

## 붉바리, *Epinephelus akaara*의 생식소 발달과 17 $\alpha$ -methyltestosterone 처리 효과

황성일 · 이영돈\* · 송춘복\*\* · 노 섭\*\*\*

국립수산진흥원 여천종묘배양장, \*제주대학교 해양연구소,  
\*\*제주대학교 해양생물공학과, \*\*\*제주대학교 증식학과

### Gonadal Development and the Effects of 17 $\alpha$ -methyltestosterone on Sex Inversion of the Red Spotted Grouper, *Epinephelus akaara*

Sung-il Hwang, Young-Don Lee, Choon Bok Song and Sum Rho

Yeochon Hatchery, National Fisheries Research and Development Institute, Yeosu, Korea

\*Marine Research Institute, Cheju National University, Cheju 695-810, Korea

\*\*Department of Marine Biotechnology, Cheju National University, Cheju City 690-756, Korea

\*\*\*Department of Aquaculture, Cheju National University, Cheju City 690-756, Korea

The study has been conducted to understand gonadal development and the effects of 17 $\alpha$ -methyltestosterone on sex inversion of the red spotted grouper, *Epinephelus akaara*. Fish were collected from Deukyang bay in the southern coast of Korea in August, 1996 and then they had been cultivated at the indoor tank until August, 1997. Gonad somatic index (GSI) in the females of both treated and control group began to increase from February when water temperature was raised again, and reached the maximum value in August, whereas it had decreased from September and thereafter maintained relatively low value until January. Unlike females, GSI in the male or intersex of treated groups decreased after June. Hepatosomatic index (HSI) of the control group tended to show the relatively low around Autumn, whereas it showed relatively higher value in April and June when the ovary was in the growing stage. Although the treated groups showed relatively higher value of the HSI than the control, the patterns in monthly variation of HSI were similar to the control. Sexual change of the female grouper to the male was attempted by acceleration with oral administration of 17 $\alpha$ -methyltestosterone at the dose of 0.2 and 0.5 mg/kg fish for 120 days. Transitional hermaphroditic gonads were observed from the various size of groupers ranging 21.0 to 36.1 cm in total length, while the functional males could be induced from the individuals of 28.8 to 33.5 cm in total length. This result indicated that larger groupers than 30 cm in total length should be used for sex inversion to maleness with 17 $\alpha$ -methyltestosterone.

Key words : Gonadal development, Sex inversion, 17 $\alpha$ -methyltestosterone, Red spotted grouper, *Epinephelus akaara*

## 서 론

붉바리, *Epinephelus akaara*는 능성어아과 (Epinephelinae), 우레기속(*Epinephelus*)에 속하며 전장 50 cm 내외로 성장하는 대형어로서 14종의 한국산 우레기속 어류의 일종이다(정, 1977). 이들의 분포는 우리 나라의 경우 남해안, 특히 전남 득량만 근해와 제주도 연안, 그리고 일본 중부이남, 중국, 대만, 동남아시아 지역에 이르는 열대에서 온대해역의 천해에 분포하고 있다(阿部, 1963). 붉바리는 그 맛이 좋아 예로부터 우리나라와 일본에서 고급요리에 사용되고 있기 때문에 유망한 수출대상종으로서 양식개발이 요구되고 있는 주요어종이다. 최근 일부지역에서 붉바리 양식이 시도되고 있으나 양식을 위한 종묘는 전적으로 자연산 치어의 채집에 의존하고 있다. 그러나, 어획되는 자연산 치어는 양이 적어서 종묘의 충분한 확보가 어려운 실정이기 때문에 붉바리 양식종묘의 안정적 공급을 위하여 종묘생산 기술개발이 시급한 실정이다.

어류의 성전환에 관한 연구는 송사리, *Oryzias latipes*를 대상으로 한 Yamamoto (1953)의 연구를 시작으로 하여 다양한 어종을 대상으로 이루어져 왔다. Nakamura (1975)는 *Tilapia mossambica*의 성전환을 위하여, 사육수에 성호르몬제를 혼합시켜 어체내로 흡수시키는 방법과 경구 투여하는 방법을 사용하여 응성화 유도를 시도하였으며, 이외에도 성전환에 관한 연구는 연어, *Oncorhynchus keta*, 송어, *Oncorhynchus kisutch*, 넙치, *Paralichthys olivaceus* 등에서 산업적 응용이 가능한 단계에 이르고 있다(Clemen and Inslee, 1968; Jalabert et al., 1974; Yamazaki, 1976; Goetz et al., 1979; Donaldson and Hunter, 1982; 田中, 1988).

붉바리는 우레기속(*Epinephelus*)에 속하는 다른 능성어류와 마찬가지로 자성선성숙의 자동동체어이고(Chan and Yeung, 1983), 전장 30 cm 전후에 수컷으로 성전환이 일어나는 특성을 지니고 있을 뿐만 아니라 자연에서 수컷의 출현빈도가

아주 낮기 때문에 충분한 수컷의 확보가 종묘생산에 중요한 문제로 인식되고 있다(野上·福永, 1990). 그리고, 노와 변(1986)도 능성어류 종묘생산기술개발을 위해서는 100  $\mu$ m 미만의 소형 먹이생물의 개발과 양호한 인공조건하에서 산란용 친어의 철저한 관리 및 충분한 수컷 확보의 중요성을 지적하였다. 한편, Chen et al (1977)은 붉바리와 같은 속(genus)에 속하는 3년생 *Epinephelus tauvina*를, 그리고 Kuo et al (1988)은 2년생의 별우럭, *Epinephelus fario*를 대상으로 하여 methyltestosterone을 경구투여하는 방법으로 성전환에 관한 실험을 실시한 바있다.

따라서, 이 연구는 국내 해산어 양식대상종으로 유망한 붉바리의 종묘생산기술 개발에 문제가 되고 있는 성숙한 수컷의 확보를 위하여 붉바리의 생식소 발달과정과 17 $\alpha$ -methyltestosterone 처리에 의한 응성화 및 생식소내 생식세포의 변화 과정을 번식생물학적인 측면에서 조사하였다.

## 재료 및 방법

이 연구에 사용된 재료는 1996년 7~8월 사이 전남 득량만 근해에서 채낚기로 어획된 전장 19.5~35.2 cm(평균 25.7 cm), 체중 215~630 g(평균 276 g)되는 붉바리 218미를 전남 여천군 돌산읍 소재 가두리 양식장에서 구입하였다. 시험어의 운반은 40ℓ 폴리에틸렌 상자(60 cm×30 cm×20 cm) 12개에 각각 6 kg/40ℓ씩 되게 분리 수용하여 공업용 산소를 주입한 후 밀봉한 다음, 얼음으로 수온 13℃ 전후를 유지하여 약 4시간만에 제주대학교 해양연구소 종묘생산실로 운반하였다.

### 예비사육시험

실험어는 1996년 8월부터 12월까지 7 ton(실제 사육수량 5 ton) 원형 FRP수조 2개에 각각 109미씩 분리수용하여 차광막을 이중으로 설치하고 바닥에는 한 개의 수조에 4개의 shelter(직경 300 mm×길이 60 cm)를 설치해 주었다. 먹이는

냉동 전갱이육을 오전 또는 오후에 공급하였고 환수량은 1일 7~8회로 유수 사육하였으며, 먹이 공급 후 1시간 이내에 중앙배수구를 통해 바닥의 찌꺼기를 제거하였다.

**성진환유도**

7 ton 수조에서 사육중인 자웅동체성 붉바리의 웅성화유도를 위하여 1996년 12월 1일부터 성장이 양호한 개체를 선별해 여과해수가 공급되는 실내의 1 ton FRP 원형수조 2개에 각각 25미씩 수용하였다. 사육수조에는 차광막을 설치한 다음 한달간 펠렛 부상사료로 적응 사육시킨 후 97년 1월 1일부터 실험에 들어갔다.

웅성화유도를 위한 성호르몬으로는 17 $\alpha$ -methyltestosterone (Sigma)을 사용하였으며 호르몬의 어체중 1 kg당 농도는 A 시험구는 0.5 mg, B 시험구는 0.2 mg, C 시험구는 2개의 예비사육조를 그대로 이용하여 나머지 58미씩을 수용하고 무처리구로 구별하였다(Table 1).

실험에 사용한 먹이는 직경 12 mm 펠렛 부상사료이며 호르몬제의 투여방법은 ethyl alcohol (99.9%)에 용해한 후 농도별로 사료에 뿌려 환

풍시켜 약 1시간 건조시킨 후 냉장보관하여 1일 2회씩 120일간 경구투여하였으며, 비교구(C)에는 사료에 호르몬제를 첨가하지 않은 동일량의 alcohol을 뿌려서 급이하였다. 시험 기간중 수온은 A, B 시험구는 Aquatron으로, 그리고 C 시험구는 전기히터(1 kw)로 (17 $\pm$ 0.5 $^{\circ}$ C) 조절하였다.

**어체측정과 조직관찰**

조직관찰을 위해 사용된 재료는 1997년 1월부터 8월까지 매월 14~37미의 붉바리를 사육수조에서 무작위로 추출하여 실험실에서 전장은 0.1 cm, 체중은 0.1 g까지 계측하고 어체로부터 떼어낸 생식소의 중량 및 간중량은 0.01 g까지 계측했다.

생식소발달의 조직학적 관찰을 위하여 생식소와 간은 계측후 Bouin's 용액에 24시간 고정된 후 수세하여 알콜 농도구배로 탈수하고 paraffin에 포매하였으며 마이크로톰을 이용해 4~5  $\mu$ m 두께로 절편하여 조직표본을 제작한 후 Hansen's haematoxylin과 0.5% eosin으로 비교염색하여 관찰하였다. 생식소조직의 관찰은 주로 좌측생식소의 중앙부의 횡단면에서 행했다. 생식소 속도지수(gonadosomatic index)는 생식소중량 $\times$ 100

**Table 1. Total length (TW) and body weight (BW) of both the untreated groupers (control) and treated groupers (A and B) with oral administration of 17 $\alpha$ -methyltestosterone during the experimental period**

Sampling date	No. of samples	Control		A (MT 0.5mg/kg-BW/day)		B (MT 0.2mg/kg)/-BW/day)				
		Mean		Mean		Mean				
		TL $\pm$ SD (cm)	BW $\pm$ SD (g)	No. of samples	TL $\pm$ SD (cm)	BW $\pm$ SD (g)	No. of samples	TL $\pm$ SD (cm)	BW $\pm$ SD (g)	
1996.	8	8	25.7 $\pm$ 2.1	275.8 $\pm$ 74.9						
	9	10	26.1 $\pm$ 1.9	261.4 $\pm$ 44.1						
	10	12	26.1 $\pm$ 2.5	308.0 $\pm$ 70.4						
	11	31	27.2 $\pm$ 2.1	327.3 $\pm$ 54.9						
	12	9	26.5 $\pm$ 1.4	315.2 $\pm$ 43.4						
1997.	1	8	26.4 $\pm$ 2.8	303.5 $\pm$ 72.5	3	27.2 $\pm$ 1.5	334.8 $\pm$ 81.8	3	27.1 $\pm$ 1.0	327.8 $\pm$ 32.2
	2	10	26.8 $\pm$ 2.2	316.8 $\pm$ 57.6	3	28.2 $\pm$ 2.6	387.5 $\pm$ 81.8	3	27.8 $\pm$ 1.3	370.3 $\pm$ 62.2
	3	12	27.5 $\pm$ 2.0	301.2 $\pm$ 51.4	3	28.5 $\pm$ 2.4	374.4 $\pm$ 98.3	3	28.2 $\pm$ 0.4	365.7 $\pm$ 39.8
	4	31	27.6 $\pm$ 2.1	309.1 $\pm$ 71.7	3	29.3 $\pm$ 1.4	426.6 $\pm$ 43.0	3	28.9 $\pm$ 0.8	390.8 $\pm$ 43.2
	5	9	27.9 $\pm$ 1.1	334.4 $\pm$ 36.2	3	29.5 $\pm$ 1.4	428.4 $\pm$ 38.9	3	29.4 $\pm$ 0.8	415.6 $\pm$ 35.2
	6	9	28.7 $\pm$ 2.2	373.7 $\pm$ 74.2	3	30.5 $\pm$ 1.1	470.1 $\pm$ 50.5	3	29.7 $\pm$ 1.8	530.4 $\pm$ 43.0
	7	10	29.4 $\pm$ 2.7	395.3 $\pm$ 57.2	3	31.2 $\pm$ 2.1	527.2 $\pm$ 107.1	3	31.1 $\pm$ 0.8	512.7 $\pm$ 31.4
	8	11	30.1 $\pm$ 3.0	455.9 $\pm$ 92.0	4	32.5 $\pm$ 2.3	609.9 $\pm$ 124.8	4	31.5 $\pm$ 2.2	543.4 $\pm$ 87.8

/체중으로, 간속도지수(hepatosomatic index)는 간중량×100/체중의 식에 의하여 계산하였다.

## 결 과

조사기간중 각 실험구로부터 시기별로 채집한 붉바리의 전장, 체중은 Table 1에 나타난 바와 같으며 이들 어체를 사용하여 측정된 생식소 속도지수와 간 속도지수의 년중 변화 그리고 생식소 발달과정과 응성화 유도에 관한 실험 결과는 아래와 같다.

### 생식소속도지수(GSI)의 연중변화

1996년 8월부터 1997년 8월까지 생식소속도지수(GSI)의 조사결과는 Fig. 1과 같다. 호르몬 처리를 하기 전의 기간동안 암컷의 GSI의 월별 변화는 8월에 2.30으로 높은 값을 보이다가 9월에 급격히 감소하기 시작하여 10월에서 12월까지 0.50 전후로 낮았다. 호르몬처리에 따른 성전환시험이 시작된 1월 이후의 각 시험구별 GSI의 변화는 17 $\alpha$ -methyltestosterone을 경구투여하였던 A, B 시험구는 모두 1월에 최저값인 0.36이었다. 그러나 A 시험구에서 3월에 0.72로 다소 상승하였으나 4월부터 다시 차츰 감소하여 8월에 0.31로 최저치를 보였다. B 시험구에서는 2월 이후 서서히 증가현상을 보이다가 6월의 0.66을 경계로하여

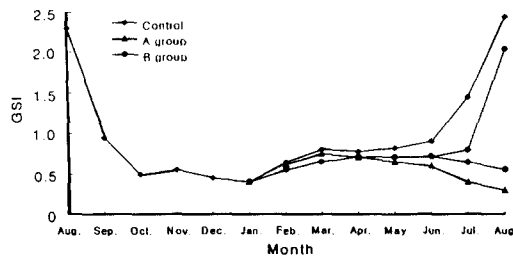


Fig. 1. Change in gonadosomatic index (GSI) of the cultivated red spotted groupers from August, 1996 to August, 1997. 17 $\alpha$ -methyltestosterone was fed for 120 days after January 1, 1997.

일부 개체는 0.49로 감소하는 반면 나머지 개체는 8월에 2.04로 증가하는 두가지 type을 나타내었다. 호르몬을 처리하지 않은 비교구에서는 2월부터 증가하기 시작하여 6월에 0.87, 8월에 2.42에 달하였다.

### 간속도지수(HSI)의 연중변화

간속도지수의 연평균변화를 보면 Fig. 2와 같다. 96년 8월부터 12월까지의 간속도지수는 9월에 1.31로 최저치를 보이다가 12월에는 2.41로 서서히 증가하였다. 호르몬처리 이후는 시험구 A, B에서 2월부터 양시험구 모두 빠른 증가추세를 보여 생식소발달이 활발하게 일어나는 4월에는 각각 3.76, 4.25로 증가하였고, 6월까지의 각각 3.46, 4.13으로 유지되었으나 그 이후 산란기에 접어드는 8월에는 각각 3.32, 3.08로 낮아졌다. 비교구(C)에서는 3월부터 점차 증가하여 4월에 3.01로 최고치를 보인 후 5월부터 2.70으로 감소하기 시작하여 산란기인 8월에 1.87로 낮은 값을 보였다.

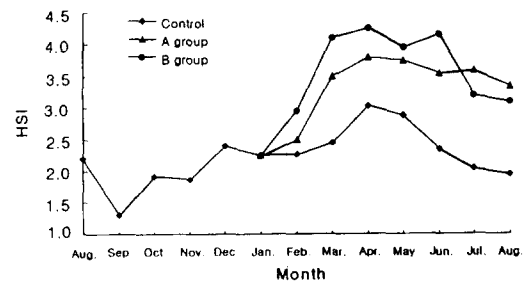


Fig. 2. Change in hepatosomatic index (HSI) of the cultivated red spotted groupers from August, 1996 to August, 1997. 17 $\alpha$ -methyltestosterone was fed for 120 days after January 1, 1997.

### 생식세포의 발달과정

12월에서 3월에 걸친 난소조직상은 동절기 휴지기상태로 대부분 난경 50~60  $\mu$ m되는 주변인기 난모세포와 10  $\mu$ m의 어린 난모세포 그리고 생식상피를 따라 6~8  $\mu$ m의 난원세포들이 3~5 개씩 무리를 형성하고 있다(Fig. 3-A).

4월의 생식소내에는 60~80  $\mu$ m인 주변인기

난모세포와 30  $\mu\text{m}$  전후의 난모세포 그리고, 상피를 따라 난원세포의 분열증식상이 나타나고 있다(Fig. 3-B).

5월에 접어들면서 난소내에는 난세포질 주변에 난황포가 나타나고 한층의 여포세포가 발달한 난경 130  $\mu\text{m}$  전후의 난모세포들과 생식상피상의 포낭내에 정원세포군이 혼재하고 있다(Fig. 3-C).

8월의 생식소내에는 핵막이 거치화되고 난황구의 축적이 충실해지면서 이들 사이에 드문 드문 유구들이 나타나며 방사선대와 여포층의 세포가 발달된 500  $\mu\text{m}$ 의 완숙난과 100  $\mu\text{m}$  전후의 어린 난모세포들이 나타난다(Fig. 3-D).

#### 웅성화 유도

웅성화 유도를 위해 1996년 1월 1일부터 5월 10일까지  $17\alpha$ -methyltestosterone을 각각 어체중 1 kg당 0.5 mg(A 시험구)(총공급량 MT 60 mg/kg-BW)과 0.2 mg(B 시험구)(총공급량 MT 24 mg/kg-BW)을 처리하였다. 2월의 GSI값은 비교구(C 시험구) 0.163, A 시험구 0.586 그리고 B 시험구는 0.513이었다. 이들 GSI는 3월까지 비슷한 증가경향이였으나 4월의 GSI는 비교구에서 0.764로 계속 증가하는 반면 A 시험구는 0.676, B 시험구는 0.667로 약간 증가하고 있다. 8월에 접어들어 GSI는 비교구에서 2.45로 최저치를 나

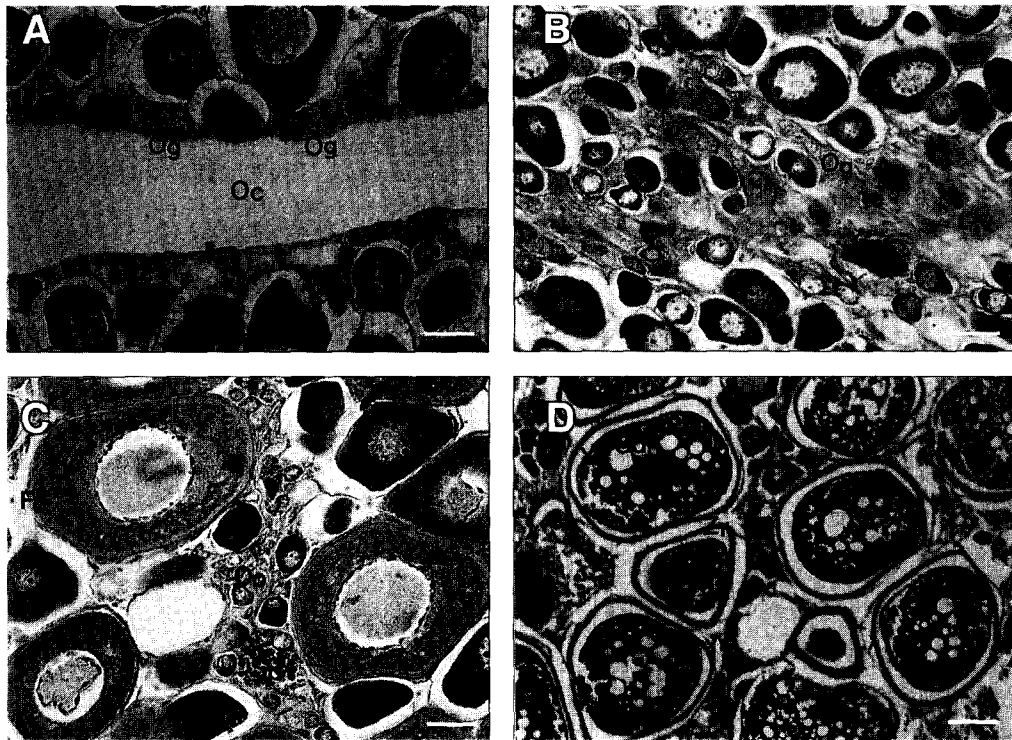


Fig. 3. Various sexual stages in the gonad of *Epinephelus akaara*. A : Resting and propagating ovary showing oogonia and ovarian cavity, scale 30  $\mu\text{m}$  ; B : Propagating and perinucleolus ovary, scale 30  $\mu\text{m}$  ; C : Previtellogenic ovary, scale 20  $\mu\text{m}$  ; D : Vitellogenic ovary, scale 100  $\mu\text{m}$ . Og, oogonia ; Oc, ovarian cavity ; Od, oil droplet ; Fe, follicle cell ; N, nucleus ; Sp, spermatocyte ; Yg, yolk granule ; Yv, yolk vesicle ; Zr, zona radiata.

타내고 A 시험구는 0.31인 반면, B 시험구에 있어서 난소가 발달한 개체의 GSI는 2.04였고, 정소로 발달한 개체의 GSI는 0.49였다.

이들 처리구의 생식소 조직상의 발달과정을 보면 A, B 시험구의 2월 생식소내에는 50~90  $\mu\text{m}$ 인 주변인기 난모세포와 25  $\mu\text{m}$ 인 어린 난모세포들이 산재하고 생식소 기질의 포낭내에 정모세포군들이 나타나고 있다(Fig. 4-A).

3월에 접어들면서 A, B 시험구의 생식소내에는 30~50  $\mu\text{m}$ 인 난모세포들과 45~75  $\mu\text{m}$ 인 주변인기 난모세포들이 산재하고 기질의 포낭내에 정원세포들이 분열증식하고 정모세포군, 정세포군과 수정관내에 정자들이 무리를 형성하고 있다(Fig.

4-B). 완숙 또는 산란기에 접어드는 7, 8월에 A 시험구의 모든 개체의 생식소내에는 퇴행중인 소수의 어린 난모세포와 수정관내의 정자들이 무리를 지어 나타나고 있다(Fig. 4-C). 반면에 B 시험구의 개체들은 A 시험구와 유사한 생식소 성숙 단계를 가진 개체들과 함께, 난경 500  $\mu\text{m}$  내외의 완숙난과 정자들이 혼재하는 생식소(Fig. 4-D)를 가진 개체들이 혼재하고 있다.

#### 양성생식소의 출현

북바리의 성전환 여부를 파악하기 위해 생식소 조직관찰을 행하여 양성생식소의 출현을 조사하였다. 양성생식소를 갖는 개체는 산란기후 위축된

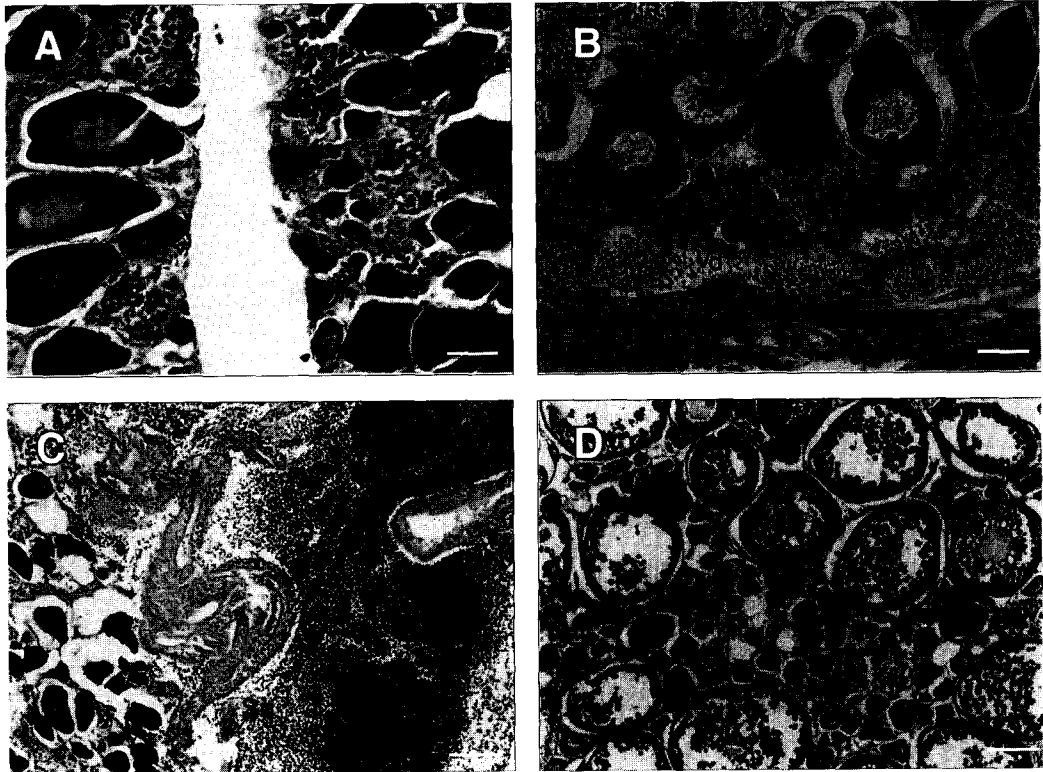


Fig. 4. Histological details of transitional gonads (ovotestis) of *Epinephelus akaara* treated with  $17\alpha$ -methyltestosterone. A : Spermatocyte stage, scale 30  $\mu\text{m}$  ; B : Spermatogenesis stage, scale 30  $\mu\text{m}$  ; C : Spermiation stage, scale 30  $\mu\text{m}$  ; D : Oocyte of vitellogenesis stage and spermatozoa, scale 250  $\mu\text{m}$ . Bv, blood vessel ; Sg, spermatogonia ; Sp, spermatocyte ; Sz, spermatozoa ; Vd, vas deferens.

생식소에서 주로 나타나고 있다.

비교구에서 암컷의 출현은 조사한 전 개체중 최소개체인 전장 19 cm에서부터 29 cm 범위였으나 주로 22~26 cm에서 출현하였다. 중성개체의 출현범위는 22~33 cm였고, 전장 22~29cm에서 암컷과 중성개체가 중복되어 분포하고 있다(Fig. 5). 한편, 실험구 A와 같은 조건으로 기능적 수컷의 출현빈도를 알기 위한 반복실험과 조직관찰한 16 마리 중 5마리(31%)가 수컷이었으며 그들의 전장은 28.8~33.5 cm로서 1마리를 제외하고는 전장 30 cm 이상을 나타내었다(Table 2).

### 고찰

대부분의 어류는 각기 정해진 시기에 성숙, 산

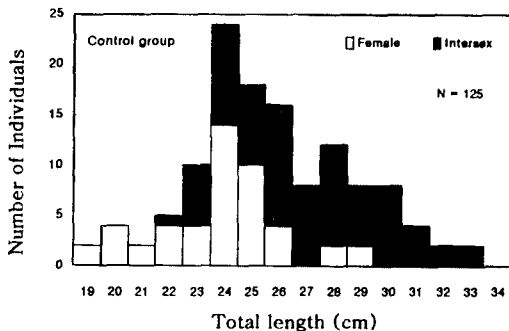


Fig. 5. Sex ratio of *Epinephelus akaara* collected from Deukyang bay in the southern coast of Korea

란하며, 산란기를 중심으로 생식연주기를 나타내고 있으며(羽生, 1984, 1985; 李·羽生, 1984), 생식소의 발달을 제어하는 요인으로서는 내적 요인과 함께 환경요인인 빛과 수온이 깊이 관여하고 있다고 보고되고 있다(de Vlaming, 1972a, 1972b). 붉바리의 GSI 값의 변화를 사육수온 및 일장과 관련시켜 보면 일조시간이 길어지고 수온이 높아지기 시작하는 3월에 접어들면서 상승하기 시작하여 고수온기인 8월에 최고치에 달하고 있어 장일화와 수온상승이 생식소발달을 유도하고 고수온이 성성숙을 촉진시키는 것으로 사료된다.

붉바리의 생식소 속도지수와 간 속도지수는 대체로 역상관관계를 보이는데 이와 같은 현상은 그물코쥐치, *Rudarius encodes* (李·羽生, 1984), 뱀장어, *Anguilla japonica* (Sugimoto et al., 1976), 자리돔, *Chromis notatus* (이, 1987) 등에서 보고되고 있다. 반면, 고등어, *Scomber japonicus* (Noguchi and Bito, 1953), 노래미, *Agammus agarammus* (정, 1985) 등에서는 GSI와 HSI가 정상관관계를 보이며, 이것은 간에서 생식소발달에 관여하는 물질 특히 난황전구 물질의 합성과 저장시기의 어종에 따른 차이에 의해서 정상관 또는 역상관 관계를 가지고 변화하는 것으로 간주된다.

어류의 성은 대부분 자웅이체이지만 자웅동체인 것도 적지 않다. 자웅동체는 일반적으로 자성선숙, 웅성선숙, 그리고 동시자웅동체로 구분할 수 있다 (Atz, 1964; Yamamoto, 1969). 자성선숙에

Table 2. Experimental result of sex inversion in *Epinephelus akaara* daily fed with 0.5 mg 17 $\alpha$ -methyltestosterone per kg-body weight for 120 days

Individual number	TL (cm)	BW (g)	GW (g)	Sex	Individual number	TL (cm)	BW (g)	GW (g)	Sex
1	25.9	236.0	1.88	Intersex	9	31.9	424.5	0.97	Intersex
2	36.1	255.5	1.18	Intersex	10	21.0	118.0	0.77	Intersex
3	26.6	256.5	0.89	Intersex	11	25.4	215.3	1.63	Intersex
4	28.8	324.4	0.79	Male	12	30.5	407.5	1.56	Male
5	30.4	381.8	1.07	Male	13	27.0	303.9	3.03	Intersex
6	29.3	324.0	2.95	Intersex	14	30.6	372.1	2.50	Intersex
7	33.5	544.8	1.09	Male	15	30.3	354.8	1.17	Intersex
8	31.8	459.3	1.25	Intersex	16	30.5	479.3	2.81	Intersex

TL : Total length ; BW : Body weight ; GW : Gonad weight.

는 일차 수컷의 유무에 따라 단웅성과 복웅성으로 구분되는데, 일정한 크기로 성장한 암컷 어류중 일부가 수컷으로 성전환하는 복웅성의 자성선숙어에는 비늘돔과, 홍갈치과(中園, 1991), 놀래기류 중에서 용치놀래기, *Halicoeres poecilopterus* (中園, 1979; 이 등, 1991), 황놀래기, *Pseudolabrus japonicus* (이 등, 1992) 등이 보고되고 있다. 이 실험에 사용한 붉바리의 경우에도 생식소 발달과 성전환양식에 따라, 1) *Serranus*형, 2) *Rypticus-Anthias*형, 3) *Epinephelus*형의 세가지로 분류하였으며, 우레기속(*Epinephelus*) 어류들은 *Epinephelus*형이고 이들의 특징은 자웅의 생식소 조직이 결합조직 등으로 명확히 분리되지 않고, 정소조직이 미성숙한 생식소나 암컷의 생식소내에 포낭을 형성하여 산재하고 있다고 보고하였다. 이 연구로부터 붉바리의 생식소에서도 그와 같은 특징을 관찰할 수 있었다.

자웅동체현상에 있어서 성성숙과 성전환은 종에 따라 크기와 연령별로 다양하게 나타난다. Tan and Tan (1974)은 능성어속의 *E. tauvina*의 경우 체중 2.5 kg인 3년어에 있어 체장 40~50 cm 사이에서 암컷으로 성성숙하고 수컷으로 성전환은 7년생에서 일어났고, *E. mario*는 체중 11 kg인 9년생에서 웅성으로 성전환이 일어났으며(Moe, 1969), *E. amblycephalus* (Tang et al., 1979)는 체중 6 kg(체장 60~70 cm)인 5년생에서 일어났다고 보고하였다. Kuo et al (1988)은 붉바리와 같은 속인 별우럭, *E. fario* (체장 46.9 cm, 체중 1.69 kg)를 대상으로 어체중당 17 $\alpha$ -methyl-testosterone (MT)을 0.5 mg과 1.0 mg 농도로 145일간 경구투여하여 웅성화유도에 관한 실험을 실시한 바있다. 이 실험에서도 전장 29.4 $\pm$ 3.6 cm, 체중 341.1 $\pm$ 110.1 g 되는 붉바리에 MT 0.5 mg을 120일간 경구투여하였던 A 실험구에서 전장 28.8 cm에서 33.5 cm의 비교적 큰 개체에서 기능적 수컷을 관찰할 수 있었다. 따라서, MT를 이용한 붉바리 웅성화 유도는 전장 30 cm이상의 개체를

대상으로 해야 할 것으로 생각된다.

이 연구에 사용한 붉바리의 생식소 발달은 대체로 성장기(4, 5월), 성숙기(6, 7월), 완숙 및 산란기(8월) 그리고 퇴화 및 휴지기(9~3월)로 연속적인 주기를 나타내었다. 휴지기 난소내에는 섬유성 간층질의 상피상에 분열증식하는 난원세포군을 갖는 개체(A type)와 난소소낭 주변을 따라 포낭 구조를 형성하여 분열증식하는 난원세포군을 갖는 개체(B type), 그리고 A와 B type이 난소내에 혼재하는 개체들이 관찰되었으며, A type의 난원세포군은 주로 난모세포로 발달하고, B type의 난원세포군은 정모세포로 발달하였다.

붉바리 자연산의 조사에서 전장 20cm 전후의 수컷의 존재가 보고된 바 있으며(武智等, 1986; 武智, 1987), 인공산은 전장 18 cm에서 수컷의 존재가 보고되어(田中等, 1990), 비교적 작은 개체에서도 수컷이 존재함을 시사하였다. 한편, 野上和 福永(1990)은 자연산 붉바리의 양성개체는 체장 30~32 cm 사이에서 주로 출현한다고 보고하였으며, 이 연구에서는 전장 22~33 cm 범위에서 양성개체가 출현하여 野上和 福永(1990)의 보고 보다 출현전장의 범위가 다소 넓게 나타났다. 또한, 8월에 양성개체들의 생식소내에는 방사선대와 여포세포가 발달된 500  $\mu$ m 내외의 완숙난의 출현과 동시에 발달된 정세포군이 혼재하는 것으로 보아 이들은 8월의 주산란기를 지난 후에 수컷으로의 성전환이 일어날 것으로 생각된다. Smith (1965)는 우레기속 어류에서 성전환은 일반적으로 번식기 이외의 생식소의 활동이 활발하지 않은 시기에 일어난다고 보고한 바 있다.

MT 처리한 붉바리의 경우, 80일이 경과된 A 처리구의 개체는 생식소내에 30~50  $\mu$ m의 난모세포들이 산재하나 기질내에는 분열증식 중인 정원세포, 정모세포, 정세포들이 나타나며, 수정관내에도 정자들이 무리를 지어 나타나고 있다. 반면, B 처리구의 개체는 생식소내에 50~70  $\mu$ m인 주변인기 난모세포와 정원세포, 정모세포, 정세포, 정자들이 산재하고 있으나 수정관내에 정자무리는 없었다. MT 처리를 끝낸 후 90일 경과된 8월에



A 처리구의 개체는 생식소내에 어린 난모세포들이 드문드문 분포하고 기질의 대부분은 정자들이 무리를 형성하고 수정관내에도 정자들이 집괴를 형성하고 있다. 반면, B 처리구에는 기질내에 정자들이 무리를 형성하는 개체와 생식소내에 500  $\mu$ m의 완숙난과 어린 난모세포들이 대부분 차지하고 있고 기질내에 소수의 정자들이 산재하는 개체가 혼합되어 나타나기 때문에 기능적 응성화 유도를 위해서는 MT 0.5 mg/kg-BW 농도가 MT 0.2 mg/kg-BW 농도보다 적합한 것으로 생각된다.

## 요 약

이 연구는 붉바리의 생식소 발달과정과 17 $\alpha$ -methyltestosterone 처리에 의한 응성화 및 생식소내 생식세포의 변화 과정을 조사하였다. 그 결과, 사육 수조 내에서 붉바리의 생식소 속도지수와 간 속도지수의 년중 변화는 붉바리 암컷의 경우 실험구와 대조구에서 생식소 속도지수는 2월부터 증가하기 시작하여 8월에 가장 높았으며 9월부터 감소하기 시작하여 1월까지 상대적으로 매우 낮은 수치를 나타내었다. 그리고, 수컷과 간성(intersex)의 경우 생식소 속도 지수는 6월 이후에 감소하였다. 한편, 대조구의 붉바리 간속도 지수는 9월에 가장 낮았으며 난소의 성장기인 4월에서 5월경에 상대적으로 높은 값을 보였으나 실험구에 비해서 상대적으로 훨씬 낮은 값을 보였다. 그러나, 실험 기간 동안 비록 실험구의 간속도 지수가 대조구보다 높았지만 월변화 추이는 대조구와 비슷한 경향을 나타내었다. 성변환(sex inversion)을 유도하기 위하여 17 $\alpha$ -methyltestosterone (MT)을 어체중 kg당 0.2 mg과 0.5 mg을 120일 동안 경구 투여한 결과 기능적 응성화 유도를 위해서는 MT 0.5 mg/kg-BW 농도가 MT 0.2 mg/kg-BW 농도보다 적합한 것으로 나타났다. 기능적 수컷의 변환율을 알기 위한 MT 0.5 mg/kg-BW 농도의 처리구에서 기능적 수컷은 전장 28.8 cm와 33.5 cm 사이의 개체들에서 관찰할 수 있어서 17 $\alpha$ -methyltestosterone을 사용

한 수컷 유도는 전장 30 cm 이상의 개체를 대상으로 하는 것이 효과적인 것으로 나타났다.

## 참 고 문 헌

- Atz, J. W., 1964. Intersexuality in fishes. In : C. N. Armstrong (Editor), Androgenesis induced with gamma irradiation in vertebrates including man. Academic Press, New York, pp. 145-232.
- Chan, S. T. H. and W. S. B. Yeung, 1983. Sex control and sex reversal in fish under natural conditions. In : W. S. Hoar, D. J. Randall and E. M. Donaldson (Editor), Fish physiology, Vol. 10, Part B. Academic Press, New York, pp. 171-222.
- Chen, F-Y., T-M. Chao and R. Lim, 1977. Artificial spawning and larval rearing of the grouper, *Epinephelus tauvina* in Singapore. Singapore. J. Pri. Ind., 5 : 1-21.
- Clemens, H. P. and T. Inslee, 1968. The production of unisexual broods by *Tilapia mossambica* sex-reversed with methyltestosterone. Trans. Am. Fish. Soc., 97 : 18-21.
- de Valming, V. L., 1972a. Environmental control of teleost reproductive cycles : a brief review. J. Fish. Biol., 4 : 131-140.
- de Vlaming, V. L., 1972b. The effects of temperature and photoperiod on reproductive cycling in the estuarine gobiid fish, *Gillichthys mirabilis*. Fish. Bull., 70(4) : 1137-1152.
- Donaldson, E. M. and G. A. Hunter, 1982. Sex control in fish with particular reference to salmonids. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 39 : 99-110.
- Goetz, F. W., E. M. Donaldson, G. A. Hunter and H. M. Dye, 1979. Effects of estradiol-17 $\beta$  and 17 $\alpha$ -methyltestosterone on gonadal differentiation in the coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. Aquaculture, 17 : 267-278.
- 阿部宗明, 1963. 原色魚類檢索圖鑑, 北陸館. pp. 358.
- 羽生 功, 1984. 魚の生殖リズムと環境要因 I. 水産の研究, 3(6) : 90-93.
- 羽生 功, 1985. 魚の生殖リズムと環境要因 II. 水産の研究, 4(1) : 50-54.
- Jalabert, B., J. Moreau, P. Planquette and R.

- Billard, 1974. Determinisme du sex chez *Tilapia macrochir* et *Tilapia nilotica* : action de la methyltestosterone dans l'alimentation des alevins sur la differenciation sexuelle : obtention de males inversesfunctionnels et production des sexes dans la descendance. Ann. Biol. Anim Biochim. Biophys., 14 : 729-739.
- 정문기, 1977. 한국어도보. 일지사, pp. 727.
- 정의영, 1985. 노래미, *Agrammus agrammus*의 생식주기에 관한 연구. 부산수대 대학원 박사학위논문. pp. 41-47.
- Kuo, C. M., Y. Y. Ting and S. L. Yeh, 1988. Induced sex reversal and spawning of blue spotted grouper, *Epinephelus fario*. Aquaculture, 74 : 113-126.
- 李澤烈 · 羽生 功, 1984. 그물코 쥐치, *Rudarius ercodes*의 생식주기. 한수지, 17(5) : 432-435.
- 이영돈, 1987. 자리돔, *Chromis notatus*의 성숙에 관한 연구. 부산수대 대학원 석사학위논문.
- 이영돈 · 노홍길 · 이택렬, 1991. 용치놀래기, *Haliocoeres poeilopterus* (Temmink et Schlegel) 생식 생태. 제주대학교 해양연구소 연구보고, 15 : 93-102.
- 이영돈 · 안철민 · 이정재 · 이택렬, 1992. 황놀래기, *Pseudolabrus japonicus* (HOUTTYN)의 생식주기와 성전환. 제주대학교 해양연구소 연구보고, 제 16권.
- Moe, M. A. J., 1969. Biology of the red grouper, *Epinephelus mario* (Valenciennes), from the eastern Gulf of Mexico. Florida Dept. Res. Prof. Pap., 2207 : 1-20.
- Nakamura, M., 1975. Dosage-dependent changes in the effect of oral administration of methyltestosterone on gonadal sex differentiation in *Tilapia mossambica*. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 24(1) : 1-13.
- Noguchi, E. and M. Bito, 1953. On the seasonal variations of the liver weight and oil content of the mackerel. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 19(4) : 525-529.
- 盧邊 · 卞忠圭, 1986. 濟州道産 魚類(능성어亞科)의 種苗生産에 關한 基礎的 研究 및 icip 種苗生産에 關한 研究. 濟州大學校 海洋科學大 養殖研究室, 第 3號.
- Smith, C. L., 1965. The patterns of sexuality and the classicication of serranid fishes. Amer. Mus. Nov., 2207 : 1-20.
- Sugimoto, Y., Y. Takeuchi, K. Yamauchi and Takahashi, 1976. Induced maturation of female Japanese eels, *Anguilla japonica* by administration of salmon pituitaries, with notes on changes of oil droplets in eggs of matured eels. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 27 : 107-120.
- 武智昭彦 · 内村祐之 · 小泉喜嗣, 1986. II. キジハタ 種苗生産. 愛媛水試事報., 昭和 60年度. pp. 88-92.
- 武智昭彦, 1987. II. キジハタ種苗生産. 愛媛水試事報., 昭和 60年度. pp. 57-59.
- 田中秀樹, 1988. ヒラメの生殖腺の性分化に及ぼすエストラツオル-17βの影響. 養殖年報, 13 : 17-23.
- 田中秀樹 · 廣瀬慶二 · 野上欣也 · 服部圭太 · 石橋矩久, 1990. キジハタの性成熟と性轉換. 養殖年報., 17 : 1-15.
- Tan. S. M. and K. S. Tan, 1974. Biology of the tropical grouper, *Epinephelus tauvina* (Foskal). I. A preliminary study on hermaphroditism in *E. tauvina*. Singapore J. Pri. Ind., 2(2) : 123-133.
- Tang, H. C., J. Y. Tu and W. C. Su, 1979. Preliminary report on artificial propagation of black spotted grouper, *Epinephelus amblycephalus* Bleeker. Bull. Taiwan Fish. Res. Inst., 31 : 511-517.
- 中國明信, 1979. 日本産ヘラ科魚類 5種の性轉換と産卵行動に關する研究. 九大農實水産報, 4 : 1-64.
- 中國明信, 1991. 機能的雌雄同體現象. 魚類生理學. 板澤靖男 · 羽生 功 編. 恒星社 厚生閣, pp. 327-361
- 野上欣也 · 福永恭平, 1990. 栽培漁業と新養殖成技術. 水産の研究 9(6) : 103-109.
- Yamamoto, T., 1953. Artificially induced sex-reversal in genotypic males of the medaka (*Oryzias latipes*). J. Exp. Zool., 123 : 571-594.
- Yamamoto, T., 1969. Sex differentiation. In : W. S. Hoar and D. J. Randal (eds), Fish physiology. Vol. 3. pp. 117-175. Academic press, New York.
- Yamazaki, F., 1976. Application of hormones in fish culture. J. Fish. Res. Board Can., 33 : 948-958.