

점농어, *Lateolabrax maculatus*의 성 성숙에 관한 연구

김성연⁺ · 방인철* · 노용길** · 김종현**
국립수산진흥원 양식개발과, *순천향대학교 해양생명공학과
**국립수산진흥원 남해수산연구소

Studies on Sexual Maturation of Spotted Sea Bass, *Lateolabrax maculatus*

Sung-Yeon KIM⁺, In Chul BANG*, Young-Gil RHO** and Jong-Hyun KIM**
Aquaculture Division, National Fisheries Research and Development Institute, Pusan 619-902, Korea
*Department of Marine Biotechnology, Soonchunhyang University, Chungnam 336-745, Korea
**South Sea Regional Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and Development Institute, Yosu 556-820, Korea

The gametogenesis, reproductive cycle, frequency distribution of egg diameter and fecundity of spotted sea bass *Lateolabrax maculatus* were investigated by histological observation. The samples were collected at Goheung, Jeonam from December 1996 to November 1997. Gonadosomatic index (GSI) was appeared less than 1.0 in female and male from December to July and began to increase from August and reached the maximum values of female 7.50 and male 2.98 in October. Hepatosomatic index (HSI) was appeared annual maximum value of female 1.97 and male 1.64 in March and then decreased from April. The annual reproductive cycle of this species can be divided into four successive stages: growing stage (July to August), maturation stage (September to October), ripe and spawning stage (October to November) and degeneration and resting stage (November to July). According to the frequency distribution of egg diameter, the development mode of egg was not seperated, formed one mode for the maturation and spawning season. The individual absolute fecundity ranges from 1,726,242~17,822,576 eggs, and individual relative fecundity ranges from 29,458~214,730 eggs in total length (cm) and 938~3,363 eggs in body weight (g). Female and male of *L. maculatus* were matured when total length were over 50.1 and 45.1 cm, respectively.

Key words: *Lateolabrax maculatus*, Maturation, Reproductive cycle, Fecundity

서 론

우리나라에 분포하는 농어류는 농어목 (Perciformes) 농어과 (Moronidae)에 속하며, 우리나라 남해안의 목포 및 고흥을 중심으로 어획되고 채표면에 점이 있는 점농어, *Lateolabrax maculatus*와 남해 및 여수를 중심으로 어획되고 채표면에 점이 없는 농어, *Lateolabrax japonicus*로 나눌 수 있으며 (Kang, 2000; Yokogawa and Seki, 1995), 최대 크기가 100 cm 이상인 유용 자원이다 (Chyung, 1977). 이 중 점농어는 농어에 비해서 성장이 빠르고, 형태적으로 선호도가 높으며 옛부터 고급 횡감 등으로 이용되고 있다. 그러나 연간 양식 생산량이 200톤 전후로 전체 양식 생산량의 약 2%에 머물러 국내 수요를 충족시키지 못하고 있는 실정이다.

점농어 양식은 지금까지 자연 채포된 천연 종묘에 의존하여 왔지만, 1990년대에 이르러 인공 채란에 의한 종묘 생산이 시작되었으나, 매년 공급이 부족한 실정이다. 따라서 점농어의 안정적인 인공종묘 생산은 넘치나 조피볼락 중심의 양식에서 탈피하여 종의 다양화를 추구할 수 있으며, 서·남해안의 염전이나 간석지를 이용한 양식도 가능하여 어민 소득 증대에 기여할 것으로 생각된다. 그러나 점농어는 성숙과 산란 기간이 짧아 해황 등으로 채란 시기를 놓치기 쉽고, 고가어종인 관계로 많은 채란 비용이 소요될 뿐

아니라, 실내 수조에서의 자연 산란이 어려워 완전 양식에 의한 안정적인 종묘 생산이 시급한 실정이다. 따라서 현재 상업적으로 중요한 점농어의 번식기구 조절에 의한 양질의 수정란 확보는 양식 어업인들에게 매우 중요한 과제이다.

농어류에 대한 연구는 형태 및 분류에 대하여 Kang (2000), Park et al. (1996), Yokogawa and Tajima (1996), Yokogawa and Seki (1995)의 보고가 있으며 종묘 생산 및 성장에 대해서는 Lee et al. (1988), Sun et al. (1994), Zheng et al. (1993) 등의 보고가 있으나, 생식·생태 등에 관한 연구는 거의 찾아보기 힘든 실정이다.

점농어의 완전 양식을 위해서는 수조 내에서 자연 산란과 인위적인 수정란 확보 기술이 우선되어야 하며, 이를 위해서는 대상 종의 생식·생태적 특성에 대한 기초 연구가 선행되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 점농어의 안정적인 인공종묘 생산을 위해 점농어 생식·생태에 관한 기초 자료를 얻고자 생식소중량지수 및 간중량지수의 연간 변화, 생식세포 발달과정, 생식주기 그리고 난경 조성, 포란수 그리고 군 성숙도 등을 조사하였다.

재료 및 방법

1. 실험어

1996년 12월에서 1997년 11월까지 전남 고흥군 일원 해역에서 매월 1~3 kg의 자연산 친어를 대상으로 전장, 체장 및 체고는 0.1 cm 그리고 어체, 내장, 간 및 생식소 무게는 0.1 g까지 측정하였다.

⁺Corresponding author: sykim@nfrda.re.kr

2. 생식소중량지수 (GSI)와 간중량지수 (HSI)

생식소 성숙 상태의 월별 변화를 조사하기 위하여 생식소중량지수 (Gonadosomatic index)와 간중량지수 (Hepatosomatic index)는 아래의 식으로 각각 산출하였다.

$$\text{Gonadosomatic index (GSI)} = (\text{생식소 중량} \times 100) / (\text{체중})$$

$$\text{Hepatosomatic index (HSI)} = (\text{간 중량} \times 100) / (\text{체중})$$

3. 생식소의 조직학적 관찰

생식소의 구조 및 생식세포의 발달과정 그리고 생식주기를 조사하기 위하여 매일 적출된 생식소를 고정액인 Bouin's 용액에 고정한 후 상법인 paraffin 절편법에 의하여 4~6 μm의 두께로 연속 절편을 만들었고, Haematoxyline-Eosin 이중 염색과 Mallory 삼중 염색으로 표본을 만든 후 광학 현미경 하에서 관찰하였다.

4. 난경 조성 및 포란수 조사

난경 조성 및 포란수 조사에는 성장기에서 산란기에 이르는 8~11월의 개체 중 성숙한 개체의 난소만을 이용하였다. 난의 분리를 촉진하기 위하여 중량을 계측한 생식소 조각을 개량 Gilson 용액 (Love and Westphal, 1981)에 넣고 60~70℃의 온도를 유지하면서 6일간 매 시간마다 흔들어 주었고, 분리되지 않은 난들은 해부침으로 분리한 다음 다시 24시간 보존하여 완전히 분리시켰다. 분리된 난들은 난경 크기별로 구분 계수하여 난경을 조사하였고, 포란수 계산은 Begenal and Braum (1978)의 습중량법을 사용하였다. 상대포란수는 조사된 개체별 포란수를 해당 어체의 전장 및 체중으로 각각 나누어 산출하였다.

5. 환경 조사

1996년 12월부터 1997년 11월까지 점농어가 주로 어획되는 전남 고흥의 녹동 연안 수온을 매일 조사하였고, 광주기는 기상대 자료를 이용하여 조사 비교 분석하였다.

결 과

1. 생식소중량지수의 연간 변화

생식소중량지수 (GSI) 연간 변화와 채집 지역의 수온 및 일장주기를 조사한 결과는 Fig. 1에 나타내었다.

암컷의 GSI는 시험 개시기인 12월에 0.90의 값을 보인 후, 1월부터 7월까지도 0.42 이하의 값을 계속 유지하였다. 이후 9월에 1.13으로 크게 증가하기 시작하여 10월 7.50으로 연중 최고 값을 보이고, 11월에는 2.09까지 크게 감소하였다. 수컷의 경우도 시험 개시기인 12월은 0.31의 값을 보였으며, 8월까지도 0.22 이하의 낮은 값을 계속 유지하였다. 이후 9월에 1.10으로 상승하기 시작하여 10월에는 2.98로 연중 최고 값을 보인 후, 11월 1.98로 감소하여 암컷과 유사한 변화상을 나타내었다.

점농어의 채집 지역인 전남 고흥의 수온은 8월에 25.1℃로 연중 최고 수온을 나타내었으며, 이후 서서히 감소하여 GSI가 최고 값을 보이는 10월에는 19.7℃를 나타내었으며 연중 최저 수온은 2월

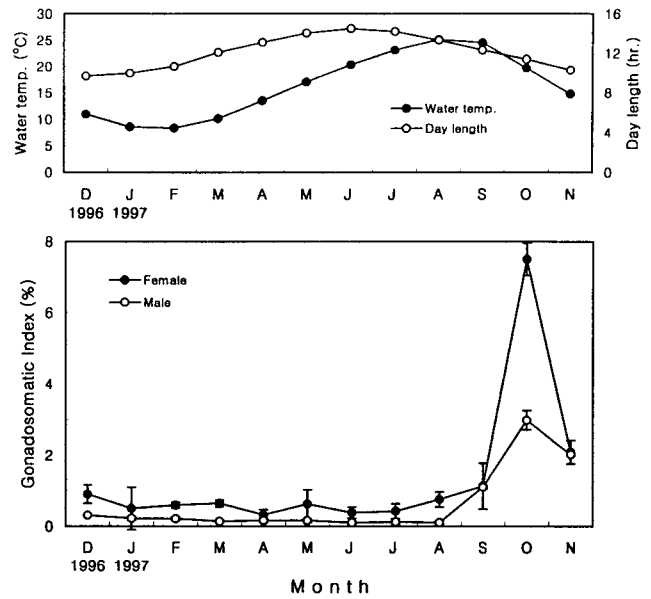


Fig. 1. Monthly variations of water temperature and day length at Goheung and gonadosomatic index (GSI) in the spotted sea bass, *Lateolabrax maculatus*.

에 8.4℃를 나타내었다. 일장은 6월에 14.5시간으로 연중 가장 긴 일장주기를 나타내었고, 이후 점차 감소하여 10월에는 11.4시간을 보인 후 12월에 9.7시간으로 감소하여 가장 짧은 일장주기를 나타내었다.

2. 간중량지수의 연간 변화

간중량지수 (HSI)의 연간 변화를 조사한 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 암컷의 경우 HSI는 시험개시기인 12월에 1.14에서 계속 증가하여 3월 1.97로 연중 최고 값을 나타내었다. 이후 계속 감소하여 7월에 1.03으로 연중 최저 값을 보였으며, 8월부터 서서히 증가하다 10월에 1.59의 작은 피크를 보이고 11월 다시 감소하였다. 수컷은 시험개시기인 12월에 1.05의 값을 보인 후 서서히 증가하여 3월 1.64로 연중 최고 값을 나타내었다. 이후 4월부터 감

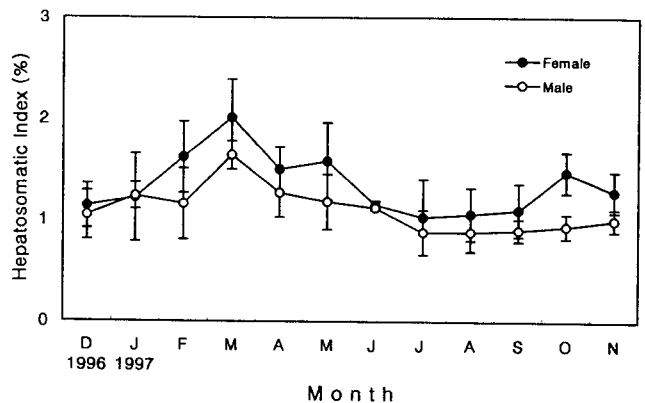


Fig. 2. Monthly variation of hepatosomatic index (HSI) in the spotted sea bass, *Lateolabrax maculatus*.

소하여 7월에 0.88로 연중 최저 값을 보인 후, 11월 1.00까지 서서히 증가하였다.

3. 생식소의 조직학적 관찰

1) 난소 발달 과정

난소는 난상형으로 복강 배측 후방부에 좌우 1쌍이 위치하며, 좌·우의 난소는 복강의 최 후단부에서 서로 합쳐지면서 요관과 연결되고 다시 비뇨 생식공으로 개구되었다.

초기 성장기 난소는 섬유성 결합조직을 따라 형성된 많은 난소 소엽으로 구성되어 있고, 이들 소엽 상피를 따라 난경 120~140 μm 전후의 초기 난모세포들이 배열되어 있다 (Fig. 3-a). 이들 초기 난모세포에서 활성이 개시되어 성장 초기에 있는 난모세포들은 세포질의 비후 발달로 난경이 170~200 μm 까지 성장하고, 핵막 주변에는 다수의 인이 관찰된다 (Fig. 3-b). 성장이 계속되어 난경이 250 μm 전후에 달하면 세포질 피질층으로부터 공포상의 난황포가 형성되고, 난막 외층에는 단층의 여포세포가 발달하기 시작한다 (Fig. 3-c).

이후 난황포에는 난황물질이 축적되면서 세포질 피질층으로부터 난황구가 관찰되기 시작하고 세포질 외층에는 호산성의 염색성을 보이는 방사선대가 발달 관찰되기 시작하는데, 이때의 난경은 300~350 μm 에 달하게 된다 (Fig. 3-d).

난경이 450 μm 전후로 되면서 난 세포질에는 난황구가 가득 차게 되고 호산성의 염색성을 보이는 방사선대도 잘 관찰된다 (Fig. 3-e). 이후 난경이 550 μm 전후에 도달하면서 일부 난황구들이 서로 융합되면서 큰 난황구로 발달되며, 세포질 내에는 드물게 공포상의 유구도 관찰되기 시작한다. 그리고 세포질 중앙에 위치한 핵도 핵막의 붕괴와 함께 동물극으로 이동을 시작한다 (Fig. 3-f).

난경이 600~650 μm 전후에 도달하여 완숙난으로 발달한 난모세포는 배포가 소실되면서 세포질과 정확한 구분이 어렵게 되고, 난황구는 서로 융합되어 큰 난황괴를 형성하고 또한 서로 균질화되며, 이들 사이로 다수의 유구들도 관찰된다 (Fig. 3-g).

배란과 방란이 일어난 난소에서는 난경 600 μm 이상의 완숙난들은 거의 산란되고 잔존여포와 소수 미 산란된 성숙난들이 퇴화 위축되면서 난소 내강에는 빈 공간이 많이 발견된다 (Fig. 3-h).

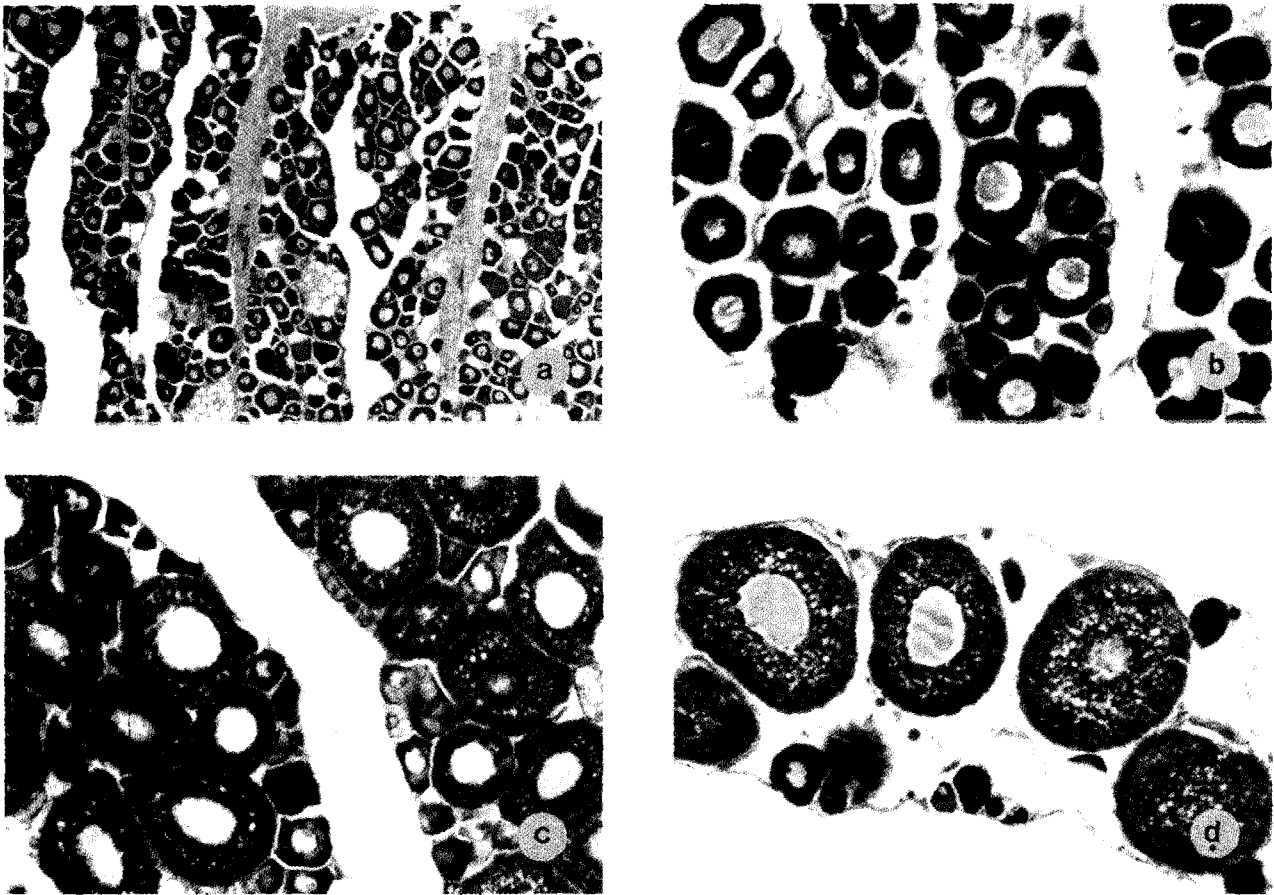


Fig. 3. Microphotographs of ovary development phases of the spotted sea bass, *Lateolabrax maculatus*. a. Transverse section of ovary in the resting stage; b. Section of ovary in the early growing stage; c. Section of growing oocytes. Note yolk vesicles in corticle layers of growing oocytes; d. Section of late growing oocytes. Note small yolk materials accumulated in yolk vesicles from corticle layers of cytoplasm.

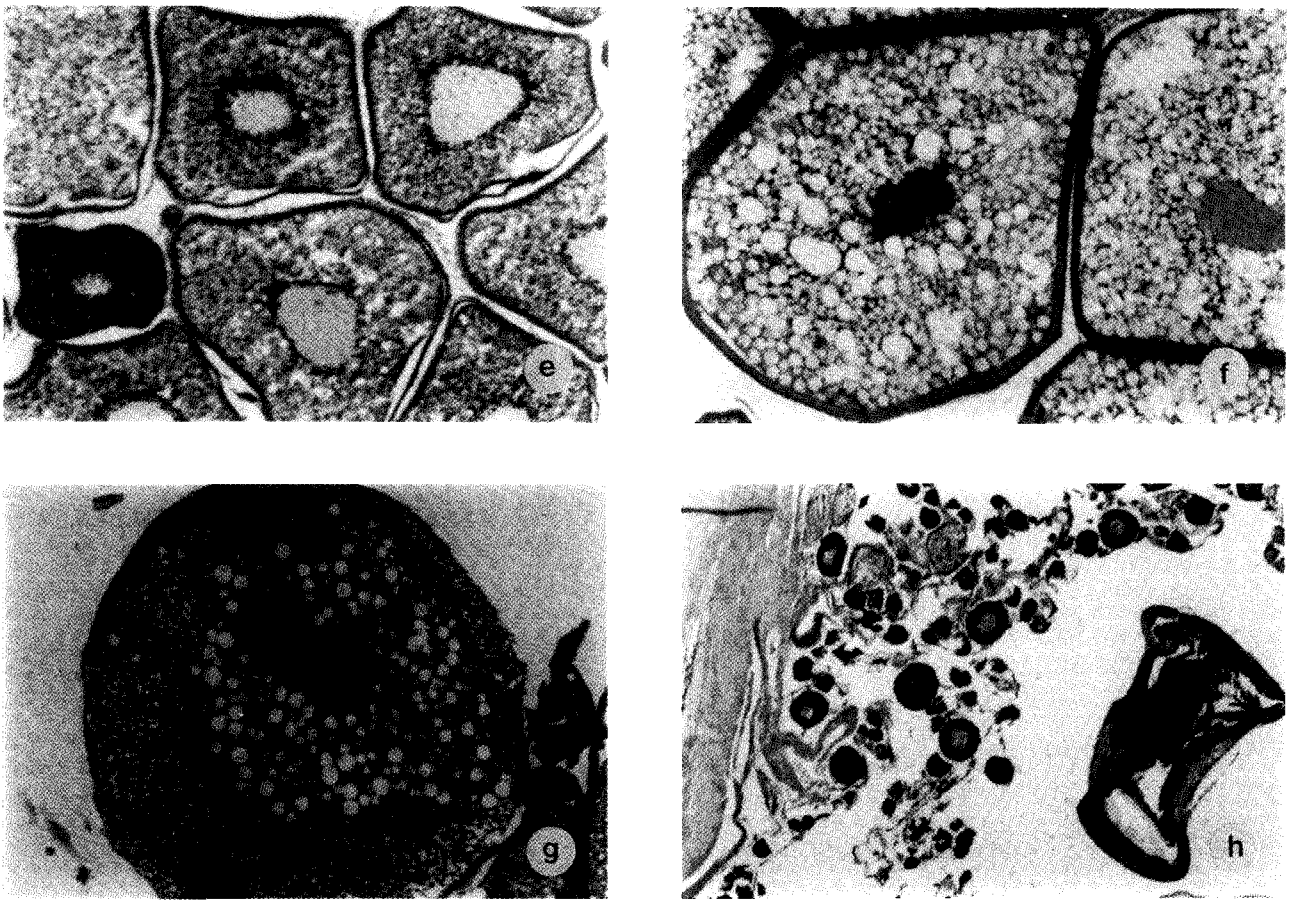


Fig. 3. Continued. e. Section of ovary in the mature stage; f. Section of mature oocyte. Note oocyte filled with yolk globules and well developed zona radiata; g. Section of ripe oocytes. Note nucleus migrating toward the animal pole, yolk globules fused and oil globules in cytoplasm; h. Section of spent ovary. Note the presence of a undischarged ripe egg and empty follicle cells in the ovarian lumen.

2) 정소 발달 과정

정소도 긴 엽상형으로 난소와 마찬가지로 복강 배측 후방부에 좌우 1쌍이 위치하며, 복강 최 후단부에서 좌·우 정소가 합쳐진 후 요관과 연결되고 다시 비뇨 생식공으로 개구되었다.

휴지기 정소의 각 소엽들 주변에는 간층직 조직들이 잘 발달해 있고, 각 소엽들의 내강은 빈 공간으로 관찰된다 (Fig. 4-a). 초기 성장기의 정소에서는 정소소엽 상피를 따라 정원세포들이 분열 증식하여 그 수를 늘려가고 있으며, 소수 정모세포로 발달하고 있다 (Fig. 4-b).

정소가 성장하면서 각 소엽간의 격막은 얇아지고 간층직 세포들도 점차 소실되며, 빈 공간으로 존재하던 소엽 내강에는 성장 발달된 정모세포와 정세포가 가득차게 된다 (Fig. 4-c).

성숙된 정소에서는 계속된 정소의 비후 발달로 각 소엽간 격막이 아주 얇아지며, 소엽내에는 정세포로부터 변태 성숙된 완숙 정자들로 가득 차게 된다 (Fig. 4-d). 완숙 정소는 계속적인 발달로 인하여 각 소엽내에는 완숙 정자들로 가득차게 되며 (Fig. 4-e), 이때의 정소는 약간의 외부 압력에도 정자가 외부로 흘러나올 정도로 완숙된 정자들이 각 소엽내 충만해 있다.

방정기에는 정소 소엽 내강과 수정관에 밀집된 완숙 정자들이 방정으로 인하여 그 수가 감소되어, 소엽 내강은 허술해지고, 정소 자체도 크게 위축된다 (Fig. 4-f). 이후 각 정소 소엽내 미 방출된 정자들이 차츰 퇴화 흡수되면서 소엽 상피조직들도 다시 비후되고, 간층직 세포들의 발달도 관찰된다 (Fig. 4-g). 휴지기에 접어든 정소는 소엽 상피가 두터워지고 소엽 내강에는 미 방출된 정자들이 모두 퇴화 흡수되어 관찰되지 않으며 소엽 자체도 크게 위축된 상태를 유지하였다 (Fig. 4-h).

4. 생식주기 조사

생식소 발달의 조직학적 조사와 생식소 중량지수의 연간 변화를 종합하여 본 결과, 점농어의 생식주기는 성장기, 성숙기, 완숙 및 산란기 그리고 퇴화 및 휴지기의 연속적인 주기로 구분할 수 있었다 (Fig. 5).

1) 성장기

7~8월부터 일부 개체들의 난소와 정소가 활성화되기 시작하여, 난소내에는 난경 150~200 μm의 주변 인기에 속하는 초기 난포

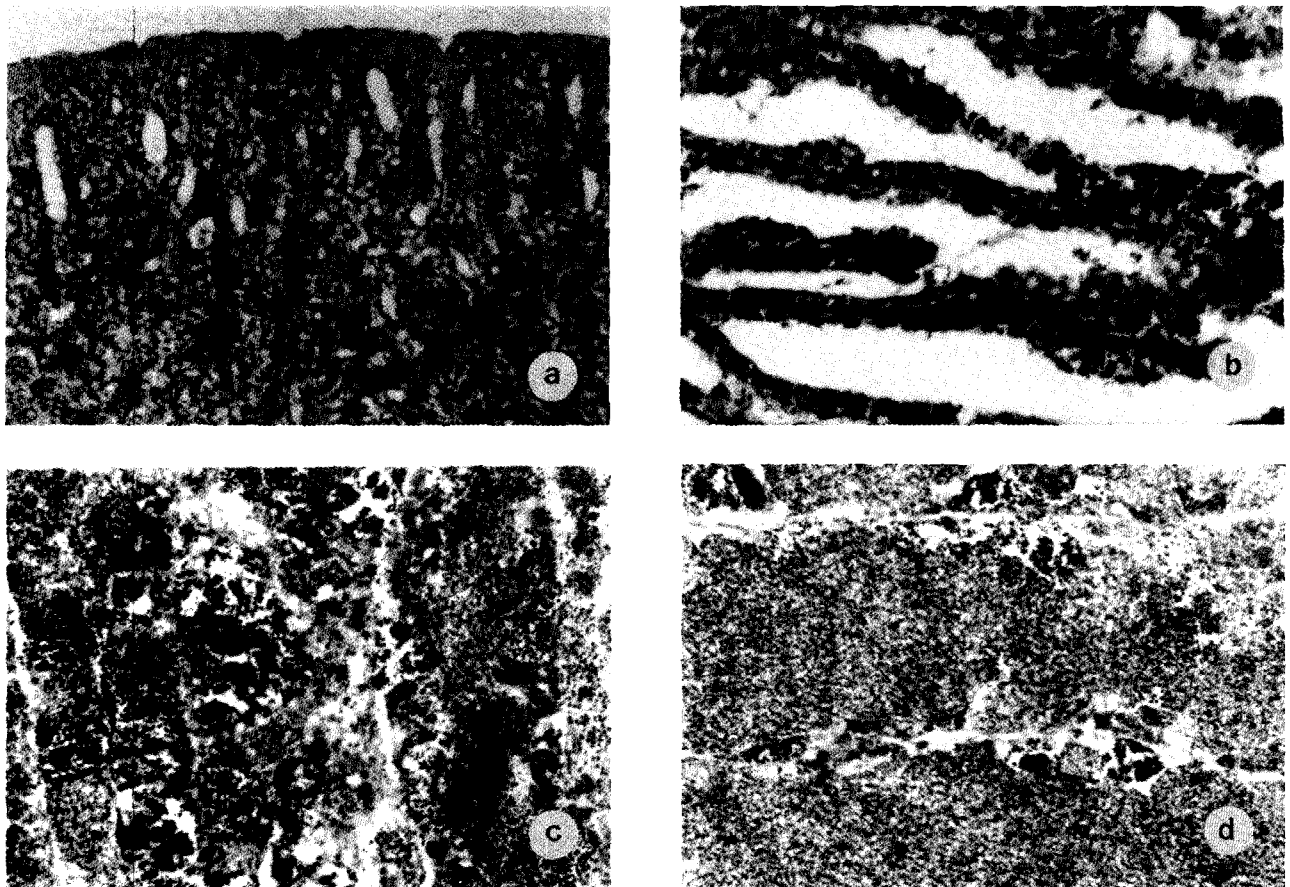


Fig. 4. Microphotographs of testis development phases of spotted sea bass, *Lateolabrax maculatus*. a. Transverse section of testis in the resting stage; b. Section of testis in the early growing stage. Note spermatogonia appear along the germinal epithelium of testicular lobuli; c. Section of growing testis. Note the testicular lobule composed of many spermatocytes and spermatids; d. Section of testis in mature stage. Note many spermatozoa appeared and filled in the testicular lobuli.

세포들이 성장 발달을 계속하고, 정소에서는 정모세포들의 성장 발달이 활발해져 정세포들도 다수 출현하는 성장기에 접어들다. 이들 성장기의 개체들은 8월에 가장 많이 출현하였고 9월에도 소수 관찰되었다.

2) 성숙기

9월부터 접어들면서 난소내 각 소낭에는 난경이 300~400 μm 전후의 성숙된 난모세포들이 가득차게 되는데, 이들 성숙 난모세포들의 세포질에는 다수의 난황물질이 축적되고 핵은 핵막이 일부 붕괴되면서 응축된다. 그리고 난소 자체도 크게 비후되면서 GSI 값도 크게 상승하였다. 수컷의 경우도 정소 소엽의 상피가 얇아지고 정소 소엽내에는 변태 중인 정세포와 완숙 정자들이 나타나기 시작하여 10월에는 거의 완숙 정자들로 가득 채워진다.

3) 완숙 및 산란기

10월에 접어들면서 생식은 완숙기에 접어들게 되는데 암컷은 난소 소엽내에 난경 550~650 μm 전후의 핵막이 소실되고 난황구들이 일부 서로 융합되어 투명화되는 완숙난들로 가득차게 된다. 정소의 각 소엽내에는 변태를 마친 정자들로 가득차게 된다. 이들

완숙 개체들은 10월 중·하순에서 11월 초순 사이에 거의 방란·방정에 참여하여 생식시기를 마치는 것으로 나타났다.

4) 퇴화 및 휴지기

11월부터 미 방출된 난모세포와 정자들의 퇴화·흡수가 일어나면서 생식은 급격히 위축되어 가며, GSI 값도 암컷과 수컷 모두에서 큰 폭으로 감소하였다. 난소에서는 성숙 난모세포들이 모두 퇴화 흡수되고 난경 150 μm 이하의 초기 난모세포들만이 소엽 상피를 따라 재 배열된 채 성장기 전인 7월까지 긴 휴지기를 가진다. 정소 역시 미 방출된 정자들이 서서히 퇴화·흡수되면서 정소 자체도 크게 위축되어 가며, 정소의 소엽 상피는 점차 두터워지고 내부에는 간충직 세포들 사이로 소수 정원세포들이 재 배치되면서 휴지기를 가진다.

5. 난경 조성

접어들어 산란기간 중 방란 횟수를 알아보기 위하여 8월의 성장기부터 11월 산란기까지의 암컷 개체들을 대상으로 월별 난소내 발달중인 난모세포들의 난경 조성을 조사한 결과는 Fig. 6과 같다.

8월 하순 GSI가 0.82인 성장기 개체에서는 난경이 250 μm 전후

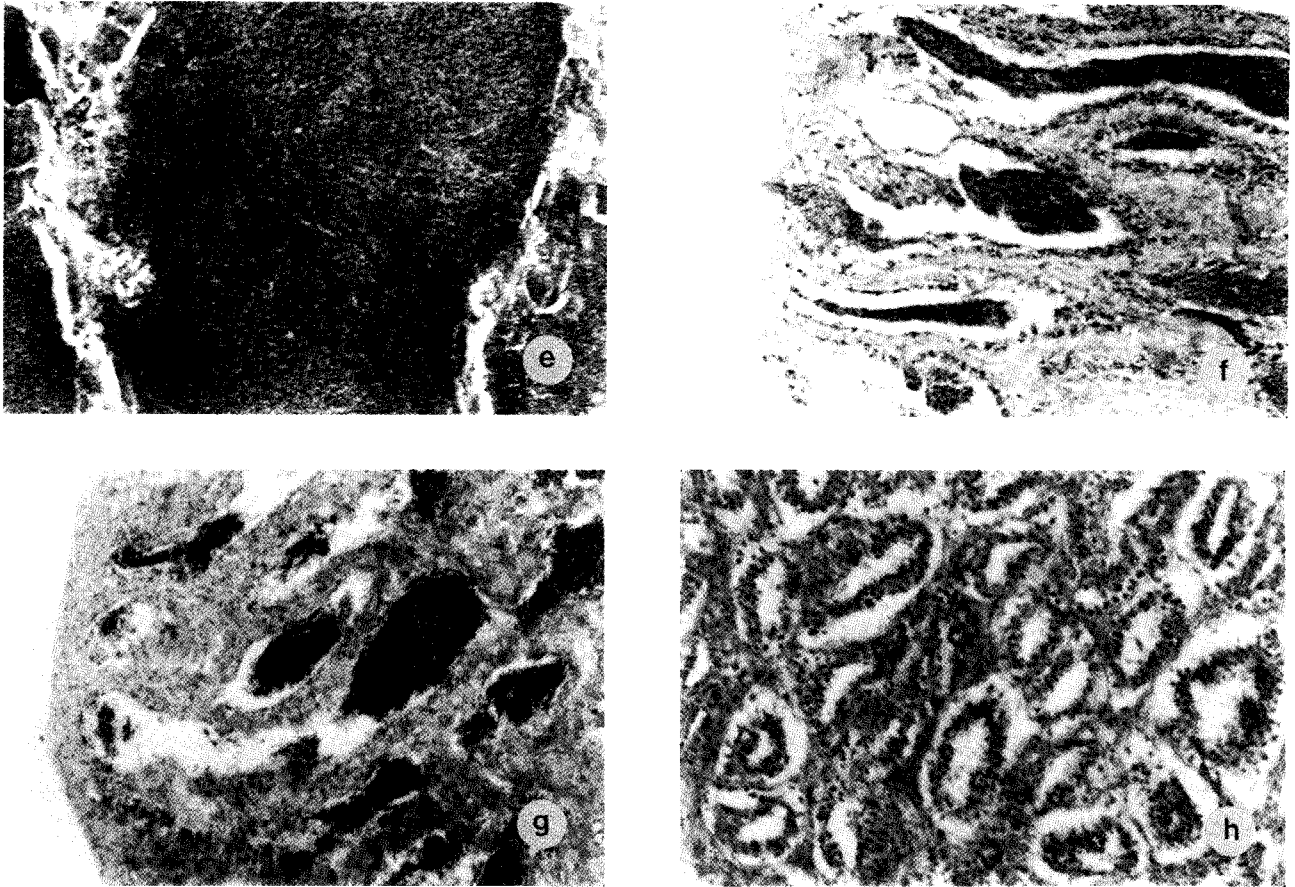


Fig. 4. Continued. e. Section of ripe testis. Note a great number of spermatozoa filled in the testicular lobuli; f. g. Section of spent testis. Note a few number of undischarged spermatozoa remain between degenerated testicular lobuli; h. Testis of recovery stage.

의 난모세포가 주된 mode를 형성하여 성장 중이었으나, 9월 하순 GSI가 1.92인 성숙기에 접어든 개체에서는 난경이 350 μm 전후의 mode로 이행하여 성숙 초기의 난모세포들로 발달하였다. 10월 초순 GSI가 5.59인 성숙기의 개체에서는 앞서 발달한 mode가 난경 400~450 μm 전후의 성숙된 난모세포들로 발달되었고, 10월 중순 GSI가 9.48인 개체에서는 완숙난인 난경 550~600 μm 전후가 주된 mode를 이루며 발달하였다. 이후 11월에는 난소내 주된 난경 mode를 형성하였던 난경 550~600 μm 이상의 완숙난들이 대부분 산란되면서 사라지고, 소수의 완숙난과 성숙 발달 중이던 난모세포들만이 관찰되었다.

6. 포란수 조사

점농어 개체군의 번식력을 조사하기 위하여 성숙 및 완숙된 점농어 암컷을 대상으로 전장과 체중에 따른 총 포란수와 상대 포란수를 조사한 결과는 Table 1과 2에 나타내었다. 조사된 포란수는 17,822,576~1,726,242개 범위를 보였으며, 조사된 최고 포란수는 전장 83 cm 체중 5.3 kg의 개체에서 총 17,822,576개로 나타났다. 상대 포란수의 경우, 전장에 대한 상대포란수는 29,458~214,730개, 체중에 대한 상대 포란수는 938~3,363개로 각각 조사되었으며,

조사개체 중 전장은 60.1 cm 이상 그리고 체중은 3.1 kg 이상의 개체부터는 이 보다 작은 개체들에 비하여 포란수가 크게 증가하는 경향을 나타내었다.

그리고 총 포란수 (F)와 전장 (TL)과의 관계식은 $F=9.287e^{0.0918TL}$ ($r^2=0.8879$)로 나타났고(Fig. 7), 총 포란수 (F)와 체중 (BW)과의 관계식은 $F=775.73e^{0.5814BW}$ ($r^2=0.8215$)로 나타났다 (Fig. 8).

7. 군 성숙도 조사

생식에 참여하는 점농어 군성숙도를 조사하기 위하여, 성숙기에 접어드는 9월부터 산란이 끝나는 11월까지의 암컷과 수컷 개체들을 대상으로 생식소 표본으로 성숙 여부를 조사한 결과는 Table 3에 나타내었다.

암컷의 경우 조사 최소 전장 50.1 cm부터 최대 전장인 85.0 cm 까지 모두 성숙에 참여하였으며, 수컷도 조사 최소 전장 45.1 cm 이상부터는 모두 성숙하는 것으로 조사되었다.

고 찰

점농어의 생식소중량지수 (GSI)의 연간 변화를 살펴볼 때 GSI

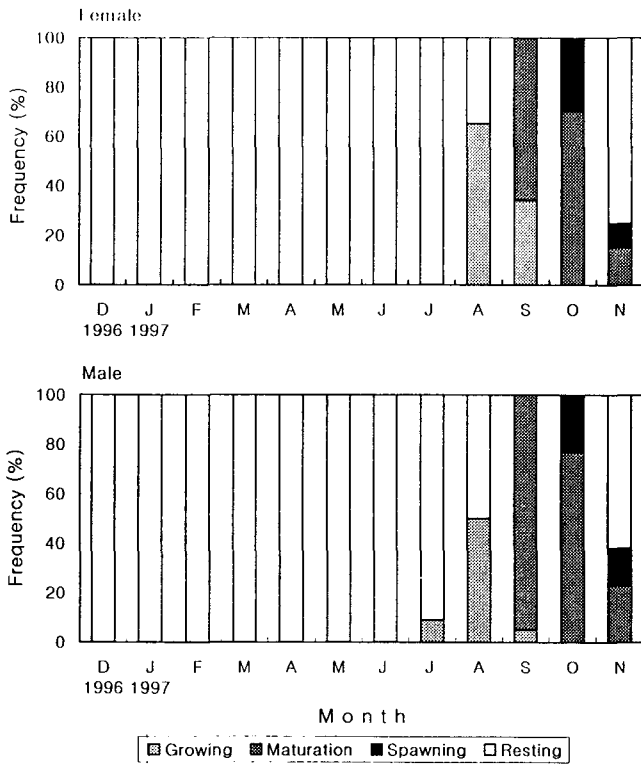


Fig. 5. Frequency of gonad development stage in the spotted sea bass, *Lateolabrax maculatus*.

값은 8월까지 거의 변화가 없었으나, 9월에 조금 상승한 후 10월 최고 값을 보이고 다시 크게 감소하는 등, 거의 2개월의 짧은 기간에 큰 폭의 변화를 하고, 성숙 및 산란이 진행되는 것으로 조사되었다. 이러한 변화는 산란 계절에 관계없이 어류의 연간 생식세포 발달과정에 있어 생식세포의 성장과 성숙에는 일반적으로 3~4개월이 소요되고, 이에 따라 GSI 값도 점진적인 변화를 보이는 것과는 아주 다른 결과를 나타내는 것이다. 이러한 결과는 점농어가 고가 어종으로 성적 성숙이 적어도 만 3세이 이상의 높은 연령군에서 이루어지기 때문에 실험에 사용하였던 실험어의 개체 수가 매월 12마리 전후로 적었던 점에서 발생할 수 있는 실험적 오차로도 생각해 볼 수 있을 것이다. 그러나 본 연구의 결과처럼 생식세포의 발달이 2개월이란 급속히 빠른 시간 내에 진행되고 1회에 한하여 산란함으로써 점농어 양식에서 완전 양식을 위한 인공채란 체계 개발과 현재 취하고 있는 자연산 친어로부터 수정란 확보 시에는 이러한 점농어의 생식·생리에 대해 정확히 이해하고 취급함으로써 양질의 인공 수정란 확보를 위한 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

간중량지수 (HSI)의 조사에서 HSI 값은 3월에 연중 최고 값을 보인 후 7월까지 감소하였고, 이후 8월부터 서서히 증가하다 10월 작은 피크를 보이고 11월 다시 감소하였다가 서서히 증가하는 추세를 나타내었다. 이러한 변화상은 크게 볼 때 생식소중량지수 (GSI)의 변화와 상반되는 결과를 보였는데, 이러한 결과는 뱀장어, *Anguilla japonica* (Sugimoto et al., 1976), 은어, *Plecoglossus*

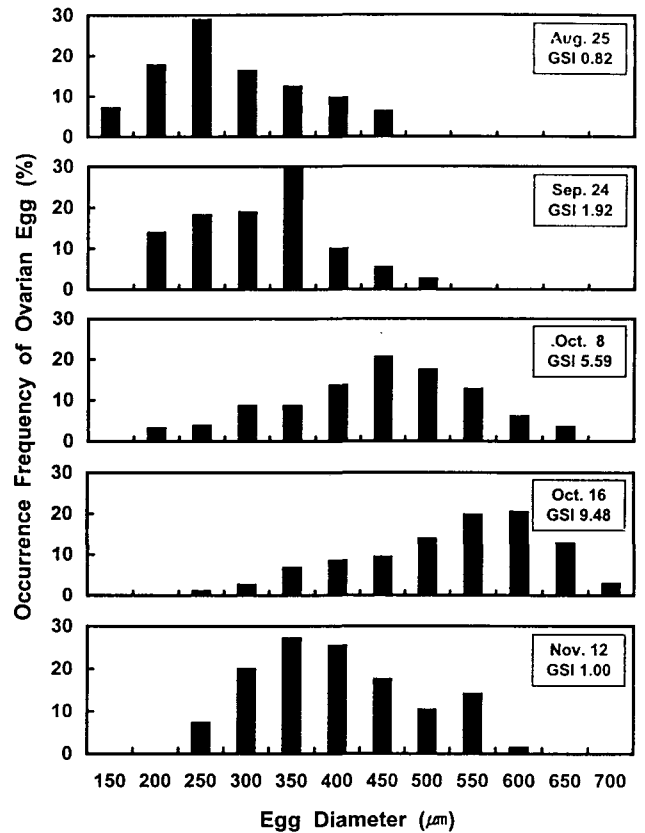


Fig. 6. Size frequency distribution of egg diameter of the spotted sea bass, *Lateolabrax maculatus*.

Table 1. Composition of absolute fecundity and relative fecundity of the spotted sea bass, *Lateolabrax maculatus* by total length

Total length (cm)	Absolute fecundity		Relative fecundity		No. of inds.
	Range	Mean	Range	Mean	
50.1 ~ 60.0	1,726,242	-	29,458	-	1
60.1 ~ 70.0	2,854,653 ~ 5,709,630	4,362,531	46,043 ~ 81,566	65,281	4
70.1 ~ 80.0	5,361,330 ~ 13,734,204	8,184,860	72,450 ~ 178,366	110,144	10
80.1 ~ 90.0	17,822,576	-	214,730	-	1

Table 2. Composition of absolute fecundity and relative fecundity of the spotted sea bass, *Lateolabrax maculatus* by body weight

Body weight (kg)	Absolute fecundity		Relative fecundity		No. of inds.
	Range	Mean	Range	Mean	
1.1 ~ 2.0	1,726,242	-	938	-	1
2.1 ~ 3.0	2,854,653 ~ 4,859,800	3,918,831	1,252 ~ 1,736	1,472	3
3.1 ~ 4.0	5,709,630 ~ 9,192,160	7,576,871	1,514 ~ 2,339	2,041	5
4.1 ~ 5.0	5,361,330 ~ 13,734,204	9,263,993	1,227 ~ 2,747	2,134	6
5.1 ~ 6.0	17,822,576	-	3,363	-	1

altivelis (Ishida, 1979), 그물코퀴치, *Rudariys ercodes* (Lee and Hanyu, 1984) 등의 어류에서도 보고되고 있으며, 정 상관적인 변

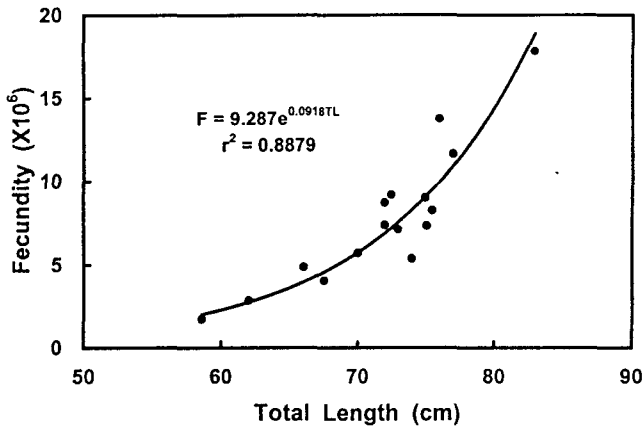


Fig. 7. Relationship between total length and fecundity in the spotted sea bass, *Lateolabrax maculatus*.

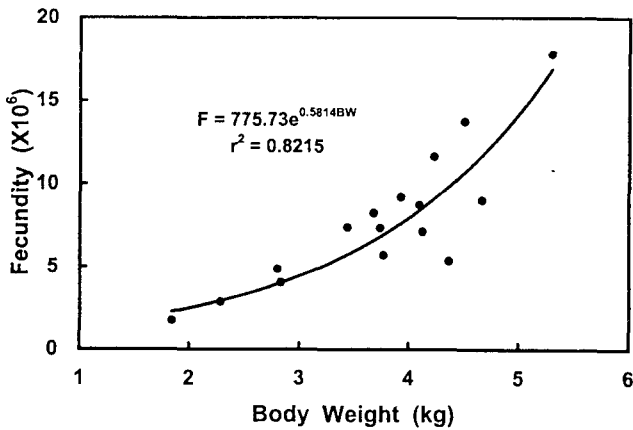


Fig. 8. Relationship between body weight and fecundity in the spotted sea bass, *Lateolabrax maculatus*.

Table 3. The relationship between total length and maturity in the spotted sea bass, *Lateolabrax maculatus*.

Total length (cm)	Female		Male	
	No. of inds.	Maturity (%)	No. of inds.	Maturity (%)
45.1 ~ 50.0	-	-	4	100
50.1 ~ 55.0	1	100	3	100
55.1 ~ 60.0	5	100	8	100
60.1 ~ 65.0	6	100	2	100
65.1 ~ 70.0	4	100	1	100
70.1 ~ 75.0	8	100	1	100
75.1 ~ 80.0	4	100	-	-
80.1 ~ 85.0	3	100	-	-
Total	31		19	

화는 노래미, *Agrammus agrammus* (Chung et al., 1986), 연어류 (Imura and Saito, 1969) 등의 어류에서 보고되고 있다. 이러한 변화의 결과를 Chung et al. (1986)은 간이 생식소 발달에 관여하는 난황 전구물질을 합성하고 이들 물질의 합성과 저장시기 그

리고 이들 물질이 생식소 발달에 사용되는 시기와 이를 제어하는 각 어종의 체내 생리적 기구의 특성에 기인한 것으로 고찰하였다. 본 연구의 점농어도 상반되는 결과를 보이는 다른 어류와 같은 기구로 HSI 값의 변화가 GSI 값에 반비례하여 변화하는 것으로 사료되나, 10월 소폭이나마 한번의 피크를 더 보이는 점은 점농어의 생식소 발달이 짧은 기간내 이루어지고, 또한 어체에서 간의 역할은 단순히 생식소 발달에 관여하는 성숙 물질 즉 난황의 생산 외에도 생체 에너지의 저장 및 사용에도 관여함으로 동계로 접어드는 시기에 짧은 기간 내 큰 에너지가 필요로 하는 생식 활동과 연계된 체내 에너지 소비와 관련이 있을 것으로 사료된다.

점농어 난경 조사 결과 분리되지 않은 1개의 난모세포 발달 mode가 난모세포 초기 활성이 일어난 시기부터 성숙, 산란기까지 연결 이행되는 것으로 나타나 점농어는 한 산란기 동안 1회 산란하는 종류로 조사되었다. 한 산란기에 1회 산란하는 어종으로는 문치가자미, *Limanda yokohamae* (Lee et al., 1985)와 점망둑, *Chamichthys dolichognathus* (Baek et al., 1985) 그리고 담수어인 파랑볼우럭, *Lepomis macrochirus* (Lee and Kim, 1987) 등이 있다.

어류의 생식시기에 있어 난소 내 난모세포 발달 양상은 크게 동기 발달형과 비동기 발달형으로 구분되고 있다 (Wallace and Selman, 1981; De Vlaming, 1983). 본 조사에서도 점농어는 8월 난소내 활성이 개시된 후 9월과 10월 짧은 기간 중 성숙 난모세포의 발달 mode가 분리되지 않고 1개의 mode로 계속 연결 발달하는 점으로 보아 점농어도 동기 발달형에 속하는 어류라고 판단된다. 반면 비동기 발달형에는 참돔, *Pagrus major* (松浦, 1972)과 쾡둥어, *Boleophthalmus pectinirostris* (Chung et al., 1991), 전어, *Konosirus punctatus* (Kim and Lee, 1984) 등의 한 산란기 동안 2회 이상 산란하는 어류에서 보고되고 있으며, 이러한 비동기 발달형의 난세포의 발달에서 난황 축적이 완료된 성숙난들만이 배란되고 성장중인 난들에 대한 선택적 난황 공급과 축적도 혈중 Steoid hormone 연구를 통해 체내 hormone의 조절에 의해 이루어지는 것으로 보고되어 있다 (Kobayashi et al., 1987, 1988).

포란수 조사에서 개체별 포란수는 1,726,242~17,822,576개로 조사되었고, 이중 최고 포란수는 17,822,576개로 나타났다. 그리고 전장, 체중에 대한 상대 포란수는 전종과 체중이 증가할수록 모두 증가하는 것으로 조사되었다. 이러한 결과를 중국 양쯔강 유역에 서식하는 농어, *Lateolabrax japonicus*의 총 포란수가 312,928~2,210,000개라는 연구 결과 (Sun et al., 1994)와 비교시 다소 높은 포란수를 가지는 것으로 나타났으며, 또한 이 보고에 의하면 양쯔강 유역에 서식하는 농어의 경우 산란기가 11월에서 1월까지이며 한 산란기 동안 2회 이상 산란에 참여한다고 보고하고 있으나, 본 연구에 사용된 우리나라 남해안에서 채포된 점농어는 10월 하순에서 11월 초순이 산란기이며 한 산란기에 1회 산란하는 것에서 다른 결과를 보였다.

그리고 농어, *Lateolabrax japonicus*의 경우 암컷은 3~4년제 그리고 수컷은 2년제부터 성숙하는 것으로 보고 (Sun et al., 1994) 하였는데, 본 연구의 군성숙도 조사에서도 암컷은 전장 55.0 cm, 체중 1.5 kg 이상의 개체들이 모두 성숙에 참여하였고, 실제 양식 어가에서도 1994년부터 소수 자연산 친어로부터 종묘를 생산하여

계속 양성한 결과, 수컷은 만 2세어부터 산란기에 성숙 정자를 관찰할 수 있었고, 암컷은 만 3세어 이상부터 9, 10월에 성숙란을 포란하는 것을 관찰할 수 있었다. 또한 3세어 계급에 속하는 어류가 자연산 친어로 사용되는 어체의 크기에도 비슷한 점으로 볼 때 암·수의 성숙 연령은 거의 일치하는 것으로 나타났다.

점농어의 생식소중량지수 (GSI)의 변화와 생식소의 조직학적 변화를 종합하여 관찰한 결과, 점농어는 7~8월 초기 활성이 진행된 성장기, 9~10월 성숙기, 10월 하순~11월 초순의 산란기 그리고 11~7월까지의 퇴화·휴지기의 연속적인 발달단계로 구분되었다. Aida (1991)는 어류에 있어 주년 생식 리듬의 유형을 수온과 광주기 등의 환경요인과 관련하여 봄 산란형 (spring spawner), 봄·여름 산란형 (spring-summer spawner), 여름 산란형 (summer spawner), 봄·가을 산란형 (spring-autumn spawner), 가을 산란형 (autumn spawner) 그리고 겨울 산란형 (winter spawner) 등의 6가지 형태로 나누고 있다. 이러한 연구 결과로 구분하여 볼 때 점농어는 가을 산란형 (autumn spawner)에 속하는 어류로 생각할 수 있다. 그리고 점농어는 짧은 기간내 성 성숙과 산란을 마치는 특성이 있으므로, 점농어의 완전 양식을 위한 인공 성 성숙 및 산란 유도를 위해서는 성 성숙에 관련된 환경요인 즉 수온과 광주기의 역할이 정확히 구명되어야 하며, 이를 위해서는 차후 실내 광주기 및 수온 조절에 의한 성숙 유도 시험도 실시되어야 하겠다.

요 약

1996년 12월부터 1997년 11월까지 전남 고흥군 일원 해역에서 채집한 점농어를 대상으로 생식소중량지수 (GSI), 간중량지수 (HSI)의 월별 변화, 생식세포 발달과정의 조직학적 조사, 생식주기, 난경 조성, 포란수 그리고 군성숙도를 조사하였다.

생식소속도지수 (GSI)는 암컷과 수컷 모두 12월부터 7월까지 1.0 이하의 낮은 값을 유지하다가 8월부터 소폭의 증가를 시작하여 10월에 암컷 7.50, 수컷 2.98로 연중 최고 값을 나타내었다. 간중량지수 (HSI)는 3월에 암컷 1.97, 수컷 1.64로 최고 값을 보인 후 다시 감소하였으나, 9, 10월 생식소 발달시기에 다시 소폭의 증가를 나타내었다.

월별 생식세포의 조직학적 관찰 결과, 점농어의 생식주기는 7~8월 성장기, 9~10월 성숙기, 10~11월 완숙 및 산란기 그리고 11~7월 퇴화 및 휴지기의 연속적인 생식주기를 나타내었다.

생식기인 8월부터 11월까지의 암컷 개체들을 대상으로 난경조성 변화를 조사한 결과, 점농어 난모세포군의 발달 및 이행은 분리되지 않은 하나의 mode를 형성하며, 동시에 성숙, 방란하는 한 산란기 동안 1개의 mode만을 형성하는 것으로 조사되었다. 개체별 절대 포란수는 1,726,242~17,822,576개 였으며, 개체별 상대 포란수는 전장의 경우 29,458~214,730개, 체중의 경우 938~3,363개로 나타났다.

군 성숙도 조사에서 암컷은 전장 50.1 cm, 수컷은 전장 45.1 cm 이상의 조사 개체들 모두가 성 성숙에 참여하였다.

감사의 글

본 연구는 해양수산부 한국해양수산개발원의 현장애로기술개발 사업 지원 연구비로 수행되었음.

참 고 문 헌

- Aida, K. 1991. Environmental regulation of reproductive rhythms in teleosts, Bull. Inst. Zool., Academia Sinica, Monograph, 16, 173~187.
- Back, H.J., H.B. Kim, T.Y. Lee and B.D. Lee. 1985. On the maturity and spawning of the the longchin goby, *Chasmichthys dolichognatus*. Bull. Korean Fish. Soc., 18, 477~483 (in Korean).
- Bagenal, T.B. and E. Braum. 1978. Eggs and early life history. In W.E. Ricker (editor), *Methods for Assessment of fish production in fresh water*. 165~201. IBP (Int. Biol. Programme) Handbook 3.
- Chung, E.Y., H.B. Kim and T.Y. Lee. 1986. Changes of the activity of liver cells accompanied with the reproductive cycle of greenling, *Agrammus agrammus* (Temminck et Schlegel). Bull. Korean Fish. Soc., 19, 83~91 (in Korean).
- Chung, E.Y., C.M. An and T.Y. Lee. 1991. Sexual maturation of the bluespotted mud hopper, *Boleophthalmus pectinirostris* (Linnaeus). Bull. Korean Fish. Soc., 24, 167~176 (in Korean).
- Chyung, M.K. 1977. In *The fishes of Korea*. Iljisa Pub. Co., Seoul. 727 pp (in Korean).
- De Vlaming, V.L. 1983. Oocyte development patterns and hormonal involvements among the teleosts. Control process in fish physiology. Croom Helm. London, 176~199.
- Imura, K. and T. Saito. 1969. Seasonal variations in the metabolic activities of tissue constituents of some fishes-I. Changes in nucleic acid contents of some tissues of kokanee salmon, *Oncorhynchus nerka*. Kenelyi. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 20, 202~210.
- Ishida, R. 1979. Changes of hepatosomatic index of ayu during a spawning season. Bull. Tokai Reg. Res. Lab., 100, 169~171.
- Kang, C.B. 2000. Taxonomical studies on the genus *Lateolabrax* (Pisces, Perciformes) from the Korean waters. Ph. D. Thesis, Bukyung National University, 138pp (in Korean).
- Kim, H.B. and T.Y. Lee. 1984. Reproductive biology of a shad, *Konosirus punctatus*. Bull. Korean Fish. Soc., 17, 206~218 (in Korean).
- Kobayashi, M., K. Aida and I. Hanyu. 1987. Hormon changes during ovulation and effects of steroids hormones on the gonadotrophin level and ovulation in goldfish. Gen. Comp. Endocrinol., 67, 24~32.
- Kobayashi, M., K. Aida and I. Hanyu. 1988. Hormon changes during ovulatory cycle in goldfish. Gen. Comp. Endocrinol., 69, 423~435.
- Lee, J.K., S.C. Cheong, Y.B. Moon and K.K. Kim. 1988. The artificial seed production of sea bass, *Lateolabrax japonicus*: hatching rate and rearing of larvae and juveniles. Bull. Natl. Fish. Res. Dev. Agency Korea, 42, 43~48 (in Korean).
- Lee, T.Y. and I. Hanyu. 1984. Reproductive cycle of small filefish, *Rudarius ercodes*. Korean Fish. Soc., 17, 423~435 (in Korean).
- Lee, T.Y., Y.J. Kang and B.D. Lee. 1985. Reproduction and popu-

- lation dynamics of marbled sole *Limanda yokohamae*. Bull. Korean Fish. Soc., 18, 253~261 (in Korean).
- Lee, T.Y. and S.Y. Kim. 1987. Experimental studies on the mechanism of reproductive cycle in bluegill, *Lepomis macrochirus*. Bull. Korean Fish. Soc., 20, 489~500 (in Korean).
- Love, M.S. and W.V. Westphal. 1981. Growth, reproduction and food habits of olive rock fish, *Sebastes serranooides* off central California. Fish. Bull., 79, 553~543.
- Park, J.Y., K.K. Kim and Y. Kim. 1996. Genetic characterization of two type of sea bass, *Lateolabrax japonicus* in Korea by isozyme analysis. J. Aquacul., 9, 437~444 (in Korean).
- Sugimoto, Y., Y. Yamauchi and H. Takahashi. 1976. Induced maturation of female Japanese eels, *Anguilla japonica* by administration of salmon pituitary with notes on changes of oil droplets in eggs of matured eels. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 27, 107~120.
- Sun, G., Y. Zhu, Z. Zhou and J. Chen. 1994. The reproductive biology of *Lateolabrax japonicus* in the Yangtze river estuary and Zhejiang offshore waters. J. Fish. China Shuichan Xuebao, 18, 18~23 (in Chinese).
- Sun, G., Y. Zhu, J. Chen and Z. Zhou. 1994. Growth and feeding habits of Japanese sea bass, *Lateolabrax japonicus* in the estuary of Yangtze river. J. Fish. China Shuichan Xuebao, 18, 183~190 (in Chinese).
- Wallace, R.A. and K. Selman. 1981. Cellular and dynamics aspects of oocytes growth in teleost. Am. Zool., 21, 325~343.
- Yokogawa, K. and S. Seki. 1995. Morphological genetic differences between Japanese and Chinese sea bass of genus *Lateolabrax*. J. Ichthyol., 41, 437~445.
- Yokogawa, K. and T. Tajima, 1996. Morphological and genetic characters of artificially propagated sea bass in the Taiwan. Fish. Sci., 62, 361~366.
- Zheng, Z.A., L.H. Cai, J.C. Ye, Q.R. Wang and D.S. Xu. 1993. Studies on the artificial propagation and larval rearing of Japanese sea bass, *Lateolabrax japonicus*. Symp. on aquaculture, Beijing, 21~23 (in Chinese).
- 松浦修平. 1972. 卵巢卵の成熟過程と産卵数. 九大農學藝誌., 26, 203~215.

2001년 7월 5일 접수

2001년 9월 17일 수리