

## 동사리, *Odontobutis platycephala* (Iwata et Jeon) 수컷의 생식주기에 따른 정소 발달과 혈중 생식소 스테로이드의 변화

이원교 · 양석우

여수대학교 양식학과

### Testicular Development and Serum Levels of Gonadal Steroids Hormone during the Annual Reproductive Cycle of the Male Korean Dark Sleeper, *Odontobutis platycephala* (Iwata et Jeon)

Won-Kyo Lee and Seok-Woo Yang

Department of Aquaculture, Yosu National University, Chonnam 550-749, Korea

To clarify annual reproductive cycle of Korean dark sleeper, *Odontobutis platycephala*, we examined the seasonal changes of gonadosomatic index (GSI), testicular development stages and sex steroid hormones in blood from December 1995 to November 1997. Testis was pod-like shape from July to October, and tadpole-like shape from November because of its expanded posterior part. GSI was 0.14~0.18 from July to September and increased to  $0.43 \pm 0.04$  in October and then was not changed significantly until February. GSI was reincreased to  $0.52 \pm 0.09$  from March and then was kept at similar levels until May, but fell down to  $0.28 \pm 0.05$  in June.

As results of histological observation, testis was divided into 3 parts (anterior, boundary, posterior) in the developmental progress of germ cells. In July, the testis was composed of only spermatogonia without seminiferous tubules in most fishes. In the anterior part of testis, the frequency of spermatogenesis stage seminiferous tubules appearing in August was more than 80% from September to December. decreased gradually from January to March and drastically in April, and then disappeared in June. The frequency of spermiogenesis stage seminiferous tubules appearing in December, increased gradually from January to March and drastically to 80% in April, and reached to 90% the highest levels of the year in June. Post-spawning stage seminiferous tubules did not appear throughout the year. The frequency of spermatogonia was 100% and 65% in July and August, and less than 20% in the rest period of the year. In the boundary part, the frequency of spermatogenesis stage seminiferous tubules appearing in August increased from September and reached to 82% in November, decreased from December, and disappeared in March. The frequency of spermiogenesis stage seminiferous tubules appearing in November was less than 18% until February, and increased to 29%~57% from March to June. The frequency of post-spawning stage seminiferous tubules appeared 12%~25% only from March to June. The frequency of spermatogonia was 100% in July, decreased to 85% in August and 10% in November, and increased gradually from December to 50% in April, and decreased again from May to June. In the posterior part, seminiferous tubules with some spermatogonia appeared in a few individuals in July. The frequency of spermatogenesis stage seminiferous tubules increased drastically 80%~85% in August and September, decreased drastically from October to November and remained below 10% until February, and disappeared after March. The frequency of spermiogenesis stage seminiferous tubules appearing in August increased sharply from October and reached to 75% in November.

decreased to 15% in December and no significant changes until March, and disappeared after April. The frequency of post-spawning stage seminiferous tubules appearing very early in November increased to 82% in December and 85%~95% until June. The frequency of spermatogonia was 100% in July, decreased drastically to 15% in August, disappeared from October to March, but reappeared from April and kept at less than 10% until June.

The blood level of testosterone (T) increased gradually from August was  $0.61 \pm 0.09$  ng/ml in November, increased drastically to  $3.99 \pm 1.22$  ng/ml in December and maintained at in similar level until March, and decreased to  $0.52 \pm 0.14$  ng/ml ~  $0.17 \pm 0.13$  ng/ml in April and May and no significant changes until July ( $P < 0.05$ ). The blood level of 17,20-dihydroxy-4-pregnen-3-one (17,20-P) was surge-like increasing to  $0.38 \pm 0.03$  ng/ml in May, but remained below  $0.21 \pm 0.03$  ng/ml in the rest of year without significant changes ( $P < 0.05$ ).

Taken together these results, the germ cell development of testis progressed in the order of posterior, boundary, anterior part during annual reproductive cycle in Korean dark sleeper. The testicular cycle of Korean dark sleeper was as follows. The anterior part of testis: i.e. spermatogonial proliferation period (July), early maturation period (from August to November), mid maturation period (from December to March), late maturation period (from April to May) and functional maturation period (June) were elucidated. The boundary of testis, i.e. spermatogonial proliferation period (July), early maturation period (from August to October), mid maturation period (from November to February) and the coexistence period of late maturation, functional maturation and post-spawn (from March to June) were elucidated. The posterior of testis, i.e. spermatogonial proliferation period (July), mid maturation period (from August to September), late maturation period (October), functional maturation period (November) and post-spawn period (from December to June) were elucidated. It was showed that the changes of sex steroid hormone in blood played a important roles in the annual reproductive cycle of Korean dark sleeper.

Key words : Annual reproductive cycle, *Odontobutis platycephala*, Gonadal steroid hormone, Testis, Testicular development

## 서 론

동사리(*Odontobutis platycephala*)는 농어목(Perciformes), 동사리과(Odontobutidae), 동사리屬에 속하는 한국 특산 어종이다(Chung, 1977).

동사리류에 대하여 분류학적, 지리적 분포(Kim et al., 1986), 동사리 암컷의 생식주기(Lee, in submit) 및 동사리와 얼룩동사리(*Odontobutis obscurus interrupta*)의 개체발생학적(Iwata et al., 1987; Iwata et al., 1988) 연구 등이 있다.

한국 특산 어종의 생식주기에 관한 연구는 각 시붕어, *Rhodeus uyeskii* (An, 1995a, 1995b)와

꺼지, *Coreoperca herzi* (Kim, 1997) 등에서 수행되었으나 내분비학적인 연구는 거의 없다. 국외에서는 참돔, *Pagrus major* (Ouchi et al., 1988)과 정어리, *Sardinops melanostictus* (Matsuyama et al., 1991) 등 많은 어종을 대상으로 수컷의 생식주기에 관한 연구가 있으며, 정소발달 양상의 변화와 더불어 생식 내분비학적 연구가 수행되었으나, 국내에서는 내분비학적 접근이 거의 이루어지지 않고 있는 실정이다.

경골어류에서 정자의 형성은 뇌하수체로부터 분비되는 gonadotropin (GTH)의 자극에 의해 정소에서 생성되는 스테로이드 호르몬에 의해 주도되는 것으로 알려졌다(Billard et al., 1982 ;

Nagahama, 1989; Yoshikuni and Nagahama, 1991). Testosterone은 정자형성의 초기 단계에 관여하는 것으로 제안되었으며(Fostier *et al.*, 1983; Kobayashi *et al.*, 1986), 11-ketotestosterone (11-KT)는 정자형성 및 정자완성을 주도하는 것으로 알려졌다(Miura *et al.*, 1991). 또한, 17 $\alpha$ ,20 $\beta$ -dihydroxy-4-pregnen-3 one (17 $\alpha$ ,20 $\beta$ -P)는 배정 및 정자의 운동성을 유도하는 것으로 알려졌다(Ueda *et al.*, 1985; Lou *et al.*, 1986). 이는 생식주기에 있어서 스테로이드 호르몬들의 변화 양상이 매우 중요하다는 것을 의미한다.

따라서 본 실험은, 동사리의 수컷에 있어서 정소의 발달과 스테로이드 호르몬의 변화 양상을 조사하여 생식주기를 보다 명확하게 밝힘으로써, 수정란 확보 기술개발의 기초자료로서의 이용과 우리 고유의 어류를 생물학적 실험모델로 정착시키고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

동사리, *Odontobutis platycephala*는 1995년 12월부터 1997년 11월까지 경상남도 산청군 경호강에서 전장 14 cm 정도의 7개체 이상을 매월 채집하여 활어 상태로 실험실로 옮겨 실험에 사용하였다. 전장과 체중을 측정하고 미부하동택에서 혈액을 채취하여 4 $^{\circ}$ C에서 10,000 $\times$ g로 10분간 원심분리한 후 상등액만을 취해 -45 $^{\circ}$ C에서 스테로이드 정량 시까지 보관하였다. 정소는 적출하여 무게를 측정한 다음 Bouin's solution에 고정하였다. paraffin 절단법으로 5  $\mu$ m 연속절편을 제작하여 Delafield's hematoxylin과 eosin으로 염색하였다. 보다 정밀한 표본은 Technovit resin (Kulser)에 포매하여 1  $\mu$ m의 절편을 제작하고 toluidine blue 1%로 염색하였다. 생식세포 발달양상은 정소를 전반부, 경계부 및 후반부로 구분하여 각 부분의 단면에서 발달단계별 세정관의 출현빈도(frequency=특정단계의 세정관 수 $\times$ 100/전 세정관 수)를 구하였다. 이와 함께 생식

소중량지수(gonadosomatic index, GSI=생식소중량 $\times$ 100/체중) 변화를 종합하고, 高橋裕哉(1989)의 분류기준을 참고하여 생식주기에 있어서 각 시기를 판정하였다.

스테로이드 호르몬은 Young *et al.* (1983)과 Ueda *et al.* (1985)의 방법에 따라 방사면역측정법 (radioimmunoassay, RIA)으로 측정하였다. 혈장을 diethyl ether 3 ml로 3번 추출하여 (recovery ratio : T=94%, 17 $\alpha$ ,20 $\beta$ -P=93%) 질소가스 하에서 증발시킨 다음 100  $\mu$ l의 gelatin phosphate buffered saline (GPBS : 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 $^{\circ}$ C)으로 재구성하였다. 여기에 5,000~6,000 cpm/100 ??의 추적자와 항혈청을 각각 100  $\mu$ l씩 넣고 잘 섞은 후 4 $^{\circ}$ C에서 17~20시간 배양하였다. 배양 후 dextran coated charcoal 200  $\mu$ l를 첨가하여 4 $^{\circ}$ C에서 10분간 진탕시킨 후 원심분리 (500 $\times$ g, 10 min, 4 $^{\circ}$ C)하여 상층액만을 counting vial로 옮겼다. 각 vial에 scintillation cocktail (ready safe, Beckman)을 4 ml씩 넣고  $\beta$ -counter (Beckman, LS 6500)로 측정한 다음 ImmunoFit EIA/RIA program (Beckman)을 이용하여 personal computer에서 농도를 계산하였다. 실험내 (intra-assay)와 실험간 (inter-assay) 변이 계수는 T가 각각 7.4%, 9.4%였으며, 17 $\alpha$ ,20 $\beta$ -P는 8.7%, 9.4%였다. T의 추적자는 1,2,6,7,<sup>3</sup>H-testosterone (98 Ci/mole, Amersham)를, 17 $\alpha$ ,20 $\beta$ -P의 추적자는 1,2,6,7,<sup>3</sup>H-17 $\alpha$ -hydroxy-progesterone (58.5 Ci/mole, Amersham)로부터 3 $\alpha$ ,20 $\beta$ -hydroxysteroid dehydrogenase (Sigma)를 이용해 합성하였다. T의 항혈청은 한양대 윤용달 교수로부터 제공받았으며, 17 $\alpha$ ,20 $\beta$ -P의 항혈청은 일본기초생물학연구소 Nagahama 교수로부터 제공받았다.

각 실험군간의 통계적 유의성은 Student's t-test와 Duncan's multiple-range test로 분석하였으며, P값이 0.05보다 작은 경우를 유의하다고 판단하였다.

## 결 과

### 1. 수온 및 광주기 변화

동사리 채집지역의 수온과 광주기의 월별 변화를 Fig. 2A에 나타내었다. 조사 기간 중 수온 범위는 1~28°C였다. 12월의 7°C에서 1월에 1°C까지 낮아졌으며, 2월에는 2°C였다. 이후 수온은 상승하여 3월 8°C, 4월 11°C, 5월 20°C, 6월 23°C, 7월 24°C에 달하였으며 8월에 28°C로 가장 높았다. 9월부터 수온은 9월 25°C, 10월 20°C, 11월에 13°C로 이듬해 1월까지의 하강하는 경향을 보였다.

광주기는 12월에 9.7hL로 가장 짧았으며, 이후 길어지기 시작하여 1월 10.7hL, 2월 11.6hL, 3월 12.5hL, 4월 13.7hL, 5월 14.3hL, 6월에 14.6hL로 가장 길었다. 7월부터 다시 짧아져 11월에는 10.1hL로 12월까지 짧아지는 경향을 보였다.

### 2. GSI의 변화

동사리 수컷의 년 중 GSI의 변화는 Fig. 2B에 나타내었다. 12월의 GSI는  $0.40 \pm 0.03$ 으로써 2월까지 큰 변화는 없었고, 3월에  $0.52 \pm 0.09$ 로 증가해 5월  $0.64 \pm 0.06$ 까지 높은 수준을 나타냈다 ( $P < 0.05$ ). 그러나 6월부터  $0.28 \pm 0.05$ 로 감소해 7월부터 9월까지의 0.18이하로 연중 GSI가 가장 낮았다. 이후 10월에  $0.43 \pm 0.04$ 로 증가하여 12월까지 유의한 변화는 보이지 않았다.

### 3. 정소의 발달 양상

정소의 모양은 시기에 따라 두가지 형으로 나타났다(Fig. 1). 7월부터 10월까지의 콩깍지 모

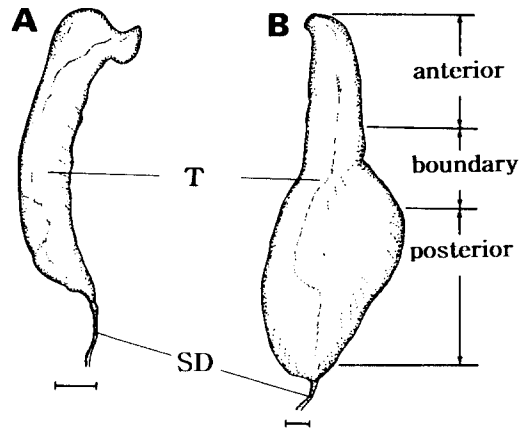


Fig. 1. Testis of *O. platycephala*. A: pod-like shape (from July to October), B: tadpole-like shape (from November to June). Testis was divided into 3 parts (anterior, boundary, posterior) according to the development of germ cells; T: Testis; SD: sperm duct.

양이었는데, 11월부터는 후반부가 비대해져 올챙이와 유사한 형태였다. 정소에서 생식세포 발달은 정원세포증식 단계, 정자형성 단계, 정자완성 단계, 정자방출 후 단계로 구분하였다(Table 1). 그러나 정소 내에서 생식세포의 발달양상은 전반부, 경계부, 후반부에서 다르게 진행되었으므로 부분별로 성숙도를 나타내었다(Fig. 4).

전반부: 7월에는 정소에 세정관이 없었으며 정원세포들만이 나타났다(Fig 3a). 정자형성단계의 세정관들은 8월에 출현하여 9월부터 12월까지 그 빈도는 80% 이상이였으며(Fig 3c), 1월부터 3월까지의 점차적으로, 4월에는 급격히 감소하여 6

Table 1. Characteristics of the developmental stages of testis in *O. platycephala*

Maturity stage	Histological appearance
I. Spermatogonial proliferation	Testis was filled predominantly with spermatogonia. Some spermatogonia were scattered between the connective tissues and the other were in small seminiferous tubule.
II. Spermatogenesis	The seminiferous tubule was filled with primary spermatocyte and/or secondary spermatocyte
III. Spermiogenesis	The seminiferous tubule was filled with spermatid.
IV. Post-spawning	The seminiferous tubule was almost empty and very few residual sperm.

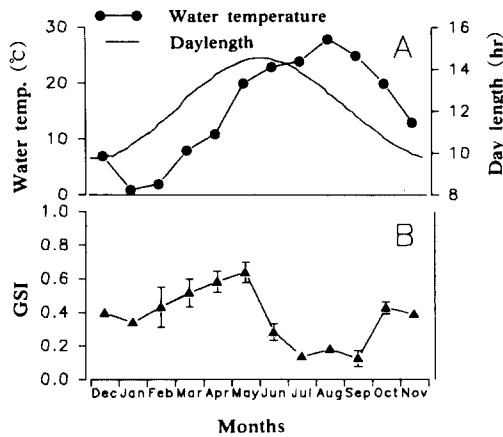


Fig. 2. Seasonal changes in water temperature, day length (A) and gonadosomatic index (GSI, B) under natural condition in male *O. platycephala*. Each value is mean  $\pm$  SEM.

월에는 나타나지 않았다. 정자완성단계 세정관은 12월부터 출현하여 3월까지 점차적으로 (Fig 3e), 4월에 80%로 급격히 증가한 후 6월에 90%로 년 중 최고 수준에 이르렀다 (Fig 3g). 그러나 정자방출후 세정관은 나타나지 않았다. 정원세포들은 7월에 100%, 8월에 65%였으며, 연중 다른 기간에도 계속 존재하였으나 20% 이하였다. 따라서 7월은 정원세포증식기, 8월~11월은 성숙초기, 12월~3월은 성숙중기, 4월~5월은 성숙후기, 6월은 기능적 성숙기인 것으로 보여진다.

경계부 : 7월에는 정소에 세정관이 없었으며 정원세포들만이 나타났다. 8월부터 정자형성단계 세정관이 출현한 후 매일 증가하여 11월에 82%에 이르렀으며, 12월부터 감소하여 3월부터는 나타나지 않았다. 정자완성단계 세정관은 11월에 출현하여 2월까지 18% 이하였으나, 3월부터 6월까지 29%~57%로 증가하였다. 정자방출후 세정관은 3월부터 6월까지 출현하였으며 12%~25%였다. 정원세포는 8월에 85%, 9월에 67%, 10월에 35%, 11월에 10%로 감소하였으며 1월부터는 점차적으로 증가하여 4월에 50%를 보인 후 6월까지 다시 점차적으로 감소하였다. 따라서 7

월은 정원세포 증식기, 8월~10월은 성숙초기, 12월~2월은 성숙중기였으며, 3월~6월은 성숙후기·기능적 성숙기·후번식기가 거의 동시에 출현하는 것으로 보여진다.

후반부 : 7월부터 일부의 개체에서는 수개의 정원세포를 지닌 세정관이 출현하였다 (Fig 3b). 정자형성단계 세정관은 8월에 80%, 9월에 85%였으나, 10월부터는 급격히 감소하여 11월부터 2월까지 10% 이하였으며 3월부터는 나타나지 않았다. 정자완성단계 세정관은 8월에 출현하여 10월부터 급격히 증가해 11월에 75%에 이르렀으며 (Fig. 3d), 12월에는 15%로 급격히 감소한 후 3월까지의 유의한 변화를 보이지 않았으며 4월부터는 나타나지 않았다. 정자방출후 세정관은 11월에 출현하여 12월에 82%로 급격히 증가한 후 6월까지 85%~95%로 높은 수준을 유지하였다 (Fig 3e, 3h). 정원세포들은 8월에 15%로 감소하여 10월부터 3월까지의 나타나지 않고 4월부터 다시 출현하여 6월까지 10% 이하에 머물렀다. 따라서 7월은 정원세포증식기, 8월~9월은 성숙중기, 10월은 성숙후기, 11월은 기능적 성숙기, 12월~6월은 후번식기로 보여진다.

#### 4. 혈중 스테로이드의 변화

동사리 수컷의 혈중 T와 17 $\alpha$ ,20 $\beta$ -P의 농도 변화는 Fig. 5에 나타내었다.

혈중 T의 변화는 12월에 3.99 $\pm$ 1.22 ng/ml였으며, 3월까지의 유의한 변화는 없었다. 그러나 4월부터 0.52 $\pm$ 0.14 ng/ml로 낮아져 5월에는 0.17 $\pm$ 0.13 ng/ml였으며 이후 7월까지 비슷한 수준이었다 (P<0.05). 그러나 8월에는 0.42 $\pm$ 0.20 ng/ml, 11월에는 0.61 $\pm$ 0.09 ng/ml로 완만하게 증가하였으며 12월에 급격히 증가하였다 (P<0.05).

혈중 17 $\alpha$ ,20 $\beta$ -P의 변화는 12월에 0.19 $\pm$ 0.01 ng/ml였으며, 4월까지의 0.19~0.20 ng/ml로 유의한 변화는 없었다. 5월에 0.38 $\pm$ 0.03 ng/ml로 급격히 상승하여 연중 가장 높은 농도를 나타냈고 6월에는 0.19 $\pm$ 0.04 ng/ml로 감소한 후 11월까지

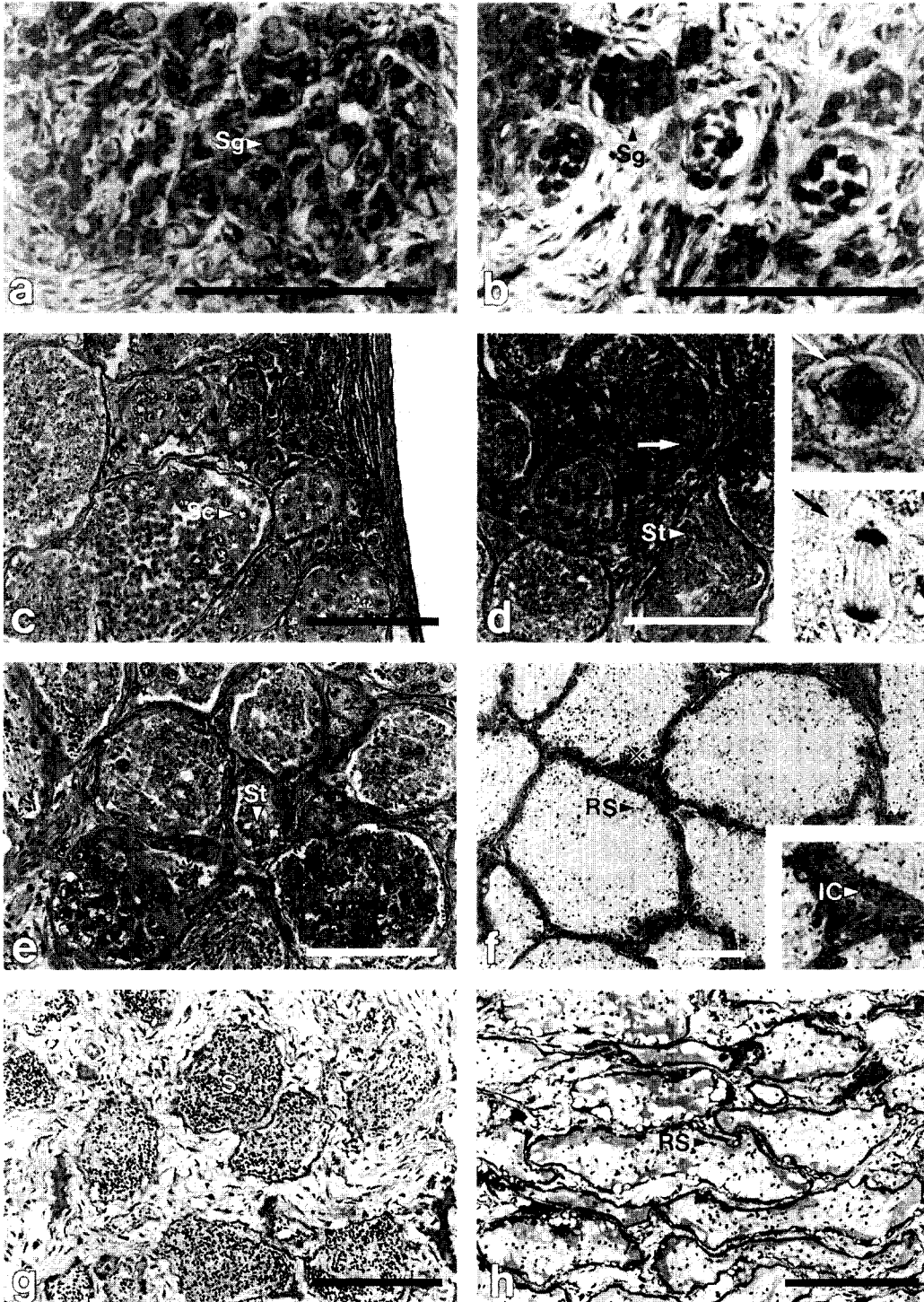


Fig. 3. Seasonal changes of germ cell development in the anterior part (a, c, e, g) and posterior part (b, d, f, h) of testis in *O. platycephala*. Scale bars indicate 100 $\mu$ m. a : the anterior part of testis in July (spermatogonial proliferation period). Note the spermatogonia between connective tissues without seminiferous tubules ; b : the posterior part of testis in July, (spermatogonial proliferation period). Note seminiferous tubules with some spermatogonia ; c : the anterior part of testis in October (early maturation period). Note spermatogonia and spermatogenesis stage seminiferous tubules ; d : the posterior part of testis in October (late maturation period). Note spermatogenesis stage and spermiogenesis stage seminiferous tubules. Small micrographs were 5 times high magnification of marking sites ( $\rightarrow$ ) ; e : the anterior part of testis in December (mid maturation period). Note spermatogenesis stage and spermiogenesis stage seminiferous tubules ; f : the posterior part of testis in December (post-spawn period). Note post-spawning stage seminiferous tubules. Small micrograph was 2 times high magnification of marking site ( $\ast$ ) ; g : the anterior part of testis in April (late maturation period). Note spermiogenesis stage seminiferous tubules ; h : the posterior part of testis in April (post-spawn period). Note spermiogenesis stage seminiferous tubules ; IC : interstitial cell ; RS : residual sperm ; S : spermatozoa ; Sc : spermatocyte ; Sg : spermatogonia, St : spermatid.

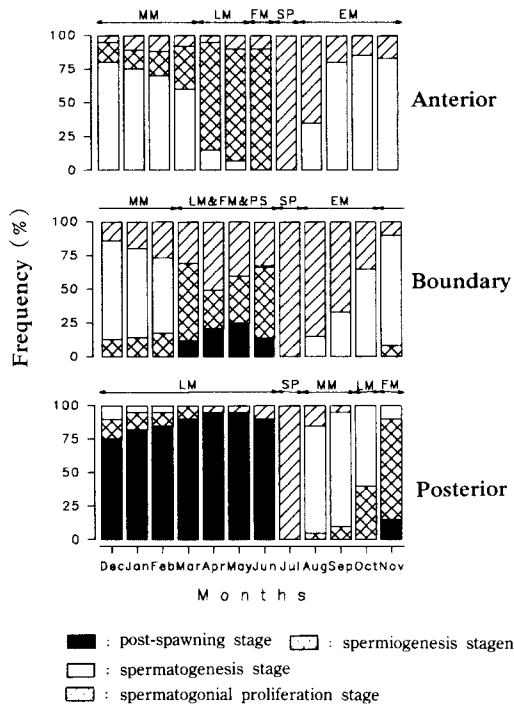


Fig. 4. Monthly changes of frequency of seminiferous tubule maturity stages in each part of testis and reproductive cycle. SP : spermatogonial proliferation stage ; EM : early maturation stage ; MM : mid maturation stage ; LM : late maturation stage ; M : functional maturation stage ; PS : post-spawn stage. See table 1 for germ cell development stage of seminiferous tubule.

유의한 변화는 보이지 않았다( $P < 0.05$ ).

## 고찰

동사리 수컷의 생식주기에 있어서 생식세포의 발달은 정소 부위에 따라 각각 다른 양상을 보였으며(Fig. 4), 후반부에서부터 진행되는 것으로 나타났다. 전반부에서는 정자방출후 세정관이 나타나지 않아 후번식기 없이 8월~11월은 성숙초기, 12월~3월은 성숙중기, 4월~5월은 성숙후기, 6월은 기능적 성숙기, 7월은 정원세포증식기로 구분되었다. 이는 기능적 성숙기에서 정원세포증식기로의 진행이 짧은 기간동안에 이루어지기 때문으로 추정된다. 경계부에서는 7월이 정원세포증식기, 8월~10월은 성숙초기, 12월~2월은 성숙중기에 이어서 3월부터 6월까지 성숙후기·기능적 성숙기·후번식기가 거의 동시에 출현하였다. 동사리 암컷의 산란기는 4월에서 6월까지인 것으로 알려져있다(Lee, 투고중). 따라서 이 부분이 자연상태에서 수정이 일어나는데 있어서 중요한 것으로 생각된다. 후반부에서는 7월이 정원세포증식기, 8월~9월이 성숙중기, 10월이 성숙후기, 11월이 기능적 성숙기, 12월~6월이 후번식기로 나타나 이 부분은 자연상태에서의 수정에는 기여하지 않는 것으로 생각된다. 생식주기에 따른 동사리 정소의 생식세포 발달 양상은 생물학적으로 매우 흥미롭기 때문에 보다 더 연구가 수행되어야 할

것이다.

어류의 정소는 정원세포 비국재형과 국재형 또는 lobula type과 tubular type으로 제안되었다 (Grier *et al.*, 1980 ; Billard *et al.*, 1982). 그러나 최근 Callard (1991)는 척추동물의 정소를 tubular type (포유류, 조류, 파충류)과 한쪽이 막힌 낭형태의 lobular type (양서류, 경골어류)로 제안하였다. Grier (1993)는 이를 보완하여 경골어류에서 anastomosing tubular type과 lobular type으로 구분하였으며, lobular type은 세정관 한단면에서 정자형성의 여러 단계가 동시에 진행되는 hollow lobule type 과 한단면에서 동일단계만이 나타나는 solid lobule type로 세분하였다. 동사리 정소에서는 세정관의 한 위치에서 여러 발생 단계의 포낭이 동시에 나타나 hollow lobule type에 속한다고 볼 수 있다(Fig. 3 c).

어류의 생식주기를 제어하는 환경요인으로는 수온과 광주기가 중요한 것으로 알려져있다(Aida, 1991 ; Lam, 1983). 그러나 어종에 따라 온도와 광주기성이 생식소발달에 미치는 영향은 다르므로 알려져있다(Nishi and Takano, 1979 ; Shimizu and Hanyu, 1982 ; Asahina and Hanyu, 1983 ; Lee and Kim, 1987). 동사리에서는 7월에 정소에서 정원세포들만이 출현하였으며, 8월에 정자형성이 시작되었다. 이때 GSI는  $0.14 \pm 0.02$ 에서  $0.18 \pm 0.02$ 로 유의한 차이는 보이지 않았으나 수온은  $24^{\circ}\text{C}$ 에서  $28^{\circ}\text{C}$ 로 상승하였으며, 광주기는 13.9hL에서 12.95hL로 짧아졌다(Fig. 2). 따라서 이기간 동안의 온도와 광주기의 변화가 정자형성 개시에 중요한 것으로 생각되나 사육실험을 통해 보다 더 연구가 수행되어야만 정확한 사실을 알 수 있을 것이다.

많은 어류에서 T는 정자형성기동안 증가하여 정자완성기가 시작되면 낮아져서 정자형성에 중요한 역할을 수행하는 것으로 제안되었다(Fostier *et al.*, 1983). 정어리에서는 정자형성보다는 배정과정에 중요한 역할을 수행한다는 보고도 있다(Matsuyama *et al.*, 1991). 동사리에서는 T는

12월부터 급격히 증가하여 3월까지  $3.26 \text{ ng/ml} \sim 3.99 \text{ ng/ml}$ 를 보인 후 4월에 급격히 감소하여 나머지 기간동안은  $0.72 \text{ ng/ml}$  이하에 머물렀다(Fig 5). 12월부터 3월까지의 정소의 전반부와 경계부에서는 정자형성단계의 세정관의 비율이 높은 것으로 보아 정자형성에 중요한 역할을 수행하는 것으로 생각된다.

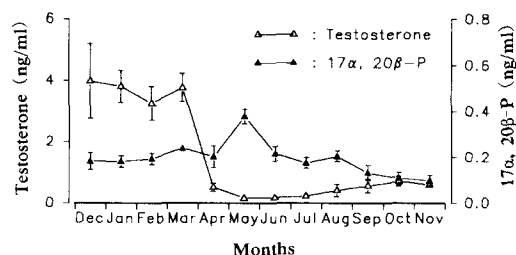


Fig. 5. Seasonal changes in serum testosterone, 17 $\alpha$ , 20 $\beta$ -P (17 $\alpha$ ,20 $\beta$ -dihydroxy-4-pregnen-3-one) levels in male *O. platycephala*. Each value is mean $\pm$ SEM.

17 $\alpha$ ,20 $\beta$ -P는 연어과 어류에서 배정을 유도하는 것으로 알려졌다(Ueda *et al.*, 1985 ; Lou *et al.*, 1986). 동사리에서는 17 $\alpha$ ,20 $\beta$ -P는 5월에  $0.38 \text{ ng/ml}$ 로 surge 형태의 peak를 보이며, 나머지 기간은  $0.23 \text{ ng/ml}$  이하였으며, 정자완성 및 방출은 11월부터 6월까지 일어나기 때문에 17 $\alpha$ ,20 $\beta$ -P의 정확한 역할은 본 실험결과로는 알 수 없었다. 여러 어류에 있어서 11-KT가 주요 androgen으로 알려졌다(Yoshikuni and Nagahama., 1991 ; Miura *et al.*, 1991). 따라서 이에 대한 연구가 더 진행되어야만 동사리의 정소발달에 미치는 스테로이드 호르몬들의 역할을 보다 더 확실하게 밝힐 수 있을 것으로 생각된다.

## 요 약

동사리, *Odontobutis platycephala* 수컷의 명확한 생식주기를 밝히고자 1995년 12월부터 1997년 11월까지 생식소 중량지수(gonadosomatic index, GSI), 정소의 발달양상 및 혈중 성스테



로이드 호르몬 변화양상을 조사하였다. 정소의 모양은 7월부터 10월까지의 콩깍지 모양이었는데, 11월부터는 후반부가 비대해져 올챙이와 유사한 형태였다. GSI는 7월부터 9월까지 0.14~0.18였으며, 10월에  $0.43 \pm 0.04$ 로 증가하여 2월까지 유의한 변화를 보이지 않았으나, 3월에는  $0.52 \pm 0.09$ 로 증가하였으며, 5월까지의 비슷한 수준에 머물렀다가, 6월에는  $0.28 \pm 0.05$ 로 낮아졌다.

생식주기에 따른 정소의 생식세포 발달은 전반부, 경계부, 후반부에서 다른 양상을 보였다. 7월의 대부분 개체의 정소는 세정관이 없었으며, 정자형성 과정이 아직 시작되지 않은 상태로 정원세포들만을 볼 수 있었다. 전반부에서 정자형성단계의 세정관들은 8월에 출현하여 9월부터 12월까지의 80% 이상이었으며 1월부터 3월까지의 점차적으로, 4월에는 급격히 감소하여 6월에는 나타나지 않았다. 정자완성단계 세정관은 12월부터 출현하여 3월까지 점차적으로, 4월에 80%로 급격히 증가한 후 6월에 90%로 년 중 최고 수준에 이르렀다. 그러나 정자방출후 세정관은 나타나지 않았으며, 정원세포들은 7월에 100%, 8월에 65%였으나 나머지 기간에는 20% 이하로 년 중 존재하였다. 경계부에서도 8월부터 정자형성단계 세정관이 출현한 후 매월 증가하여 11월에 82%에 이르렀으며 12월부터 감소하여 3월부터는 나타나지 않았다. 정자완성단계 세정관은 11월에 출현하여 2월까지의 18% 이하였으나, 3월부터 6월까지 29%~57%의 수준을 보였다. 정자방출후 세정관은 3월부터 6월까지 12%~25%로 나타났다. 정원세포는 8월에 85%, 9월에 67%, 10월에 35%, 11월에 10%로 감소하였으며, 1월부터는 점차적으로 증가하여 4월에 50%를 보인 후 6월까지 다시 점차적으로 감소하였다. 후반부에서는 일부의 개체에서 수개의 정원세포를 지닌 세정관이 7월부터 출현하였다. 정자형성단계 세정관은 8월에 80%, 9월에 85%였으나 10월부터는 급격히 감소하여 11월에서 2월까지의 10% 이하였으며, 3월부터는 나타나지 않았다. 정자완성단계 세정관은 8월에 출현하여 10월부터 급격히 증가해 11월에

는 75%에 이르렀고 12월에는 15%로 급격히 감소하여 3월까지 유의한 변화를 보이지 않았으며 4월부터는 나타나지 않았다. 정자방출후 세정관은 11월에 출현하여 12월에 82%로 급격히 증가한 후 6월까지 85%~95%로 높은 수준을 유지하였다. 정원세포들은 8월에 15%로 감소하였으며 10월부터 3월까지의 나타나지 않았다. 그러나 4월부터 다시 출현하여 6월까지 10% 이하에 머물렀다.

혈중 testosterone (T)의 농도는 8월부터 완만하게 증가하여 11월에  $0.61 \pm 0.09$  ng/ml였으며, 12월부터는  $3.99 \pm 1.22$  ng/ml로 급격히 상승하여 3월까지 높은 수준을 유지했다. 그러나 4월에  $0.52 \pm 0.14$  ng/ml로 감소하기 시작하였으며, 5월에  $0.17 \pm 0.13$  ng/ml로 낮아진 후 7월까지 유의한 변화는 보이지 않았다( $P < 0.05$ ).  $17\alpha, 20\beta$ -dihydroxy-4-pregnen-3-one ( $17\alpha, 20\beta$ -P)은 12월에  $0.19 \pm 0.01$  ng/ml로 약간 감소하였으며, 4월까지의 유의한 변화는 보이지 않고, 5월에  $0.38 \pm 0.03$  ng/ml로 급격히 증가하여 peak에 달하였다. 6월에는  $0.19 \pm 0.04$  ng/ml로 낮아졌으며, 11월까지 유의한 변화는 보이지 않았다( $P < 0.05$ ).

이상의 결과를 종합하면 동사리는 정소의 부위에 따라 각각 다른 발달양상을 보였다. 즉 전반부에서는 7월이 정원세포증식기, 8월~11월은 성숙초기, 12월~3월은 성숙중기, 4월~5월은 성숙후기, 6월은 기능적 성숙기로 구분되었다. 경계부에서는 7월이 정원세포 증식기, 8월~10월은 성숙초기, 11월~2월은 성숙중기였으며, 3월~6월은 성숙후기·기능적 성숙기·후번식기의 특징이 동시에 출현하였다. 후반부에서는 7월이 정원세포증식기, 8월~9월은 성숙중기, 10월은 성숙후기, 11월은 기능적 성숙기, 12월~6월은 후번식기로 구분되었다. 이러한 생식주기의 변화는 성스테로이드 호르몬의 변화 양상과 밀접한 관련이 있는 것으로 생각된다.

## 참 고 문 헌

Aida, K., 1991. Environmental regulation of

- reproductive rhythms in teleostei. Bull. Inst. Zool., Academia Sinica, Monograph 16 : 173-187.
- An, C. M., 1995a. Reproductive cycle of the spring-spawning bitterling, *Rhodeus uyekii* (Pisces : Cyprinidae). Korean J. Ichthyol, 7 : 33-42 (in Korean).
- An, C. M., 1995b. Effects of photoperiod and water temperature on the reproductive cycle of the spring-spawning bitterling, *Rhodeus uyekii* (Pisces : Cyprinidae). Korean J. Ichthyol., 7 : 43-55 (in Korean).
- Asahina, K. and I. Hanyu, 1983. Role of temperature and photoperiod in annual reproductive cycle of the rose bitterling, *Rhodeus ocellatus ocellatus*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 49 : 61-67 (in Japanese).
- Billard, R., A. Fostier, C. Weil and B. Breton, 1982. Endocrine control of spermatogenesis in teleost fish. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 39 : 65-79.
- Callard, G. V., 1991. Spermatogenesis. p.303-341. In vertebrate endocrinology : Fundamentals and Biochemical Implications Vol. 4A, Academic Press, Sandiego.
- Chung, M. K. 1977. The fishes of Korea. Iljisa, Seoul, Korea. 727pp (in Korean).
- Fostier, A., B. Jalabert, R. Billard, B. Breton and Y. Zohar, 1983. The gonadal steroid. p. 277-316 In W.S. Hoar, et al., Fish physiology Vol. 9B. Academic Press, New York.
- Grier, H. J., J. R. Linton, J.F. Leatherland and V.L. De Vlaming, 1981. Structural evidence for two different testicular types in teleost fishes. Am. J. Anat, 159 : 331-345.
- Grier, H. J., 1993. Comparative organization of sertoli cells including the sertoli cell barrier. p. 703-739. In The sertoli cell, Cache River Press, Clearwater.
- Iwata, A., S. R. Jeon, N. Miguro and K. C. Choi, 1988. Embryonic development of a gobiid fish, *Odontobutis platycephala*. Korean J. Limnol., 21 : 25-32 (in Korean).
- Iwata, A., S. R. Jeon, N. Mizuno and K. C. Choi., 1987. Embryonic development of a gobiid fish, *Odontobutis obscurus interrupta*. Science report of the Yokosuka city museum, 35 : 29-36 (in Japanese).
- Kim, G. W., 1997. Annual reproductive cycle of the Korean perch, *Coreoperca herzi*. MS thesis Yosu Natl. Fish. Univ. Yosu, Korea, 36pp. (in Korean).
- Kim, I. S., Y. J. Lee and Y. U. Kim, 1986. Synopsis of the family Gobiidae (Pisces, Perciformes) from Korea. Bull. Korean Fish. Soc., 19 : 387-408 (in Korean).
- Kobayashi, M., K. Aida and I. Hanyu, 1986. Gonadotropin surge during spawning in male goldfish. Gen. Comp. Endocrinol., 62 : 70-79.
- Lam, T. J., 1983. Environmental influences on gonadal activity in fish. p. 65-116. In Hoar et al., Fish physiology Vol. 9B. Academic Press. New York.
- Lee, T. Y. and S. Y. Kim, 1987. Experimental studies on the mechanism of reproductive cycle in the bluegill, *Lepomis macrochirus*. Bull. Korean. Fish. Soc. 20 : 489-500 (in Korean).
- Lee, W. K., 1998. Annual reproductive cycle of the Korean dark sleeper, *Odontobutis platycephala* (Iwata et Jeon). Bull. Korean Fish. Soc. (in submit, in Korean).
- Lou, S. W., K. Aida, I. Hanyu, K. Sakai, M. Nomura, M. Tanaka and S. Tazaki, 1986. Endocrine profiles in the males of a twice-annually spawning strain of rainbow trout. Gen. Comp. Endocrinol., 64 : 212-219.
- Matsuyama M., S. Adachi, Y. Nagahama, C. Kitajima and S. Matsuura, 1991. Testicular development and serum levels of gonadal steroids during the annual reproductive cycle of captive Japanese sardine. Jap. J. Ichthyol., 37 : 381-390.
- Miura, T., K. Yamauchi, H. Takahashi and Y. Nagahama, 1991. Hormonal induction of all stages of spermatogenesis in vitro in the male Japanese eel (*Anguilla japonica*). Proc. Natl. Acad. Sci. 88 : 5774-5778.
- Nagahama Y., 1989. Regulation of gametogenesis in teleost. Zool. Sci., 5 : 1071.
- Nishi, K. and K. Takano, 1979. Effects of photoperiod and temperature on the ovary of the bitterling, *Rhodeus ocellatus ocellatus*. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 30 : 63-73.
- Ouchi, K., S. Adachi and Y. Nagahama, 1988.

동사리, *Odontobutis platycephala* (Iwata et Jeon) 수컷의 생식주기에 따른 정소 발달과 혈중 생식소 스테로이드의 변화

- Changes in plasma levels of steroid hormones during sexual maturation of male red sea bream, *Pagrus major*. Nippon Suisan Gakkaish, 54 : 593-597 (in Japanese).
- Shimizu, A and I. Hanyu, 1982. Environmental regulation of annual reproduction cycle in a spring-spawning bitterling, *Acheilognathus tabira*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 48 : 1563-1568.
- Ueda, H., A. Kambegawa and Y. Nagahama, 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.
- Yoshikuni, M. and Y. Nagahama, 1991. Endocrinology regulation of gametogenesis in fish. Bull. Inst. Zool., Academia Sinica, Monograph, 16 : 139-172.
- Young, G., L. W. Crim, H. Kagawa, A. Kambegawa and Y. Nagahama. 1983. Plasma 17 $\alpha$ ,20 $\beta$ -dihydroxy-4-pregnen-3-one levels during sexual maturation of amago salmon (*Oncorhynchus rhodurus*) : correlation with plasma gonadotropin and in vitro production by ovarian follicles. Gen. Comp. Endocrinol., 51 : 96-105.
- 高橋裕哉. 1989. 精巢の構造と配偶者形成. 「水族繁殖學」(板澤靖男・羽生功編.), 恒星社厚生閣, 35-64.