermatozoa (SZ). 6) Section of degenerating testis in February.

7월과 8월이 되면 대부분의 개체들은 정모세포들이 활발하게 분열 증식하여 모든 단계의 정모세포, 즉 1차 정모세포 (PSC)와 2차 정모세포 (SSC)의 포낭과 정세포 (ST) 및 정자 (SP)들로 이루어진 포낭들도 관찰할 수 있었다 (Fig. 7-3). 9월과 10월에 이르면 모든 개체의 정소내에는 정자형성이 더욱 활발하게 일어나고 있었으며, 일부의 개체에서는 정자가 정세관의 내강으로 방출된 모습도 관찰되었다 (Fig. 7-4). 11월에서는 모든 개체들의 정소내에서는 정세관 내강이 확장되고 내강내에는 많은 양의 완숙한 상태로 변태된 정자들로 채워져 있었으며, 또한 정자형성도 활발하게 일어나고 있는 것이 관찰되었다 (Fig. 7-5). 12월이 되면 정소내의 정자형성과정에서 정모세포 포낭들의 수는 급격히 줄어들고 일부 퇴화중인 정모세포 포낭과 정세포 포낭들을 관찰할 수 있었으며, 정세관의 곳곳에 정자괴들이 관찰되었다 (Fig. 7-6).

3) 수컷의 sex steroid hormone의 변화

수컷의 11-ketotestosterone과 testosterone에 대한 혈중농도의 연간 변화는 Fig. 8에 나타내었다. 11-ketotestosterone은 7월부터 상승하기 시작하여 9월에 2.45±0.94 ng/ml, 10월에 0.95±0.16 ng/ml, 11월에 1.08±0.43 ng/ml로 개체간의 차이는 많으나 높은 값을 보였다. 12월로 접어들면서 11-ketotestosterone의 값은 급격하게 떨어져 12월에는 0.07±0.04 ng/ml로 낮은 값을 나타내어 4월까지 낮은 값이 유지되었다. 그후 5월부터 11-ketotestosterone의 농도가 0.23±0.03 ng/ml으로 상승하기 시작하여 7월에는 1.15±0.11 ng/ml로 유의한 (P < 0.01) 상승이 일어났다.

Testosterone의 연간 변화 폭은 11-ketotestosterone에 비하여 크지 않으나 전체적인 변화양상은 11-ketotestosterone과 유사하였다. 7월부터 9월에 걸쳐 testosterone의 혈중농도가 상승하여 9월에는 0.51±0.19 ng/ml였으나, 그후 10월부터 점차로 하강하기 시작하여 12월에는 0.02±0.02 ng/ml가 되었다. 그후 2월에 0.28±0.18 ng/ml로 약간 상승하였으나 3월에 다시 하강하여 5월부터 조금씩 상승함을 볼 수 있다.

고 찰

조피볼락은 암컷과 수컷의 생식소에 대한 조직학적인 변화와 GSI, HSI의 월 변화, 그리고 sex steroid hormone의 혈중 수준의 월 변화에 의하여 Fig. 9에 나타낸 바와 같이 생식년주기를 발달 단계에 따라 암컷에서는 회복기 (recovery period, RC) (7월~9월), 난황형성기 (vitellogenesis period, VG) (9월~2월), 임신기 (gestation period, G) (2월~4월), 출산기 (parturition period, P) (4월~5월), 휴지기 (resting period, R) (5월~7월)의 5단계로 나눌 수 있었다. 그리고 수컷에서는 정자형성 초기 (early spermatogenesis period, ES) (4월~6월), 정자형성 중기 (mid-spermatogenesis period, MS) (6월~9월), 정자형성 후기 (late spermatogenesis period, LS) (9월~11월), 정자방출기 (spermatozoa discha-

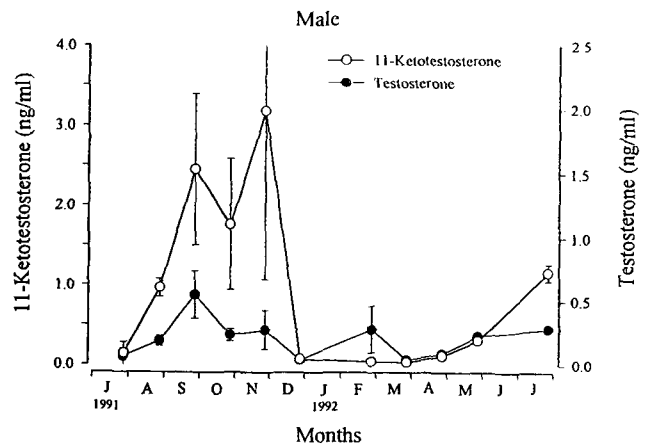


Fig. 8. Monthly changes of level of sex steroid hormones in plasma of male *Sebastes schlegelii*. Values represent the mean \pm SE.

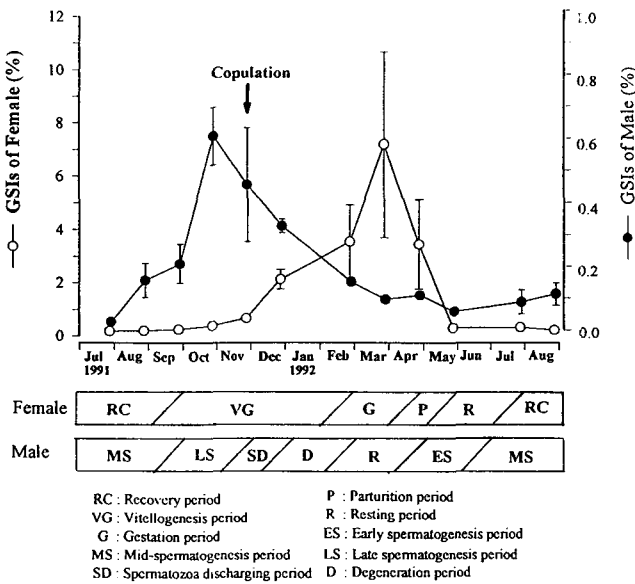


Fig. 9. Reproductive cycles of female and male *Sebastes schlegelii*.

resting period, SD) (11월~12월), 퇴화기 (degeneration period, D) (12월~2월) 그리고 휴지기 (resting period, R) (12월~4월)의 6 단계로 나눌 수 있었다.

Takemura et al. (1987)와 Takahashi et al. (1991)은 본종과 같은 난태생인 탁자불락 (*S. taczanowskii*) 암컷의 생식주기를 4 단계, 즉 회복기, 난황형성기, 임신기, 출산기로 구별하고 있다. 이들은 GSI의 주년 변화와 생식소의 조직학적인 변화의 결과를 토대로 휴지기와 회복기를 구분하지 않고 휴지기와 회복기에 해당하는 시기를 회복기로 통합하여 전 4단계로 구분하고 있다. 또한 Chang et al. (1995)은 황점불락 (*S. oblongus*)의 생식년주기를 암컷의 경우 성장기 8~9월, 성숙기 9~10월, 임신기 11~12월, 출산기 12~1월, 휴지기 2~7월의 5단계로 구분하였다.

본 연구에서도 조직학적인 결과만을 보면 5월과 9월에 이르는 시기에 두 개의 단계로 구분하여야 할 뚜렷한 생식선의 변화는 없었다. 그러나 암컷의 estradiol-17 β 수준의 월별 변화를 보면 자어 산출 후 4월부터 6월까지 estradiol-17 β 의 혈중 수준은 연중 가장 낮은 값을 유지하였으나, 7월부터 estradiol-17 β 의 수준이 상승하기 시작하여 9월까지 지속되고 있음을 알 수 있었다. 이와 같은 현상은 난소의 난모세포를 둘러싸고 있는 협막세포와 과립막세포에서 난성숙을 위한 sex steroid hormone의 생합성이 시작되었음을 의미하고, 또한 간에서 난황물질의 형성을 시작하게 하는 요인이 되기 때문에 estradiol-17 β 의 생성분비가 일어나기 전과 일어나기 시작한 후의 2단계로 나누어 휴지기와 회복기로 나누었다.

한편 본 종의 수컷 생식년주기는 정소의 조직학적 변화와 steroid 호르몬의 변화에 의해 Fig. 9에 나타낸 바와 같이 6개의 단계로 나눌 수 있었다. 혈중 testosterone과 11-ketotestosterone의 수준이 상승하기 시작하면서 생식상피로부터 정원세포의 분열과 함께 정원세포 포낭형성이 활발한 시기를 정자형성초기 (early

spermatogenesis period, ES) (4월~6월)로 구분하였고, 혈중 steroid hormone의 수준이 급격한 상승과 함께 정자형성이 활발하게 일어나는 시기를 정자형성중기 (mid-spermatogenesis period, MS) (6월~9월)로 구분하였다. 그리고 11-ketotestosterone의 혈중 수준이 높은 값을 유지하면서 정세관의 내강내에 정자의 방출이 나타나기 시작하는 시기를 정자형성후기 (late spermatogenesis period, LS) (9월~11월), 정세관의 내강내에는 완숙한 정자들로 충만한 시기를 정자 방출기 (spermatozoa discharging period, SD) (11월~12월)로 구분하였으며, 그후 정소의 조직학적 상태에 의해 퇴화기 (degeneration period, D) (12월~2월)와 휴지기 (resting period, R) (2월~4월)로 다시 나누었다.

Igarashi (1968)가 탁자불락에서 정소의 조직학적 주년변화를 조사하여 3단계, 즉 정자형성 준비기 (preparative period for spermatogenesis) (12~4월), 정자형성기 (spermatogenesis period) (5월~10월), 정자 방출기 (discharging period of spermatozoa) (11월)로 나누었다. 그러나 Takahashi et al. (1991)은 같은 탁자불락에서 조직학적 조사와 GSI의 변화에 의해 생식년주기를 5단계, 즉 성숙전기 (early maturation) (2월~5월), 성숙중기 (mid-maturation) (6월~8월), 성숙후기 (late maturation) (9월~10월), 기능적 성숙기 (functional maturation) (11월), 휴지기 (resting) (12월~1월)로 나누었다. 본종의 정소 조직의 계절적 변화 양상은 탁자불락의 변화와 유사하였고, GSI의 변화도 유사하여 수컷의 생식년주기를 Takahashi et al. (1991)의 구분에 따랐으나, 정소의 조직학적 변화와 steroid 호르몬의 변동에 의해 생식년주기의 구분을 다소 다르게 정하였다. 탁자불락의 휴지기와 성숙 전기에 해당하는 두 기간을 본 연구에서는 3단계로 구분하였다. GSI가 점차로 감소하면서 정소의 조직내에는 방출하고 남은 정자와 정자형성단계에 있는 포낭들이 남아있으며, 이들이 점차로 퇴화 흡수되어가는 기간과 GSI가 최저값으로 변화가 없으며 포낭들이 거의 흡수되어진 상태 기간으로 나누어 전자를 퇴화기, 후자를 휴지기로 나누었고, 그후 다시 혈중 steroid hormone들의 수준이 상승하면서 정원세포 포낭들을 형성하는 시기를 정자형성 초기로 구분하였다.

본 실험 결과의 Fig. 3과 Fig. 5에 나타난 수컷의 연간 GSI 변화와 steroid hormone들의 변화 및 조직학적 변화에 의하면 혈중의 11-ketotestosterone 수준은 10월과 11월에 가장 높은 값을 보인 반면, testosterone은 9월을 제외하고는 전체적으로 낮은 수준을 보여 본 종에 있어서 수컷의 정자형성에 관여하는 주 hormone은 일반적인 난생어류와 마찬가지로 11-ketotestosterone으로 확인되었다. 그리고 11월에 완숙상태의 정자들이 정세관 내강에 밀집해 있고 그후 12월에는 정세관내에 있던 정자들이 거의 소실된 점과 이 시기에 채집된 암컷의 난소내강에 정자피의 관찰 등에 의해 본종의 교미시기는 11월과 12월 사이에 일어나고 있다고 할 수 있다.

Takahashi et al. (1991)은 탁자불락에 대한 정소의 계절적 변화와 교미에 대한 조사에서 11월에 정자형성이 활발하게 일어나며 정세관 내에 많은 양의 정소를 저장하며 이때 교미한다고 하였고, Mizue (1959b)는 불락 (*S. inermis*)에서 10월과 11월에 정자 형

성이 가장 활발하고 12월에 교미하는 것으로 보고하였다. 이밖에 Shiokawa (1962)는 개볼락 (*S. pachycephalus pachycephalus*)의 조직학적 관찰에 의해 정소 성숙이 9월에 시작하여 11월에 가장 활발하다고 하였으며, Tateishi (1958) 등이 11월 초에 교미하는 것으로 추정하였다. Ouchi et al. (1978)은 볼볼락 (*S. thompsoni*)에 대한 정소의 조직적 변화에서 10월에 가장 활성을 나타내고 11월에 교미가 일어난다고 하였다. 이상의 내용으로 보아 본종의 교미 시기는 지금까지 밝혀진 종들과 거의 유사함을 알 수 있었다.

본 종은 11월부터 12월 사이에 교미하여 2월경에 수정되어 4월경에 출산되고 있어서 난발생 및 임신기간이 2개월 전후임을 알 수 있다. 그러나 탁자볼락은 11월에 교미하여 3월~4월에 출산한다고 보고하고 있으며 (Shiokawa, 1962; Tateishi et al., 1958; Takahashi et al., 1991), 볼락 (*S. inermis*)은 12월에 교미하여 1월~2월에 자어를 출산한다고 보고하고 있다 (Mizue, 1959a, 1959b). 따라서 상기한 두종과 비교해보면 교미시기는 모두 비슷한 시기에 일어나나 출산시기가 다르게 나타나는 것은 자어발생 기간이 종에 따라 다소 상이하게 나타나고 있음을 알 수 있다.

*Sebastes*屬은 출산시기 동안에 1회 출산하는 종과 출산시기 동안 여러번 출산하는 종의 2가지 집단으로 나눌 수 있는데, 1회 출산하는 종으로는 볼락 (Mizue 1959, Mio 1960), 개볼락 (Mizue 1959; Shiokawa and Tsukahara 1961, Shiokawa 1962b), 누루시볼락 (Ogata et al., 1987), 그리고 탁자볼락 (Takemura et al., 1987) 등이 보고되고 있으며, 여러번 출산하는 종으로는 불갑쟁 (Mizue, 1959)과 썸뱅이 (Mizue, 1959; Mio, 1960; Shiokawa, 1962a; Takano et al., 1991) 등이 보고되고 있다. 본 종의 생식소에 대한 조직학적인 관찰에 의하면 동일 개체의 난소 내에 있는 난모세포의 발달단계나 자어발생 단계는 모두 비슷한 수준이며, 출산후의 난소내에는 난황형성 중인 난모세포는 전혀 관찰되지 않은 점으로 보아 출산시기 동안 1회 산출하는 종임을 조직학적인 면에서 판단할 수 있다.

요 약

본 실험은 조피볼락 (*Sebastes schlegeli*)의 생식년주기와 생식주기에 따른 sex steroid hormone들의 계절적인 변화를 밝히기 위하여 GSI와 HSI의 연간 변동과 생식소 조직학적인 연간 변화와 sex steroid hormone (estradiol-17 β , 17 α , 20 β -dihydroxy-4-pregnen-3-one, testosterone, 그리고 11-ketotestosterone)의 혈중 수준의 연간 변화를 조사하였다.

암컷의 생식주기는 다음과 같이 5단계로 구분할 수 있었다: 1) 회복기 (6월~9월): 혈중 estradiol-17 β 의 수준이 점차 증가 하였다; 2) 난황형성기 (9월~2월): 난모세포의 난황 형성이 관찰되며, GSI 값과 혈중 estradiol-17 β 수준이 증가하였다; 3) 임신기 (2월~4월): 난소내에 발생중인 자어가 관찰되며, 2월에서 3월에 이르러 혈중 17 α , 20 β -dihydroxy-4-pregnen-3-one와 testosterone의 수준이 증가하였다; 4) 출산기 (4~5월): GSI 값이 급격히 감소하면서 난소내에는 자어들의 출산된 흔적이 보였다; 5) 휴지기 (5월~7월): GSI값과 혈중 steroid hormone의 수준이 낮은 값을 유지하

였다.

수컷의 생식년주기는 6단계로 나눌 수 있었다; 1) 정자형성 초기 (4월~6월): GSI의 값과 혈중 steroid hormone의 수준이 점진적으로 증가하였으며, 정원세포의 포낭이 수가 증가하고 일부의 정모세포의 포낭들도 관찰되었다; 2) 정자형성 중기 (6월~9월): GSI의 값과 혈중 steroid hormone의 수준이 증가하고 많은 포낭내의 생식세포들이 활발하게 정자형성을 하고 있었다; 3) 정자형성기 후기 (9월~11월): GSI와 steroid hormone의 수준이 높은 값을 유지하고 있었으며, 정자들이 정세관 내강으로 방출되었다; 4) 정자 방출기 (11월~12월): 정세관의 내강이 확장되고 이 내강 내에는 성숙된 정자들로 가득차 있었다; 5) 퇴화기 (12월~2월): GSI의 값이 점차로 감소하면서 정모세포의 포낭수도 점차로 감소 하였다; 6) 휴지기 (2월~4월): 정소조직의 변화는 보이지 않았으며, GSI와 steroid hormone의 수준이 낮은 값을 유지하였다.

11월에 정소들의 정세관 내강에 성숙된 정자들로 가득차 있었고 난소내강에 정자과들이 관찰되는 것으로 보아 이종의 교미시기는 11월과 12월사이라고 할 수 있다.

참 고 문 헌

- Aida, K., T. Kato and M. Awaji. 1984. Effects of castration on the smoltification of precocious male masu salmon *Oncorhynchus masou*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 50, 565~571.
- Boehlert, G.W., M. Kusakari, M. Shimizu and J. Yamada (1986). Energetics during embryonic development in kurosoi *Sebastes schlegeli*. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 101, 239~256.
- Chang, Y.J., H.K. Lim and S.G. Byun. 1995. Gonadal maturation and reproductive cycle in oblong rockfish *Sebastes oblongus*. J. Korean Aqua. 8, 31~46.
- Chung, E.-Y. and Y.J. Chang. 1995. Ultrastructural changes of germ cell during the gametogenesis in Korean rockfish, *Sebastes schlegeli*. J. Korean Fish. Soc. 28, 736~752.
- Chyung, Moon Ki. 1977. The Fishes of Korea. Il-ji sa. Seoul. p. 499~506.
- Hoshias, C. 1977. Larvae and juveniles of the Scorpaenid fish, *Sebastes schlegeli*. Japan J. Ichtyol., 24, 35~42 (in Japanese).
- Hyun, C.-H. and S. Rho. 1996. Studies on the early growth of rockfish, *Sebastes schlegeli*. J. Aquaculture 9(1): 25~42 (in Korean).
- Igarashi, T. 1968. Ecological studies on a marine ovoviparous teleost, *Sebastes taczanowskii* (Steindachner). I. Seasonal changes of the testis. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ. 19, 19~26 (in Japanese).
- Kim, C.-H. and P. Chin. 1995. The effects of dietary energy/protein ratio on oxygen consumption, ammonia nitrogen excretion and body composition in juvenile rockfish, *Sebastes schlegeli*. J. Korean Fish. Soc. 28, 412~420 (in Korean).
- Kusakari, M., Y. Mori and K. Kubo. 1977. Studies on the breeding habit of a rockfish, *Sebastes schlegeli* (Hilgendorf). 2. On the breeding behavior of pregnant fish and the just spawned larvae. J. Hokkaido Fish. Exp. Stn. 34, 1~11 (in Japanese).
- Lee, S.M., J.Y. Lee, Y.J. Kang, H.D. Yoon and S.B. Hur. 1993. n-3 highly unsaturated fatty acid requirement of the Korean rockfish

- Sebastes schlegeli*. Bull. Korean Fish. Soc. 26, 477~492 (in Korean).
- Lee, Y.D., S. Rho, Y.J. Chang, H.J. Baek and C.M. An. 1996. Sex differentiation of the rockfish, *Sebastes schlegeli*. J. Korean Fish. Soc. 29, 44~50 (in Korean).
- Lee, Y.H. and Y.J. Chang. 1994. Physiological effects of seamustard supplement diet on the growth and body composition of young rockfish, *Sebastes schlegeli*. Bull. Korean Fish. Soc. 27, 69~82 (in Korean).
- Lou, S.W., K. Aida, I. Hanyu, K. Sakai, M. Nomura, M. Tanaka and S. Tazaki. 1984. Endocrinizing profiles in the female of a twice-annually spawning strain of rainbow trout. Aquaculture 43, 13~22.
- Mio, S. 1960. Biology of *Sebastes inermis* Cuvier et Valenciennes. Rec. Oceanogr. Wks. Jap. 5, 86~97.
- Mio, S. 1961. Studies on population biology of coastal fishes in Kyusyu. I. Biology of *Sebastes inermis* (Cuvier et Valenciennes). Sci. Bull. Fac. Agr. Kyusyu Univ. 18, 419~436.
- Mizue, K. 1959a. About the seasonal cycle of the ovaries of the marine ovoviviparous teleost. J. Hokkaido Fish. Exp. Stn. 8, 84~110 (in Japanese).
- Mizue, K. 1959b. About the seasonal cycle of mature testis of *Sebastes inermis*. J. Hokkaido Fish. Exp. Stn. 8, 111~122 (in Japanese).
- Nagahama, Y., A. Takemura, K. Takano, S. Adachi and M. Kusakari. 1991. Serum steroid hormone levels in to the reproductive cycle of *Sebastes taczanowskii* and *S. schlegeli*. Environ. Biol. Fish., 30, 31~38.
- Ouchi, K., T. Shimizu and K. Ikehara. 1978. Seasonal histological changes in the testis of *Sebastes thompsoni* (Jordan et Hubbs). Bull. Jap. Sea. Reg. Fish. Lab. 29, 121~135 (in Japanese).
- Shiokawa, T. 1962. Growth and maturity of the common rockfish, *Sebastes marmoratus* Cuvier et Valenciennes. Env. Biol. Fish. 6, 91~102.
- Takahashi, H., K. Takano and A. Takemura. 1991. Reproductive cycles of *Sebastes taczanowskii*, compared with those of other rockfishes of the genus *Sebastes*. Env. Biol. Fish. 30, 23~29.
- Takano, K., A. Takemura, M. Furihata, T. Nakanishi and A. Hara. 1991. Annual reproductive and spawning cycle of female *Sebastes marmoratus*. Env. Biol. Fish. 30, 39~48.
- Takemura, A., K. Takano and H. Takahashi. 1987. Reproductive cycle of a viviparous fish, the wipe-edged rockfish, *Sebastes taczanowskii*. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 38, 111~125.
- Wourms, J.P. 1981. Viviparity: the maternal-fetal relationship in fishes. Amer. Zool. 21, 473~515.
- Yourms, J. and M. Kusakari. 1991. Staging and the time course of embryonic development in kurosoi, *Sebastes schlegeli*. Env. Biol. Fish. 30, 103~110.

2000년 9월 1일 접수

2000년 9월 18일 수리