

양식산 참돔, *Pagrus major*의 생식소 성분화

김 형 배

한국해양연구소 해양생물연구부

Sex Differentiation of the Gonad in Red Sea Bream, *Pagrus major* with Cultured Condition

H. B. Kim

*Division of Marine Biology, Korea Ocean Research & Development
Institute, Ansan 425-600, Korea*

Gonadal part that developed by indifferentionation period for 6 months after hatching is made as gonad and fat body. These gonad are thin semi-transparent and undevelopment with undistinguished germ cell. Germinal epithelium is distinguished by development of gonad epithelial tissue from 7 months after hatching. Sex differentiation is begun by oogonia development at 8 months after hatching. Primary oocytes grow over germinal epithelium of gonadal cavity, at 9 months after hatching, gonadal cavity become ovarian cavity as they are increasing. As soon as oocytes at 13 months after hatching are filled with the whole part of gonad, degeneration of oocyte is begun. And then, gonad has cavity tissue, a small number of oocyte are located in gonadal cavity. At 15 months after hatching, new primary oocyte develop and consist of ovarian tissue in the central of ovarian cavity. Spermatogonia multiply and cavity tissue consist of testicular tissue. These gonad become hermaphrodite and then determine the sex of female and male. These results show the red sea bream is juvenile hermaphrodite and undifferentiated gonochoristic teleost. Male and female differentiation type of gonad is divided in undifferentiation stage, oogonia-like stage, ovary-like stage, ovary development stage, hermaphroditic testis stage, hermaphroditic ovary stage, and testis development stage. Undifferentiation stage is continued total length 18 cm at 13 months after hatching. Oogonia-like stage is continued total length 11~18 cm at 7~13 months after hatching. Ovary-like stage is continued total length 14~26 cm at 10~14 months after hatching. Ovary development stage begins from total length 20 cm, 14 months after hatching. At 20 months after hatching, 44 percent of total sampled individuals had ovary. Hermaphroditic ovary stage first begins total length 19~20 cm at 15 months after hatching, but it is not observed total length 28~29 cm at 20 months after hatching. Hermaphroditic testis stage first begins total length 21~22 cm at 20 months after hatching and is continued for 20 months. Testis development stage first begins total length 20~21 cm at 20 months after hatching, and is occupied 33 percent total length 28~29 cm, 39 percent of 20 months. The beginning of sex differentiation more than 50 percent is from total length 16 cm at 11 months after hatching. Sex determination begins total length 20cm, 14months after hatching in female and total length 20 cm, 15months after hatching in male.

Sex determination more than 50 percent begins total length 23 cm, 17months after hatching. Undifferentiated gonadal part of red sea bream consist gonad and fat body. As differentiation is going on and gonad is growing, fat body shrinks. This appearance is showed the same tendency in 3-year old red sea bream. 1.9mm larvae after hatching grow about 19mm larvae for 47 days. The relationship between the total length and body weight of larvae and juveniles is $BW = 4.45 \times 10^{-6} TL^{3.4718}$, $r = 0.9820$. Fishes in cage culture grow to maximum total length 28.4 cm.

The relationship between the total length and body weight of these fishes is $BW = 2.36 \times 10^{-2} TL^{2.9180}$, $r = 0.9971$. Undifferentiated gonadal part of red sea bream consist gonad and fat body. As differentiation is going on and gonad is growing, fat body shrinks.

Key words : Red sea bream, Sex differentiation, Sex determination, Juvenile hermaphrodite, Undifferentiated gonochoristic teleost

서 론

어류의 성분화에 관한 연구는 Yamamoto (1969)가 종래의 단편적 연구들을 모아 체계화시킨 이후 비교적 활발히 연구되어 오고 있다.

藤井(1974)는 농어목 양태과 어류 중 까치양태 *Cociella crocodila* 의 성전환에 대한 연구, 비늘양태속의 *Onigocia macrolepis* 와 *Kumococius detrusus* and *Inegocia japonica* 의 성전환과 자웅동체에 관한 연구 등을 모아 이들의 종적분화와 성분화의 변이를 종합보고하였다.

담수산어류에 대한 초기연구로는 틸라피아류인 *Tilapia mossambica* (Takahashi, 1973)의 생식소 성분화연구를 바탕으로 한 웅성호르몬 경구투여효과(Makamura, 1975)가 보고되어 있고, *Tilapia zilli* (Yoshikawa and Oguri, 1978)의 성분화에 대한 연구 등이 있다.

중의 유시자웅동체(juvenile hermaphrodite) 현상이 보고되고 있으며 자리돔과 흰동가리속인 *Amphiprion* spp. (Moyer and Nakazono, 1978)의 6종에 대한 웅성선속자웅동체현상이 조사되었다. 또한 놀래기과 어류 5종의 성전환과 산란행동에 관한 연구(中國, 1979)에서 이들의 이들의 성분화 형태를 간략하게 언급하고 있다.

1980년대 초에는 잉어 *Cyprinus carpio* (Davies and Takashima, 1980), 무지개송어 *Salmo gairdneri* (Pakashima et al., 1980), 큰가시고기 *Gasterosteus aculeatus* (清水·高橋, 1980) 등의 성분화가 보고되었고 이어서 농어과어류인 *Serranus hepatus* (Brusle, 1983), 유럽산 뱀장어 *Anguilla anguilla* (Colombo, 1984) 등의 성분화에 관한 연구가 되고 있다. 이와 함께

高橋(1981)의 어류성분화와 성전환에 대하여 陵島·會田(1984)가 어류의 성분화와 호르몬에 대해 상세히 기술하므로써 이 연구에 대한 관심이 집중되고 있다.

최근에는 어류의 성분화연구를 산업적으로 응용하기 위하여 Tanaka (1978,1988)가 넙치성분화에 관한 연구와 넙치성분화에 미치는 17β -estradiol의 영향에 관한 연구를 실시하여 넙치의 호르몬치리에 의한 전웅성화 가능성에 대해 보고하고 있다.

국내에서도 넙치 *Paralichthys olivaceus* (이·이, 1990), 미꾸라지 *Misgurnus mizolepis* (김 등, 1990, 1994), 망상어 *Ditrema temmincki* (이·이, 1996), 그리고 조피볼락 *Sebastes schlegeli* (이 등, 1996)의 성분화에 대해 연구되고 있다.

본 연구는 현재 해산양식어종으로 크게 각광을 받고 있는 복잡한 자웅동체현상을 보이는 돔과(Sparidae)에 속하는 (Yamamoto, 1969) 참돔 *Pagrus major*을 대상으로 부화자어에서부터 생물학적 최소형의 성체에 이르기까지 성분화과정을 조직학적으로 조사·규명함으로써, 어류의 종묘생산 및 인공적 성전환 기법에 응용하기 위한 기초 자료를 제공코저 하였다.

재료 및 방법

본 실험에 사용된 참돔의 부화 자치어 및 친어는 경남 통영군 산양면 달아부락에 위치한 종묘생산장과 가두리양식장에서 사육하면서 연속채집된 것이다. 초기부화자어 및 치어는 부화직후부터 실내 15 m³ 수조에 사육하면서 1~3일 간격으로 매

회 20~30 마리씩 채취하였다. 계측용 재료는 20~50 ppm ethyl-aminobenzonate에 마취후 중성 포르말린에 전체 고정하여 사용하였고, 조직 관찰용 재료는 채집 즉시 얼음으로 마취하여 4 °C 전후의 Bouin액에 역시 전체 고정하였다. 성어는 부화후 약 2개월 뒤에 옮겨진 해상가두리에서 양성중인 것을 매월 중순에 30~40 마리씩 채집하여 계측후 관찰 부위별로 Bouin액에 고정하였다.

광학현미경적 관찰을 위해 이들은 파라핀절단법으로 종단 및 횡단되어 5~7 µm의 연속절편을 만들어 Hansen's haematoxylin-eosin 이중염색 및 Mallory염색을 실시하였다.

치자어 생산시의 사육환경은 수온이 18.6~24.5 °C 범위였고 비중은 1.022~1.025, 용존산소 6.7~7.5 mg/l(포화율 70~80 %), pH는 7.5~8.4의 변화를 나타내었고 해상가두리 사육시의 수온은 9.1~24.1 °C 범위였다. 반복실험한 초기사육시 사육환경중 수온은 17.3~19.4, 비중 1.024~1.027, 용존산소 6.3~8.1 mg/l의 변화를 보였다.

결 과

1. 성장

부화직후 자어는 평균 전장이 1.9 mm였으며, 부화후 6일 후에는 3.0~3.6 mm이고 18일에는 5.6~7.4 mm, 24일에는 8.8 mm 전후, 47일경에는 19 mm 전후였다.

초기성장기 자치어들의 전장과 체중과의 관계는 $BW=4.45 \times 10^{-6} TL^{3.4718}$, $r=0.9820$ 으로서 부화후 전장 2 mm일 때 체중 0.1 mg이던 것이 부화후 한달 경과한 전장 10 mm일 때 체중 11~15 mg으로 증가하고 20 mm에서 140~150 mg이었다.

부화후 약 2개월 경과후 해상가두리로 옮겨 사육하였으며, 부화후 75일에 6.0 cm이던 것이 6개월에는 11.5 cm, 8개월 13.6 cm, 17개월 25.4 cm이었으며 최대어는 전장 28.4 cm였다. 이들 양성 개체들의 체장과 체중간의 관계는 $BW=2.36 \times 10^{-2} TL^{2.9180}$ 으로서 전장 6.0 cm일때 3.5 g, 10.0 cm일때 21 g, 20.0cm일때 145 g이었으며, 최대중량은 전장 27.5 cm일때 400 g이었다.

2. 생식소 분화 및 발달에 따른 형태학적 구조

전장 10.0 cm 이하의 개체들은 이들 생식소가 투명·세장되어 해부학적 분리가 어려웠으며, 부화후 7개월 경과한 개체들 중 전장 12.0 cm전후부터 생식소의 길이 측정이 가능했다(Table 1). 이 때의 생식소 길이는 부속지방체까지 합쳐서 3.2 cm였다.

이들 초기 생식소는 혈관이 잘 발달된 한 쌍의 다소 큰 지방체와 이에 연결된 한 쌍의 가는 선상구조로 이루어져 있다(Fig. 1-1). 지방체와 생식소는 격벽으로 뚜렷이 구분되어 있으나 분포된 혈관은 서로 연결되어 있다.

이후 생식소는 지방체가 수축되고 생식소부위가 비후되기 시작한다(Fig. 1-2, 3).

Table 1. Comparison between gonad length and total length of red sea bream on ages (month)

Number	Months after hatching	Total length (cm)*	Gonad length (cm)**	(n)
1	7	12.03±0.27	2.30±0.11	(10)
2	8	12.64±0.33	3.60±0.09	(10)
3	9	13.07±0.35	4.07±0.07	(10)
4	12	14.66±0.27	5.15±0.09	(10)
5	15	23.49±0.39	6.08±0.14	(10)
6	17	25.08±0.28	6.50±0.10	(10)
7	19	25.73±0.38	6.80±0.11	(10)

*mean±standard error

**mean±standard error(gonad and fat body)

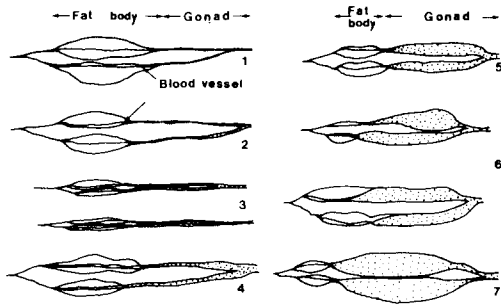


Fig. 1. Illustrations of external features of the differentiation gonad and accessory fat body in red sea bream, each numbers denote the number of the Table 1.

부화 9개월 이후 생식소 비후는 점점 빨라지고, 부화 12개월에는 전장 14.7 cm 일 때 생식소 길이 5 cm 전후로 성장한다(Fig. 1-4).

전장 23.5 cm일 때 생식소 길이는 6.1 cm이며 생식소 부위가 지방체보다 비대해진다(Fig. 1-5). 이 시기에는 난소는 붉은색, 정소는 유백색을 띠기 시작하여 외부관찰에 의한 난소, 정소 및 양성생식소의 판단이 가능해진다. 생식소는 점점 성장하여 전장 25.1 cm일 때 생식소 길이 6.5 cm를 나타내고(Fig. 1-6), 부화후 19개월에는 전장 25.7 cm일 때 생식소 길이 6.9cm에 달하며 지방체는 크게 위축되어 전단에 조그맣게 자리한다(Fig. 1-7).

그리고 부화후 15개월부터 양성을 가진 생식소가 70 % 가까이 출현하며, 이러한 생식소의 외부형태는 유백색과 붉은색이 혼재되어 나타난다.

양성생식소의 형태(Fig. 2)는 정소부위가 난소부위보다 큰 것과 난소부위가 정소부위보다 큰 것으로 대별할 수 있었다.

외형상 정소부위는 일부에 불과하나, 횡단면에 나타난 정소와 난소 부위의 개체에 따라 다양하게 나타났다(Fig. 2-1 a,b,c,d,e).

외형상 완전한 난소 부위이거나(Fig. 2-2 f), 정소(Fig. 2-2,3 g,h,i,k,l)인 부위의 횡단면에서도 각각 반대되는 부위가 많이 관찰되었다.

부화후 16개월 이후, 양성생식소는 점점 감소

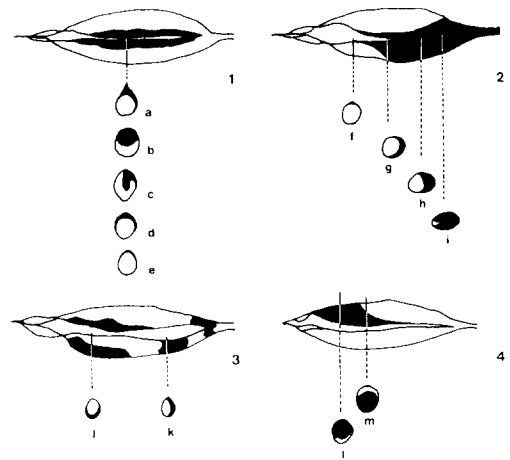


Fig. 2. Illustrations of external features and cross sections of the bisexual gonad in red sea bream, each number and letters denote several types of bisexual gonad : ●, testicular part ; ○, ovarian part.

하여 부화 20개월에는 난소부위가 위축된 정소형 양성생식소가 조사된 개체의 17.5 %로 나타났다.

3. 성분화

1) 미분화기

부화직후의 자어를 종단하면 한 개의 큰 난황과 그 상부에 몸통이 위치하고, 눈과 부레사이에 내장부구성 원세포들이 밀집·발달함을 볼 수 있다(PI. I -1,2). 이 부분을 횡단하여 Mallory 삼중염색하면 난황상부에 장관의 위치에서 체강벽 내층에 세포가 집단으로 분열·증식하고 있음을 관찰할 수 있다(PI. I -3). 척수, 척색, 대동맥이 연직방향으로 놓여있고 장의 장간막배기부와 배기부양측에는 체세포가 발달한다. 이 때 장간막좌우혈관을 중심으로 발달하는 세포집단은 aniline blue에 의해 푸르게 염색되는 호염기성세포피와 나머지 호산성세포피들로 뚜렷이 구분된다.

부화 2일 후 난황흡수가 이루어지고 장관 주위 세포들 중 일부는 체벽 중앙하부로 이동되며 중심의 형성이 식별되고, 장관 배측상부에 또 다른 수 개의 세포들이 위치한다(PI. I -4).

부화 3일 후 체강배벽 측면부 세포들은 장관배 측부 중앙혈관을 중심으로 발달하는 세포들과 무리지어 분열·증식되어 간다.(PI. I-5).

부화 6~7일에는 식도 후부 측면과 중신 아래의 생식소 위치에는 난황상세포들과 체세포집단이 함께 위치하고 있다(PI. I-6).

부화 8~9일에 생식소시원세포들로 판단되는 세포집단 사이에 이들 중앙혈관이 식별되고 이들 세포집단 주위에 난황상세포들이 가득 채워져 있다(PI. I-7). 이들 난황상세포들은 뚜렷한 단일핵을 가지고 있다(PI. I-8).

부화 15~16일 경에는 이들 생식소시원세포집단은 흔적만 남고 존재해 있던 난황상세포들은 체강의 복부쪽 여러 부위로 산재되어 나타난다(PI. II-1).

부화 30~35일 경에는 복부체강 전부위로 발달한 이들 난황상세포부위에는 공포들이 출현하기 시작한다(PI. II-2). 이 후 이들 난황상세포부위는 거의 전부위에 걸쳐 점점 공포상조직들로 대체된다(PI. II-3). 이들 공포상조직들은 복부체강내에서 큰 변화없이 지속되다가 부화후 6개월 평균전장 10.8cm전후가 되면 장차 생식소가 위치할 부위에 별도로 곤봉상의 공포상 조직집단이 분리되어 나타난다(PI. II-4). 이들 공포상조직들은 모두 Sudan III염색에서 짙은 갈색으로 염색되는 지방(PI. II-5)임이 판명되었다. 이후 이들 생식소부위에 미세한 반투명의 관상기관이 관찰되는데 이들 조직의 횡단면과 종단면에서 모든 생식원세포를 식별할 수 없는 미발달상태를 유지하고 있었다(PI. II-6).

2) 생식소분화기

부화후 7개월 전장 평균 11.2 cm 전후일 때 비로소 소수의 개체에서 생식소의 구조가 식별되는데 이들 조직내에는 혈관이 잘 발달하고, 체세포들의 분열·증식이 왕성하게 일어나 비후되기 시작한다(PI. II-7). 또한 생식소 내강에는 상피조직의 발달로 생식상피를 식별할 수 있다.

부화후 8개월이 되면 생식소의 내강상피는 더욱 비후되고 이들 상피에서 소수의 생식시원세포를

식별할 수 있다(PI. II-8). 이후 내강상피의 생식시원세포들은 난원세포로 발달되면서 생식소분화가 시작된다(PI. III-1).

이 때 이들 난원세포는 난경 $18 \times 25 \mu\text{m}$ 전후였다. 이들 난원세포 및 초기난모세포로의 분열은 부화후 7~8개월되는 성장이 빠른 개체에서 첫 출현하였으며, 전장 14.0 cm이상의 개체들에서는 과반수 이상이 관찰되었다.

부화후 9개월된 개체의 생식소에서는 난원 및 초기난모세포가 생식상피의 전부위에서 나타난다(PI. III-2). 이 때의 생식소는 내강상피의 전부위에서는 초기난모세포들이 발달될(PI. III-3) 뿐 아니라 단층입방상피로 구성된 생식상피의 뚜렷한 분화발달을 관찰할 수 있다(PI. III-4).

이 후 생식소의 외벽주변부를 따라 혈관이 더욱 풍부하게 발달하고, 내강상피에서 발달하던 난모세포들은 성장이 점점 진행되어 호염기성세포질을 가진 난모세포가 출현하기 시작한다(PI. III-5). 이들 호염기성세포질을 가진 어린 난모세포들의 크기는 $25 \times 30 \mu\text{m}$ 전후이다(PI. III-6).

부화후 12개월되는 개체들의 생식소는 좀 더 비대되어졌고 외벽쪽에 큰 혈관 뿐 아니라 가는 모세혈관이 다수 발달하고 내강생식상피에서는 보다 많은 어린 난모세포가 분포하고 있다(PI. III-7). 이 때 상피내측심층에는 난경 $30 \sim 40 \mu\text{m}$ (PI. III-8)이고, 상피를 따라서는 난경 $20 \sim 30 \mu\text{m}$ 의 다소 작은 난모세포들이 층상배열을 하고 있다(PI. IV-1). 이들 난모세포들은 더욱 증가되면서 생식소가 비후되고 내강은 좁아져 난소상의 형태를 이루어 간다(PI. IV-2). 부화후 13개월된 개체의 생식소 외벽은 풍부한 혈관을 내포한 근섬유와 결체조직섬유로 구성된 외막을 형성하고 이들 외막에서 기원된 섬유성조직이 난소를 몇 개의 방으로 구획시키고 있다. 이 때 난모세포들은 생식소 전체를 가득 채우게 되나 이 때부터 난모세포들 중 일부에 세포질분포가 일어나며 퇴화되기 시작한다(PI. IV-3). 이들 난모세포들의 퇴화속도는 빨리 진행되어 (PI. IV-4), 부화후 14개월된 개체의 생식소는 대부분이 퇴화된 공포상조직

을 갖게되고 내강쪽에 극히 위축된 소형난모세포들 조직만이 위치하게 된다(PI.IV-5). 곧이어 이들 공포상 퇴화조직은 내강상피로 새로운 신생조직으로 대체되어 부화후 15개월경부터는 난소강을 중심으로 새로운 초기난모세포들이 발달하기 시작하여 난소조직으로 된다(PI.IV-6). 또한 심층의 벽부의 공포상조직 부위는 분비선조직의 형태를 이루며 정원세포들이 분열·증식하면서 정소조직을 이루게 된다(PI.IV-7).

이들 퇴화후 양성생식소로 분화되는 시기에 조사개체의 약 반 수는 난소강으로부터 발달해 온 신생조직이 전체로 발달해 생식소는 완전한 난소로 분화되었고 소수개체에서는 난소강상피쪽의 난소조직이 완전히 퇴화하여 완전한 정소로 분화되는 경우가 관찰되었다.

양성분화생식소의 경우 난소부위가 먼저 재정비되어 난소강을 중심으로 난원 및 난모세포가 잘 발달되나 정소부위의 발달은 이들 난소조직에 비해 늦게 일어난다.(PI.IV-8). 그러나 부화후 16~17개월된 개체들에 있어서 자동동체형 생식소의 난소조직에서는 일부 난모세포들만이 증기 및 후기성장기 난모세포단계까지 발달하나, 정소조직에서는 정모세포, 정세포, 정자로의 발달이 일어나 성숙은 난소에서 보다 빨리 일어난다(PI. V-1). 그리고 난소강과 인접한 수정관에는 변태된 정자들로 가득차는 것이 조사된 대부분의 자동동체생식소를 가지는 미성어기에서 관찰되었다.

3) 성결정기

자동동체 생식소는 발달함에 따라 각 정소소엽 및 수정관 전체가 변태된 정자로 가득 채워지고 난소를 이루는 조직은 거의 퇴화하여 내강상피 일부에 소수의 난모세포가 잔존하는 정소형생식소(PI.V-2)와 반대로 생식소의 대부분이 전형적인 난소조직으로 분화되고 생식소의 양측 끝에 공포화된 잔존정소조직을 가지는 난소형생식소(PI.V-3)의 형태를 가진 개체들로 구분되어진다.

이들 정소와 난소로 구분되는 암수가 결정되는 개체들은 부화후 14개월째부터 나타나는데 난소형생식소가 다소 일찍 분화되고 있다. 17개월에는

조사개체중 59 %에서 암·수로의 성결정이 일어난다.

성결정이 완료된 난소는 초기성장중인 난모세포로 가득채워져 있다. 생식상피위에는 난원세포들의 분열·증식이 일어나고 있고 난소강을 향해 상피상에 세포질을 연결한 난모세포들이 성장하고 있다. 이들 난모세포들은 난경이 40~50 μm의 크기로 세포질은 강한 염기성반응을 나타내며, 커다란 배포상의 핵내에는 핵막을 따라 다수의 분산인이 배열되어 있다. 이 때부터 단층의 얇은 여포세포들이 이들 난모세포를 싸고 발달해온다(PI.V-4).

4. 생식소의 자동분화상

생식소의 자동분화상을 조사하기 위하여 부화후 6개월부터 20개월까지 성장하는 동안 생식소의 외부형태와 조직학적 관찰을 토대로 생식소분화상을 미분하기, 유사난원세포기, 유사난소기, 난소발달기, 정소형자동동체기, 난소형자동동체기 및 정소발달기 등의 7가지 생식소형으로 구분하여 각 단계를 전체에 대한 백분율로 나타내었다(Fig. 3).

그리고 전장에 따른 자동분화상을 생식소 발달 상태에 따라 역시 백분율로 나타내었다(Fig. 4).

가. 미분하기

생식소의 형태는 식별할 수 있으나 난소 또는

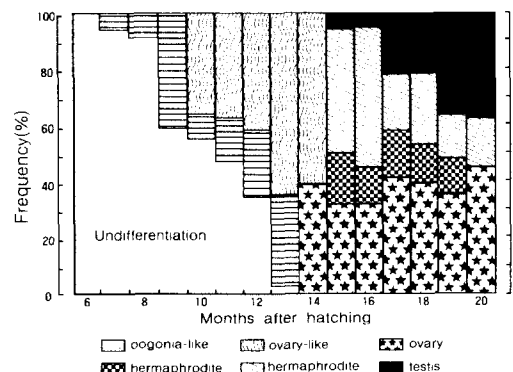


Fig. 3. Process of sex differentiation and sex determination in red sea bream on month after hatching.

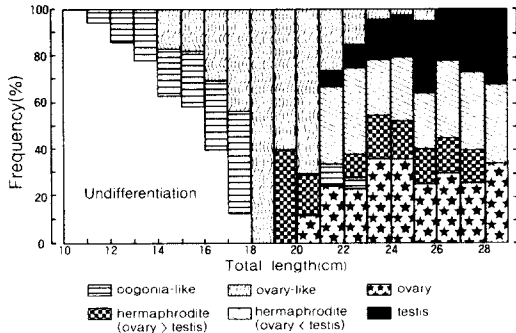


Fig. 4. Process of sex differentiation and sex determination in red sea bream on total length.

정소조직의 구분이 전혀 되지 않는 시기로서 부화 후 6개월된 개체들은 조사개체의 100 %가 미분화기 개체들이었다. 7개월후에는 95 %로 감소하였으며 10개월에는 56 %이던 것이 11개월에는 48 %로 감소하여 성분화발현이 50 %수준을 상회했음을 알 수 있었다. 13개월후에는 3 % 정도만이 미분화기로 남아있고 14개월 이후에는 미분화기개체가 나타나지 않았다.

전장에 따라 살펴보면 전장 10~11 cm에서 전 개체가 미분화이던 것이 11~12 cm에서 94 %로 감소하기 시작하여 전장 15~16 cm때 42 %로, 16~17 cm에서는 60 %로서 50 % 이상의 개체에서 성분화발현이 되었음을 알 수 있었다. 17~18 cm는 13 %로 잔존하던 것이 18 cm보다 큰 개체에서는 미분화개체를 관찰할 수 없어 전 개체에서 성분화가 시작되었음을 알 수 있다.

나. 유사난원세포기

생식소가 비후된 후 광학현미경적 관찰에 의해 10~15 μm 이하의 난원세포가 발달하는 시기로서 부화후 7개월째에 5 %의 개체가 유사난원세포기로 처음 출현한다. 부화기 9개월까지의 개체중 성분화발현개체는 전부 유사난원세포였고 이같은 생식소를 가진 개체는 부화후 12개월까지 나타나며, 전체 조사개체의 33 %를 차지하였다.

전장별로 보면, 11~12 cm에서 전조사개체의 6 %가 유사난원세포기로 첫 출현한 이후 전장 17~18 cm로 성장된 개체군에서도 43 % 가량이 유

사난원세포의 개체들이었다.

다. 유사난소기

20~25 μm 의 초기난모세포가 관찰되어 난소로 판단되나, 이들 난모세포의 대부분이 30~40 μm 전후로 성장한 후 대부분 퇴화되어 생식소가 재구성되는 발달기이다. 이와같은 유사난소기는 부화후 10개월에 전체 조사개체중 31 %를 차지하면서 처음으로 나타나며 14개월후에는 전체 조사개체의 61 %가 유사난소기의 생식소를 갖고 있었다.

크기별로는 전장 14.0 cm이상에서 17 %로 첫 출현하며 이후 출현율이 빨리 증가하며 18~19 cm 개체들에서는 100 % 전개체가 유사난소기였다. 이후 23~26 cm무리에서는 5 %이하의 개체에서 나타나며, 전장 26 cm 이상의 개체에서는 유사난소기개체는 관찰되지 않았다.

라. 난소발달기

40~60 μm 의 초기성장 난모세포들이 발달하며 전형적인 난소를 구성하고 성결정이 완료된 시기의 개체들이다. 이들 개체들은 부화후 14개월째 전 조사개체의 39 %로 첫 출현하며 20개월후에는 전 조사개체의 44 %가 완전한 난소로 분화된 개체들이었다.

전장으로보면 20~21 cm무리에서 처음으로 12 %의 난소조직을 가진 개체가 출현하며, 이후 출현율은 점점 증가하여 전장 23~28 cm에서는 24~36 %가 난소발현개체였고 28~29 cm에서는 33 %가 난소를 가진 개체들이었다.

마. 난소형자용동체기

초기성장 난모세포가 밀집된 전형적인 난소를 가지고 있으나 생식소의 일부가 정소조직으로 구성된 시기의 개체들이다. 또한 넓은 정소부위가 존재하더라도 퇴화정소로 판명되는 생식소를 가진 개체들이다. 부화후 15개월되는 개체들에서 전체 조사개체중 18.5 %가 나타나며 이후 19개월까지 12~18.5 % 범위로 출현하고 있으나 20개월에는 이들 난소형자용동체기 개체들은 출현하지 않았다.

그리고 전장별로 보면 19~20 cm무리에서 난소형자웅동체기 개체들이 40 %로 첫 출현하며, 20~21 cm무리에서 17 %였고, 이후 점점 감소하여 28~29 cm무리에서는 관찰되지 않았다.

바. 정소형자웅동체기

생식소는 대부분 정소조직으로 구성되어 있고 정소소엽내강에 변태된 정자들로 채워져 있으나, 동시에 중앙내강부 일부에 난소조직부위를 가진 개체들이다. 이와 같은 시기의 개체들은 부화후 15개월에 전체 조사개체에서 44 %가 출현한 후 16개월에는 조사개체의 50 %로 증가하나 이후 감소하여 15~20 %인 범위에서 출현하였으며 부화후 20개월되는 개체에서도 18 %의 개체가 정소형자웅동체기 개체들이었다.

전장에 대한 이들의 출현율은 전장 21~22 cm 무리에서 21 %로 첫 출현한 후 출현율이 점점 증가하였고 전장 28~29 cm무리에서도 35 %의 개체들이 정소형자웅동체기였다.

사. 정소발달기

수정관에 변태된 정자가 충만되어 있고 어류의 전형적인 정소발달상태를 이루어 수컷으로의 성결정이 완료된 시기의 개체들이다. 부화후 15개월부터 조사개체의 6 %가 완전한 정소를 가진 개체들이었으며, 이후 점차 증가하여 부화후 20개월에는 조사개체의 39 %가 완전한 정소를 가진 개체들이었다.

전장별로 조사한 이들의 출현율은 전장 20~21 cm 무리에서 6 %로 첫 출현한 후 점점 증가하며 28~29 cm크기의 개체들에서는 전체 조사개체의 33 %가 완전한 정소조직을 가진 개체들이었다.

고 찰

일반적으로 대다수의 어류에서 성분화란 성체의 성적표현형보다 정자나 난자생산자로서의 기능을 할 수 있는 성을 결정지어가는 과정을 정의하고 있다.

Yamamoto (1964)는 성분화과정을 자웅동체

형과 자웅이체형으로 대별하였다. 그리고 자웅동체형은 동시성자웅동체와 세대교번형자웅동체로 나누고, 세대교번자웅동체는 양성선속형자웅동체와 자성선속형자웅동체로 나누었다. 자웅이체형은 발생초기에 생식소가 분화된 형인 분화형과 그 반대인 미분화형으로 분류했다.

본 실험의 재료인 참돔의 경우 유어기 및 미성어기에 자웅동체를 가지며 성체는 자웅이체형으로서 미분화형이었다.

동시성자웅동체는 농어과어류 Serranidae인 *Serranus subligerius* (Clark, 1950, 1965), *Serranus hepatus* (Brusle, 1983) 등에서 다수 관찰되고 비록 동시성자웅동체라 할지라도 계통발생학적 측면에 따라 암컷부분이 먼저 분화된 다음 자웅동체가 된다.

양성선속형자웅동체로는 엘통이과 Gonostomatidae (Miya and Nemoto, 1983)의 *Cyclothone atraria*, 점자돔과 Amphiprionidae (Moyer and Akinobu, 1978)인 *Amphiprion freratus*, *A. clarkii* 등과 양태과 Platycephalidae인 까지양태 *Cociella crocodila* (青山等, 1964), *Kumococius detrusus*와 *Inegocia japonica* (Fujii, 1971), 비늘양태속 *Onigocia*인 *O. macrolepis* (Fujii, 1970)들로서 어릴 때 전부 자웅동체이던 개체가 수컷이 먼저 성숙하고 암컷으로 변하는 형과 수컷분화 및 성숙이후 자웅동체과정을 거쳐 암컷으로 변하는 형이 보고되고 있다.

자성선속형자웅동체로는 Serranidae에 속하는 *Epineplelus aeneus*와 *E. guaza* (1975)의 두 종류로서 전중 3~9 kg일 때 난소를 가지다가 9 kg가 넘으면 정소를 가진 개체의 비율이 급증한다. Sparidae과에 속하는 *Acanthopagrus spp.* (Hakima, 1984) 또한 전자인 경우 전개체에서 수컷화가 일어난 후 암컷으로 변해가나 후자인 경우 전체가 암컷이 되었다가 그중 50 % 개체만이 수컷으로 성전환이 일어난다.

무지개송어(Takashima et al., 1980)와 뱀장어 *Anguilla japonica* (佐藤, 1962)는 생식소분

화시 각각 암·수로 분화되는 분화형자웅이체이다.

자웅이체어에서 분화형어류의 출현율은 낮고 대부분은 비분화형자웅이체이다.

대개 미분화형자웅이체는 *Cyprinus carpio* (Davies and Takashima, 1980)에서 처럼 생식소가 난소의 형태로 있다가 어느 시기에 난소 중의 50 %가 정소로 발달하는 종들이다.

이러한 발달관계로 *Tilapia zilli* (Yoshikawa and Oguri, 1978), *Brachydanio rerio* (Takahashi, 1977), *Anguilla anguilla* (Colombo et al., 1984), *Paralichthys olivaceus* (田中, 1987)의 경우처럼 부화후 40일 유어기이전에 성분화가 완료되며 성분화형태가 비교적 단순하다.

참돔의 경우 성분화발현이 부화후 7개월부터 시작되어 14개월에서야 성결정이 일어나며 20개월까지도 자웅동체형이 18%나 출현한다. 결국 이들은 유어기 및 미성어기 자웅동체어이다.

참돔의 성분화 형태는 암컷인 경우,

미분화기→유사난원세포기→유사난소기→난소 발달기

미분화기→유사난원세포기→유사난소기→난소형자웅동체기→난소발달기의 두가지로 나눌 수 있고, 수컷의 경우,

미분화기→유사난원세포기→유사난소기→정소 발달기

미분화기→유사난원세포기→유사난소기→정소형자웅동체기→정소발달기의 둘로 나눌 수 있다.

참돔 생식소의 발달과 관련된 지방체는 생식소 미분화기에서 분화기로 발달하면서 수축하며, 3년 생 참돔에서도 산란기때는 수축되어 흔적적으로 남아있다가 산란기 이후에 다시 커지는 것으로 생식소 분화·발달과 관계가 있는 것으로 추측된다.

부화후 20개월 조사개체의 18 % (7/39)가 자웅동체개체로 나타났다.

Matsuyama 등(1987)은 본 실험과 같은 위도(34°45'N)인 日本 Fukuoka(34°30'N)지역에서 채집된 만 2년어참돔 중 12.9 % (12/93)가 자웅동체로 나타난다고 보고하고 있으며, 山口(1978)

또한 2년어 자웅동체출현률을 25% (3/12)로 보고하고 있어 자웅동체출현율에 있어서는 큰 차이가 없는 것으로 판단된다.

高橋(1981)에 의하면 경골어류 성분화 초기에는 생식세포의 형태적차이가 없고 생식세포의 일부가 감수분열 전기로 들어가고 계속 비대 난모세포로 발달하여 난소로서의 특징을 나타낸다고 보고되고 있다. 참돔과 같이 생식소초기발달의 개체에서 생식세포가 집단을 이루고 있는 낭상구조의 조기출현이 암컷 분화 개시의 첫 징후가 된다.

또한 낭상구조의 출현이 암컷 분화 개시된 생식소보다 늦고 생식세포들이 적게 머무는 생식소는 장래 정소로 분화한다.

그러나 참돔은 낭상구조가 전 생식소에서 일어나 생식소 발달초기에는 난소와 같은 형태로 발달한다.

참돔의 경우 유어기 및 미성어기 생식소에서 난자형성과정이 일어나 유어기 및 미성어기인 전개체가 난소를 가진 생식소로 된다.

이들 난소조직의 퇴화는 난모세포들이 일부만 잔존하고 전부 퇴화·흡수되어 생식소는 공포상으로 되는 변화를 일으킨다. 이들 공포상조직이 장차 수컷이 된 생식소에만 생기는 것이 아니라 암컷으로 발달할 생식소에도 1차의 퇴화 및 흡수가 일어난다.

이러한 현상은 Takahashi(1977)가 *Brachydanio rerio*의 유사자웅동체 연구에서 보고한 생식소 분화와 유사하다.

*B. rerio*의 초기치어는 전개체가 난자형성과정을 시작하고 전체 생식소에는 난모세포가 발달함을 보고하고 있다.

부화후 20일까지의 모든 치어는 구조적으로 잘 발달된 난소를 가진 암컷으로 기록된다.

이후 퇴화하는 auxocyte가 출현하면서 정소조직이 나타나며 자웅동체로 된다.

자웅동체 중 어느 한 성은 점차 퇴화되며 암·수로서의 성결정이 일어난 자웅이체의 형태로 된다.

초기난모세포의 퇴화는 juvenile hermaphrodite를 가지는 어류들에게 공통된 것이지만 종에 따라 분화형태가 다양하게 나타난다.

Tilapia zilli (Yoshikawa and Oguri, 1978)의 경우 초기치어 모두가 정소조직으로 먼저 변한 다음 암·수로 분리되었으며 testis-ovary는 정상적인 난소의 난모세포와 달리 난황형성이 이루어지지 않은 비기능적 난모세포로 구성되어 있다.

Hunter and Donaldson(1983)의 호르몬에 의한 성조절과 양식에의 응용에 관한 자료를 참고하면 틸라피아, 연어, 잉어류 등의 조사된 어류들은 대부분 성분화가 부화후 수 일 내에 시작되어 1~2개월내에 종결되기 때문에 부화직후의 자어 혹은 수정란을 호르몬처 리하여 실험해 왔다.

그러나, 참돔과 같이 성분화발현 및 성결정시간이 긴 어류는 이 시기를 정확히 파악해야 한다.

또 성조절에 관여하는 여러 호르몬의 기작에 관한 연구에도 각 어종들의 정확한 성분화과정에 대한 조사가 선행되어야 한다.

요 약

부화직후 1.9 mm였던 자어는 부화후 47일경 19 mm전후로 성장하며 초기성장기 자어류들의 전장과 체중과의 관계는 $BW=4.45 \times 10^{-6} TL^{3.4718}$, $r=0.9820$ 이었다. 해상가두리의 사육개체는 최대어 전장 28.4 cm까지 성장한 개체를 사용하였고 이들 개체의 전장과 체중과의 관계는 $BW=2.36 \times 10^{-6} TL^{2.9180}$, $r=0.9971$ 이었다.

미분화된 참돔의 생식소부위는 생식소와 지방체로 구성되어 있으며 분화가 진행되어 생식소가 비후됨에 따라 지방체는 점점 수축되어 갔다.

부화후 6개월의 미분화기까지 발달한 생식소부위는 생식소와 곤봉상의 지방체로 구성되었다. 이들 생식소는 미세한 반투명상으로 생식원세포를 구별할 수 없는 미발달상태를 유지하고 있다.

부화후 7개월부터 생식소 상피조직의 발달로 생식상피를 식별할 수 있었고, 부화후 8개월 생식소는 난원세포의 발달로 성분화가 시작되었다.

이후 9개월 생식소 내강상피 전체에 초기 난모세포들이 발달하고 이들 난모세포들의 증가로 생식소내강은 난소강을 이룬다.

부화후 13개월 난모세포는 생식소전체를 채우게 되고 곧 난모세포들의 세포질붕괴가 시작된다.

15개월부터는 난소강을 중심으로 새로운 초기 난모세포들이 발달하여 난소조직으로 된다. 그리고 공포상조직은 정원세포들이 분열·증식하여 정소조직을 이루게 된다. 이후 이들은 생식소자용동체기를 지나 암·수로 성이 결정된다.

따라서 참돔은 유시자용동체 juvenile hermaphrodite이고 미분화자용이체 경골어류 undifferentiated gonochoristic teleost이었다.

생식소 자용분화상은 미분화기, 유사난원세포기, 유사난소기, 난소발달기, 정소형자용동체기, 난소형자용동체기 및 정소발달기로 구분되었다.

미분화기 생식소는 부화후부터 13개월, 전장 18 cm까지 지속되었으며, 유사난원세포기는 부화후 7~13개월, 전장 11~18 cm까지 지속되었다.

유사난소기는 부화 10~14개월, 전장 14~26 cm까지 이며, 난소발달기는 부화후 14개월, 전장 20 cm부터 시작되었다.

부화후 20개월에는 전 조사개체의 44 %가 난소였다. 난소형자용동체기는 부화후 15개월, 전장 19~20 cm부터 출현하며, 부화후 20개월, 전장 28~29 cm에서는 관찰되지 않았다.

정소형자용동체는 부화후 15개월, 전장 21~22 cm에서 첫 출현한 후 20개월까지 지속되었다.

정소발달기는 부화후 15개월, 전장 21~22 cm에서 첫 출현한 후 20개월의 39 %, 전장 28~29 cm의 33 %를 차지하였다.

50 %이상의 성분화발현은 부화후 11개월, 전장 16 cm부터였다. 성결정은 암컷이 부화후 14개월, 전장 20 cm, 수컷이 부화후 15개월, 전장 20 cm에 시작되었다. 50 %이상의 성결정은 부화후 17개월, 전장 23 cm에 일어났다.

참 고 문 헌

- Brusle, S., 1983. Contribution to the sexuality of a hermaphroditic teleost *Serranus hepatus* L. J. Fish Biol. 22 : 283-292.
Colombo, G. G., Grandi and R. Rossi, 1984.

- Gonad differentiation and growth in *Anguilla anguilla* L. J. Fish Biol., 24 : 215-228.
- Chan, S. T. H. and W. S. B. Yeung, 1983. Fish physiology IX. part B. 5. hormonal sex control and its application to fish culture. Academic Press, pp. 223-303.
- Clark, E., 1959. Functional hermaphroditism in a Serranid fish. Science, 129 : 215-216.
- Clark, E., 1965. Mating of groupers. New studies detected reveal of strip in hermaphroditic fish. Nat. Hist., N. Y. 74 : 22-25.
- Davies, Philip R. and F. Takashima, 1980. Sex differentiation in common carp, *Cyprinus carpio*. J. Tokyo Uni, Fish., 66 : 191-199.
- Fujii, T., 1971. Heraphroditism and sex reversal in fishes of the Platycephalidae-II. Jap. J. Ichthyol. 18 : 109-117.
- Hakima, R. A., 1984. Some aspects of the reproductive biology of *Acanthopagrus* spp. (Family : Sparidae) J. Fish Biol., 25 : 151-526.
- Kim, D. S., J. Y. JO, and T. Y. Lee. 1994. Induction of triploidy in mud loach (*Misgurnus mizolepis*) its effect on gonad development and growth. Aquaculture 120 : 263-270.
- Matsuyama, M., S. Matsuura, Y. Ouchi and T. Hidaka, 1987. Maturity classification and group maturity of the red sea bream *Pagrus major*. Marine biology 96 : 163-168.
- Miya, M., T. Nemoto, 1983 Protandrous sex reversal in *Cyclothone atraric*(Family Gonostomatidae). Jap. J. Ichthy., 31(4) : 438-440.
- 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. 26(2) : 99-108.
- Moyer, Jack T. and A. Nakazono, 1978. Protandrous hermaphroditism in six species of the anemonefish genus *Amphiprion* in Japan, Jap. J. Ichthyol. 35 : 101-108.
- Takahashi, H., 1977. Jevvenile hermaphroditism in the Zebrafish, *Brachydanio reio*, Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ. 28 : 57-65.
- Takashima, F., R. Pation and M. Nomura, 1980. Histological studies on the sex differentiation in Rainbow trout. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 46 : 1317-1322.
- Yamamoto, T., 1969. Fish Physiology Volume III 3. Ses differentiation Academic Press pp. 117-158.
- Yamamoto, H. and M. Oguri., 1978. Sex differentiation in a Cichlid, *Tilapia zillii*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 99 : 313-318.
- 김동수 · 이기영 · 이택열. 1990. 미꾸라지(*Misgurnus mizolepis*)의 성분화에 관한연구. 한국어류학 회지 2 : 95-105.
- 이영돈 · 이택열, 1990. 넙치, *Paralichthys olivaceus*(Temminck et Schlegel). 생식소성분화 발달. 제주대학 해양연구소 연보 14 : 61-86.
- 이영돈 · 노섭 · 장영진 · 백혜자 · 안철민, 1996. 조피볼락(*Sebastes schlegeli*)의 성분화 한국수산학회지 29(1) : 44-50.
- 이정식 · 이영돈, 1996. 태생 경골어류. 망상어(*Dirrema Temminchi*)의 초기생식소 형성 및 성분화 29 : 35-43.
- 山口正男. 1978. 돔양殖의 基礎와 實際 恒星社 厚生 閣.
- 藤井武入. 1974. コチ科 魚類における 雌雄同體性と 性轉換現象-III. 縱的分化と 性轉換 様式と 變異. 魚類學雜誌 21(2) : 92-100.
- 佐藤英雄 · 中村中六 · 日比谷京. 1962. ウナギの 生殖線の 成熟に 關す 研究-I. 性分化 あよび 生殖線の 成熟過程. 日水誌 28 : 579-582.
- 青山 雄 · 北島忠弘 · 水江 一弘, 1963 イネゴチ *Cociella crocodila*(TILESIVS) 性轉換 西海區研究所 研究業績 159號 13-34.
- 陸島史夫 · 會田 美. 1984. 性分化とホルモン. 5. 魚類の 性分化とホルモン. 77-98. 日本比較内分泌學會編. 學會出版.
- 中授明信, 1979. 日本産 ベラ科 魚類 5種の 性轉換と 産卵行動に 關する 研究. 九州大學農學部 附屬水産試驗所報告 4 : 1-64.
- 清水稔 · 高橋裕哉 1980. 이코요 *Gasterosteus aculeatus* L. 의 生殖巢 あよび 生殖輸管의 性分化過程. 北大水産彙報 31(2) : 137-148.
- 高橋裕哉 1981. 性分化と 性轉換-魚類 · 兩生類. 23-58. 日本比較内分泌學會編. 學會出版.
- 田中秀樹. 1987. ヒラメの 生殖線の 性分化過程. 養殖研究所 研究 報告 11 : 7-20.
- 田中秀樹. 1987. ヒラメ의 生殖線의 性分化に 及ぼす 에스트라ジオ-르-17β의 影響. 養殖研究所 研究報告 13 : 17-23.

PLATE I

- [Plate I -1] Early growth of red sea bream.
- [Plate I -1] Newly hatched red sea bream.
- [Plate I -3] Cross section of newly hatched red sea bream.
- [Plate I -4] Cross section of red sea bream, 2 days after hatching.
- [Plate I -5] Cross section of abdominal region of red sea bream, 3 days after hatching.
- [Plate I -6] Cross section of abdominal region of red sea bream, 6 days after hatching.
- [Plate I -7] Cross section of abdominal region of red sea bream, 8 days after hatching.
- [Plate I -8] Magnification of yolk like-cell of Plate I -7.

PLATE II

- [Plate II -1] Cross section of abdominal region of red sea bream, 15 days after hatching.
- [Plate II -2] Cross section abdominal region of red sea bream, 33 days after hatching.
- [Plate II -3] Cross section abdominal region of red sea bream, 6 months after hatching.
- [Plate II -4] Cross section of fat body of gonadal region, of red sea bream 6 months after hatching.
- [Plate II -5] Recognized lipid in fat body of gonadal region of red sea bream by sudan III stain.
- [Plate II -6] Section of gonad of red sea bream, 6 months after hatching.
- [Plate II -7] Cross section of gonad of red sea bream, 7 months after hatching, 112mm in total length.
- [Plate II -8] Cross section of red sea bream, 8 months after hatching.

PLATE III

- [Plate III -1] Magnification of plate II-8, showing the oogonia in surface of geminal epithelium.
- [Plate III -2] Showing the oogonia in most part of gonad of red sea bream.
- [Plate III -3] Early oocyte present in surface of geminal epithelium of red sea bream.
- [Plate III -4] Development of simple cuboidal epithelium in the gonad of red sea bream.
- [Plate III -5] Section of gonad of red sea bream, the section showing blood vessel and early oocyte.
- [Plate III -6] Section of gonad of red sea bream, denote the basophilic cytoplasm in oocyte.
- [Plate III -7] Cross Section of gonad of red sea bream, 12months after hatching.
- [Plate III -8] Section of gonad of red sea bream, denote the early oocyte at dosal part in geminal epithelium.

PLATE IV

- [Plate IV-1] Section of gonad of red sea bream, denote the early oocyte at abdominal part in germinal epithelium.
- [Plate IV-2] Oocyte of red sea bream, formation of ovarian cavity.
- [Plate IV-3] Section of gonad of red sea bream showing the degeneration of oocyte, 13 months after hatching.
- [Plate IV-4] Section of gonad of red sea bream after degeneration of oocyte.
- [Plate IV-5] Section of gonad of red sea bream, 14 months after hatching.
- [Plate IV-6] Section of gonad of red sea bream, 15 months after hatching. Oocyte reappear along the ovarian cavity.
- [Plate IV-7] Section of gonad of red sea bream, denote the appearance of spermatogonia.
- [Plate IV-8] Section of gonad of red sea bream, denote rearrangement of ovarian part and development of testicular part.

PLATE V

- [Plate V-1] Section of gonad of red sea bream, 13 months after hatching(young hermaphroditic gonad).
- [Plate V-2] Testis of red sea bream with degenerating oocyte.
- [Plate V-3] Ovary of red sea bream, with degenerating testicular part.
- [Plate V-4] Development of ovary of red sea bream after sex determination.

Note) AO : Aorta, BV : Blood vessel, DEOP : Degeneration ovarian part, DETP : Degenerative testicular part, GC : Gonadal cavity, GE : Germinal epithelium, IN : Intestine, LI : Liver, NO : Notochord, NU : Nucleus, NUO : Nucleolus, OC : Ovarian cavity, OOG : Oogonia, OV : Ovary, OVP : Ovarian part, SC : Spinal cavity, SG : Spermatogonia, TE : Testis, TEP : Testicular part, VA : Vacuole

PLATE I

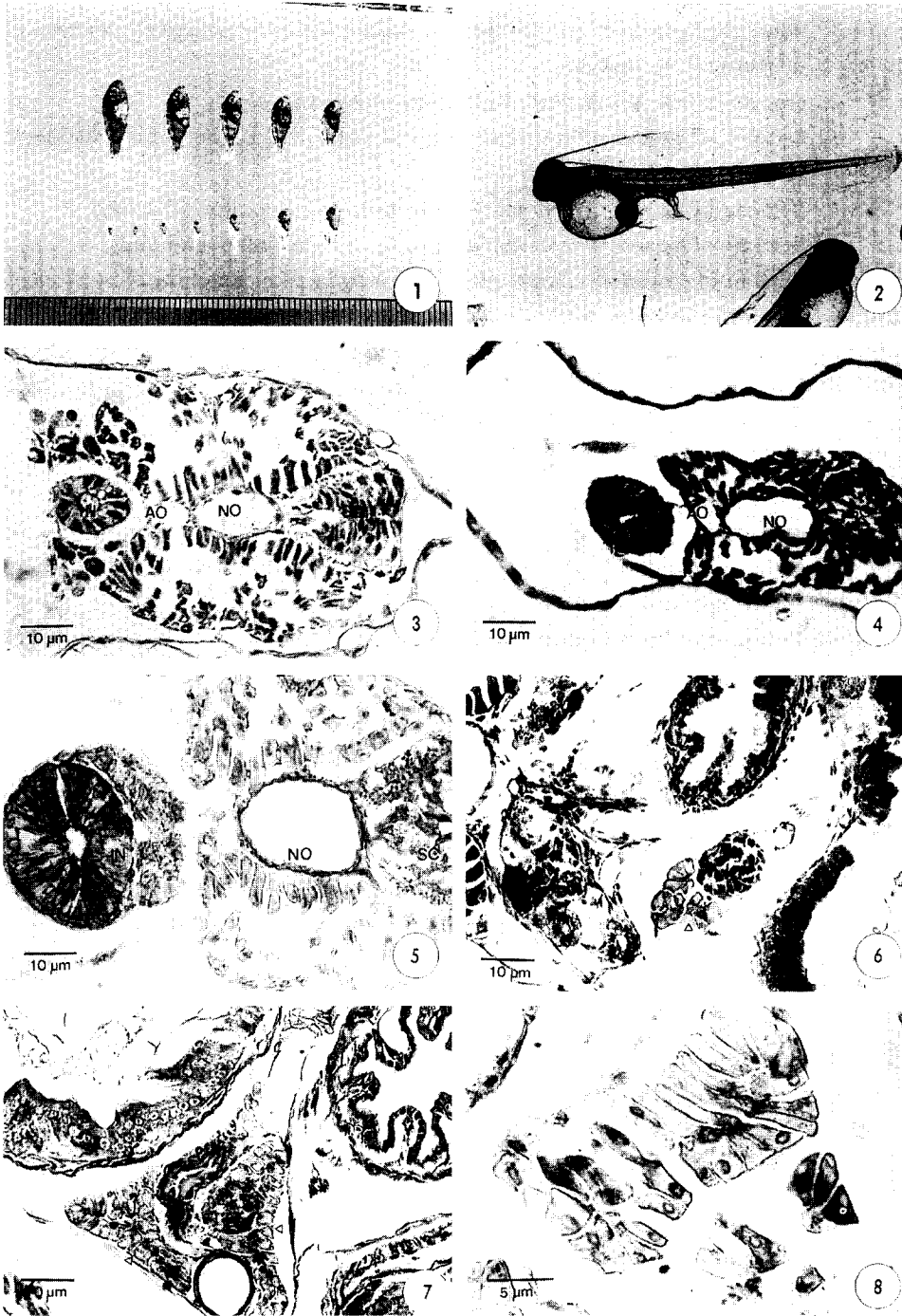


PLATE II

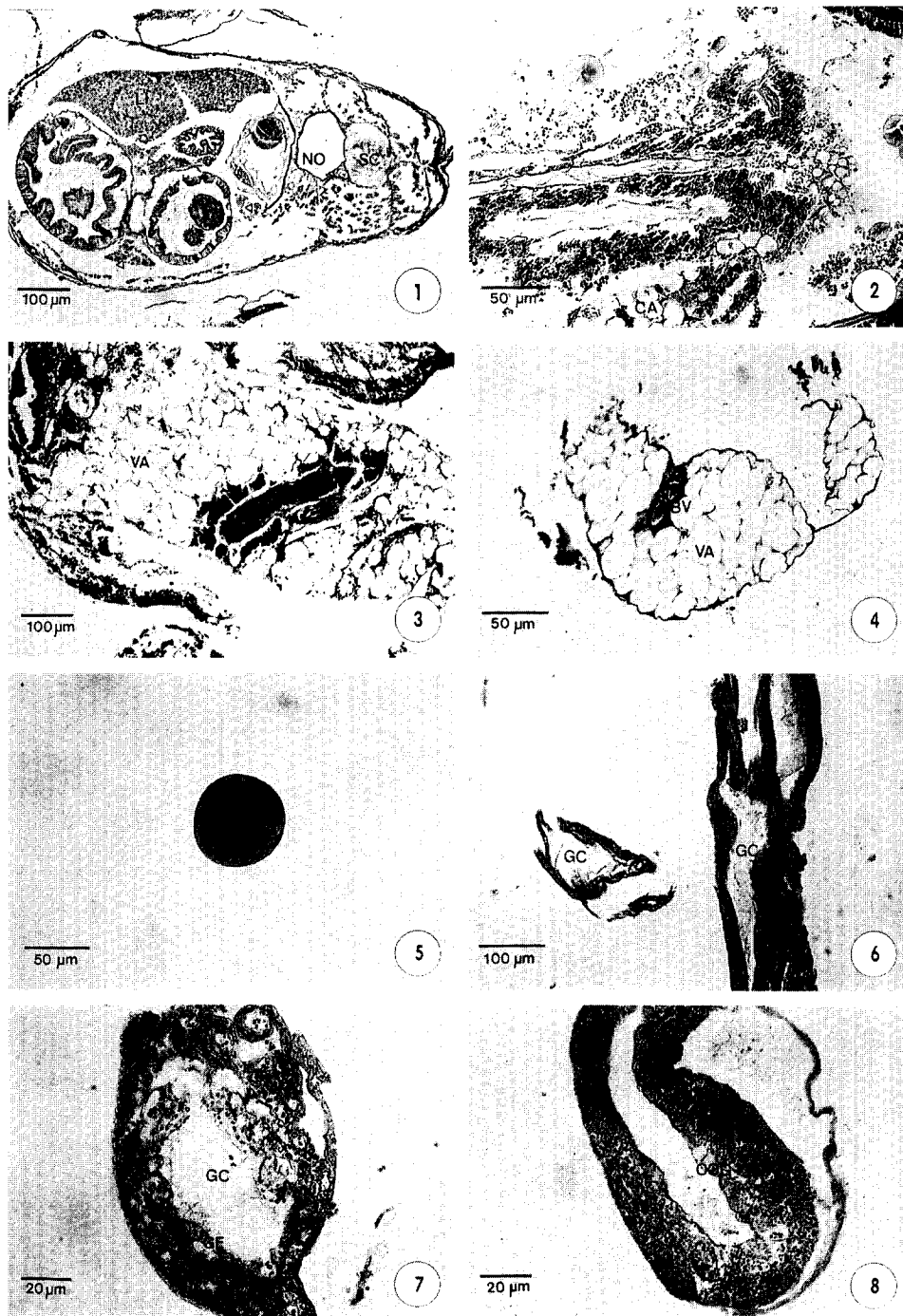


PLATE III

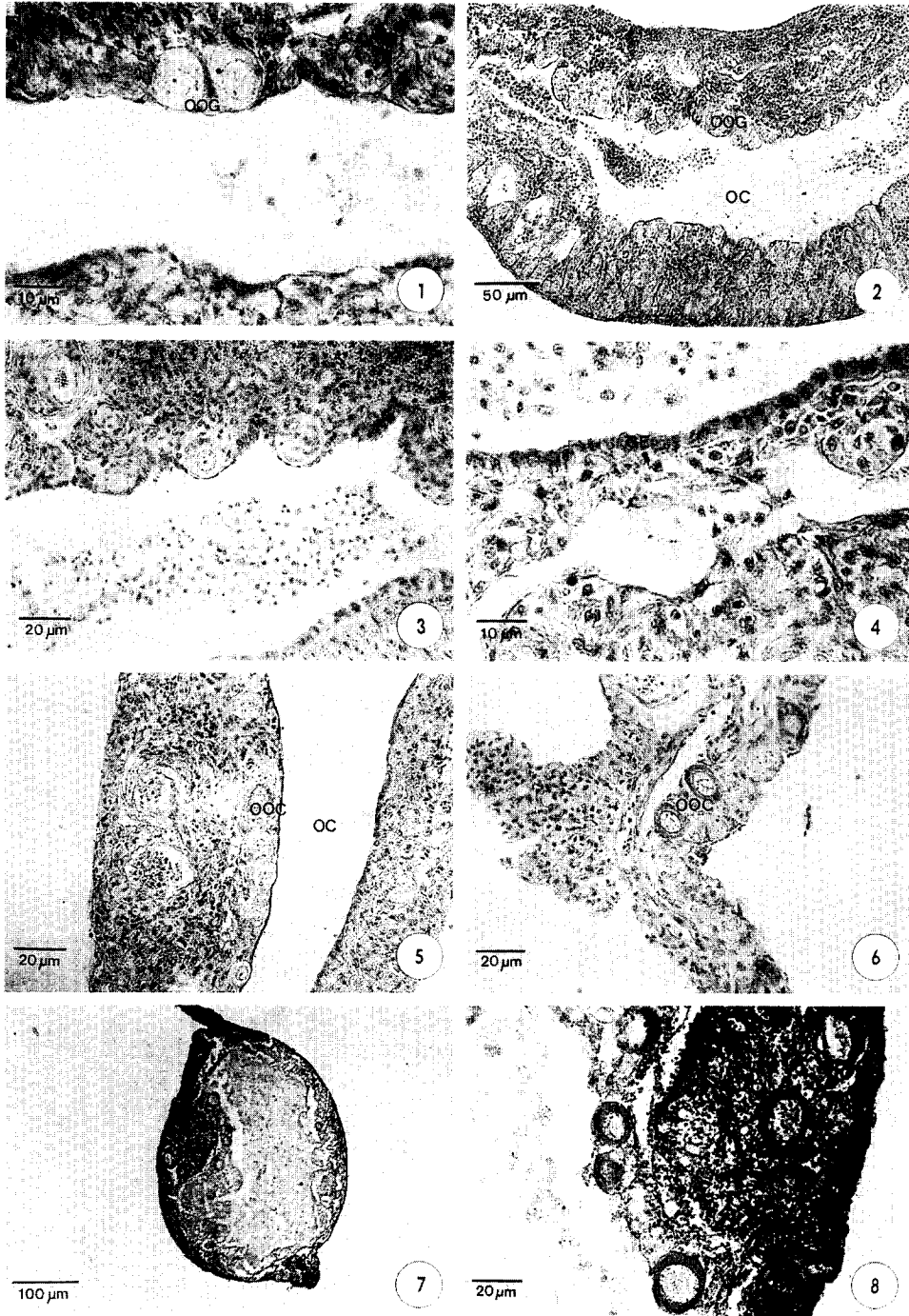


PLATE IV

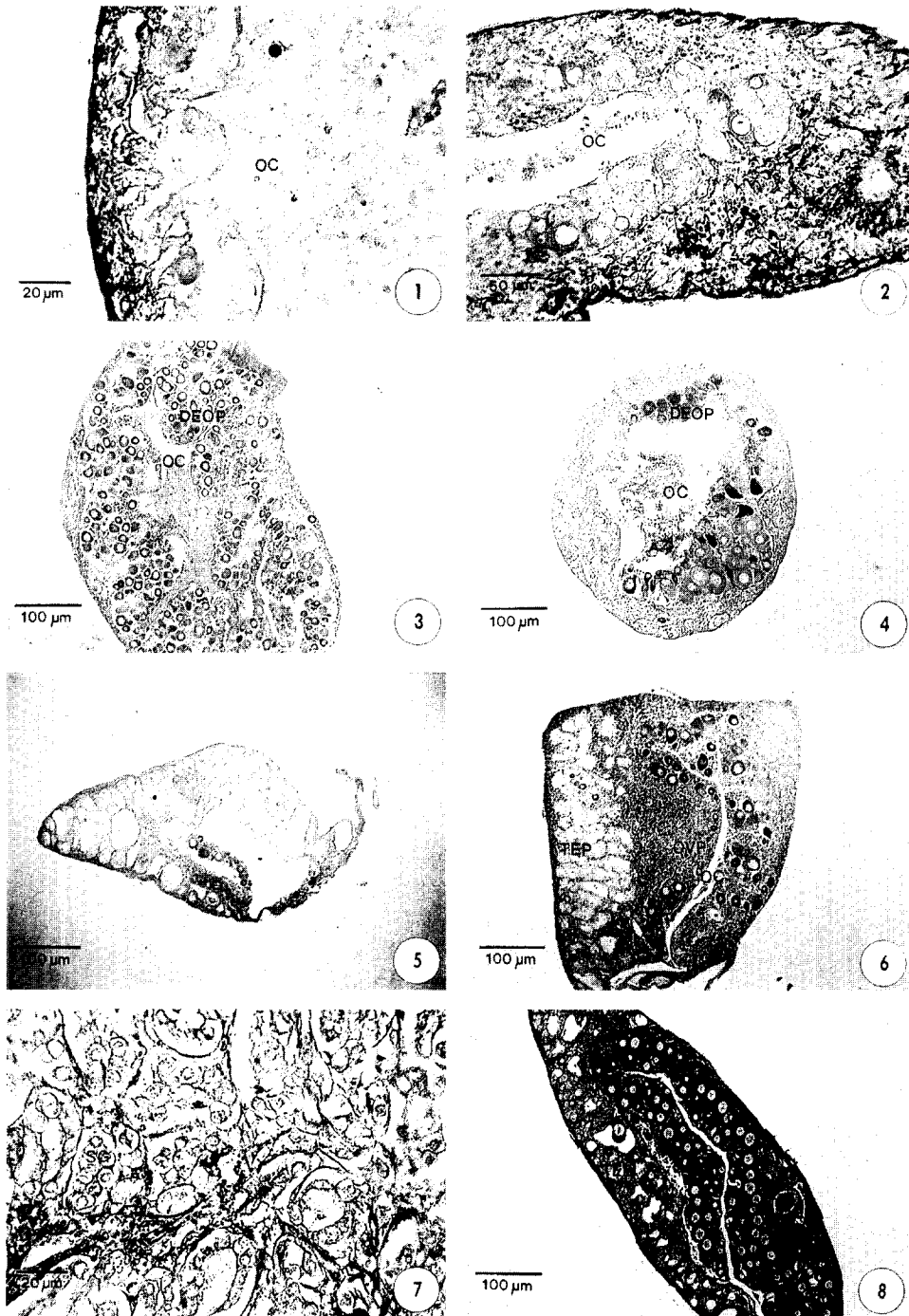


PLATE V

