

# 농어, *Lateolabrax japonicus*의 생식주기

강 덕 영 · 한 형 균 · 안 철 민\*

국립수산진흥원 남해수산연구소 거제수산종묘시험장, \*국립수산진흥원 양식개발과

## Reproductive Cycle of Seabass, *Lateolabrax japonicus*

Duck-Young Kang, Hyung-Kyun Han and Cheul-Min An\*

Keoje Marine Hatchery, NFRDI, Keoje 656-840, Korea  
\*Department of Aquaculture, National Fisheries Research & Development Institute, Pusan 619-900, Korea

Annual reproductive cycle of seabass, *Lateolabrax japonicus*, was histologically investigated based on samples captured on the coast of the Tongyoung, South Korea. The gonadosomatic index (GSI) of females began to increase in October and reached its maximum in February. The GSI of males reached its maximum in December. The change of GSI and gonadal tissue showed that the annual reproductive cycle was classified into the following successive four stages: (1) the degenerative and resting stage from March to August, (2) the growth stage from September to November, (3) the mature stage from November to December, and (4) the ripe and spawning stage from December to March.

**Key words** : seabass, *Lateolabrax japonicus*, gonadosomatic index, reproductive cycle

### 서 론

농어, *Lateolabrax japonicus*는 농어목 (Order Perciformes), 농어과 (Family Percichthyidae), 농어속 (Genus *Lateolabrax*) 어류로서, 영명으로는 seabass, Japanese seaperch라고 불리고 있다. 현재 우리나라에서는 김과전 (1997)에 의해 농어를 농어 (*Lateolabrax japonicus*)와 점농어 (*Lateolabrax sp.*)로 구분하기 시작하여, 강 (2000)이 농어의 분류학적인 연구를 통하여 점농어의 학명을 *Lateolabrax maculatus*로 보고하였다. 농어는 점농어와는 달리 몸 빛깔은 등쪽이 회청색, 배쪽은 은백색을 띠나 어릴 때에는 옆구리와 등지느러미에 작고 검은 점이 많이 흩어져 있으며, 성장함에 따라 흑점이 사라진다. 이 종은 우리나라 서·남해안과 중국, 타이완 및 일본(홋카이도 이남)의 각지 연안에 널리 분포하며, 산란을 위해

기수역으로 이동해 오는 습성을 지닌 광염성 해산어류에 속한다(정, 1977).

농어는 최근 우리나라에서 주요 양식 대상 종으로 부각되면서 연구도 활발히 진행되고 있는데, 이에 대한 연구로는 점농어 *Lateolabrax sp.* 초기 발육 단계에 있어서의 기아시 형태 변화(명 등, 1997), 점농어 *Lateolabrax sp.*의 초기 생활사(김 등, 1998), 호르몬 처리 (*in vitro* 실험)에 의한 농어, *Lateolabrax japonicus*의 난성숙과 배란유도(백 등, 1998), 농어의 초기 발달, 성장 및 생존율에 미치는 수온과 염분의 영향(한 등, 2001) 등이 있다.

본 연구에서는 농어의 생식생물학적 기초자료를 확보하기 위해, 경남 통영 연안에서 어획된 자연산 농어를 대상으로 생체지수와 조직학적 방법을 통하여 생식주기를 조사하였다.

## 재료 및 방법

본 실험은 1998년 2월부터 1999년 1월까지 경남 통영 해역에서 어획된 자연산 농어 암수 각 10마리씩을 월별로 구입하여 사용하였다. 이때 통영 해역의 수온 및 염분 변화는 Fig. 1과 같았으며, 실험에 사용한 농어의 크기는 암컷의 경우 전장 33.6~75.8 cm (평균 47.0±10.5 cm), 전중 240~3,095 g (평균 1,455±761 g) 범위였으며, 수컷은 전장 29~72.8 cm (평균 47.0±10.5 cm), 전중 160~3,427 g (평균 999±640 g) 범위였다.

구입한 농어를 실험실로 옮겨, 전장과 체장은 0.1 cm, 체중은 0.1 g까지 측정 후, 간, 내장 및 생식소를 적출하여 0.01 g까지 계측하고, 조직표본 제작을 위하여 생식소는 10% 중성포르말린에 고정하였다. 간, 내장 및 생식소의 무게를 통해 간중량지수 (Hepatosomatic index: HSI), 내장중량지수 (Viscerasomatic index : VSI), 생식소중량지수 (Gonadosomatic index: GSI) 및 비만도 (Condition factor: CF)를 다음의 식으로 구하였다.

$$\begin{aligned} \text{HSI} (\%) &= (\text{간중량}/\text{체중}) \times 100 \\ \text{VSI} (\%) &= (\text{내장중량}/\text{체중}) \times 100 \\ \text{GSI} (\%) &= (\text{생식소중량}/\text{체중}) \times 100 \\ \text{CF} &= (\text{체중}/\text{전장}^3) \times 100 \end{aligned}$$

10% 중성포르말린에 고정한 생식소는 이후 조직학적 검경을 위해 Bouin's solution에 일정시간 재고정하여 파라핀 절편법으로 4~6 μm 두께로 연속 절편하였으며, 이들 제작된 표본은 Mayer's hematoxylin과 eosin으로 비교염색하여 조직검경에 사용하였다.

## 결 과

### 1. 생체지수 (GSI, HSI, VSI, CF)의 월별 변화

월별로 조사된 자연산 농어의 GSI, HSI, VSI 및 CF의 변화는 Figs. 2, 3과 같았다. 우선 암컷의 경우 1998년 2월에 GSI가 17.36±1.56이었으며, HSI는 3.15±0.20이었고, 이때 VSI는 4.38±0.19, CF는 7.02±0.58이었다. 수온이 상승하기 시작하는 3월에 들어서면서 GSI는 3.46±0.15, HSI는 1.85±0.18로 감소하였으나, VSI는 3.36±0.31로 앞 달과 큰 차이가 없었고, CF는 오히려 8.88±0.40으로 2월에 비해 크게 증가한 것을 알 수 있었다. 이후 4월에는 GSI가 0.78±0.10으로 지속적으로 낮아졌으며, HSI도 역시 낮아지는 경향을 보였다. 그러나 VSI는 3월에 비해 크게 증가하여 7.48±1.45를 나타내었고, CF는 앞 달에 비해 다소 낮은 값을 보였다. 5월에 이르러서는 GSI가 0.66±0.12로 연중 최저 값을 나타내었으며, 이후 9월까지 뚜렷한 변화없이 1.00 이하의 값을 나타내었다. HSI 역시 1.17±0.10으로 앞 달에 비

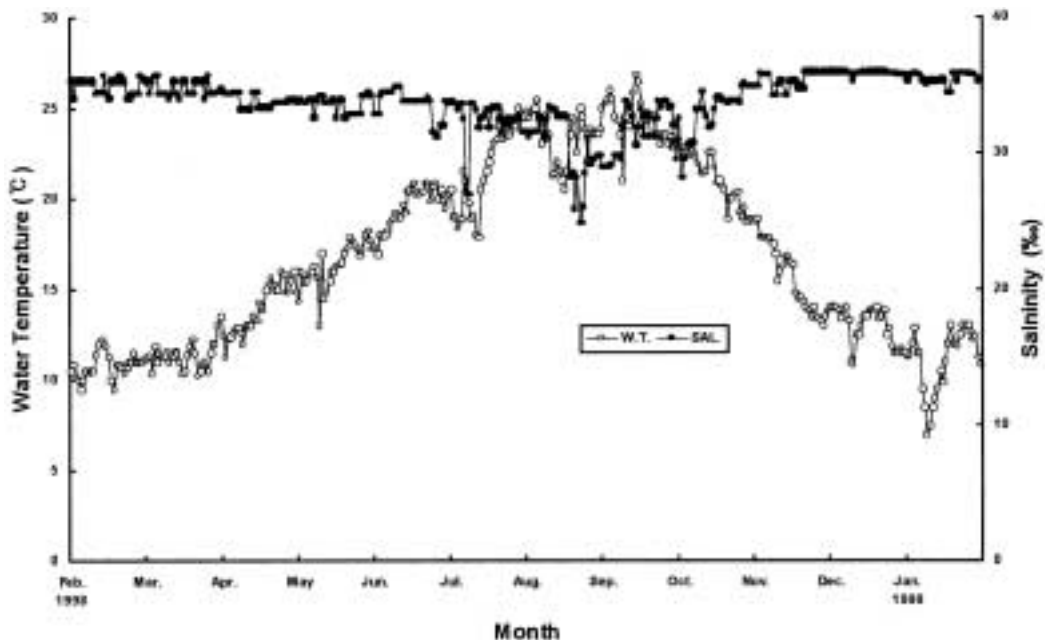
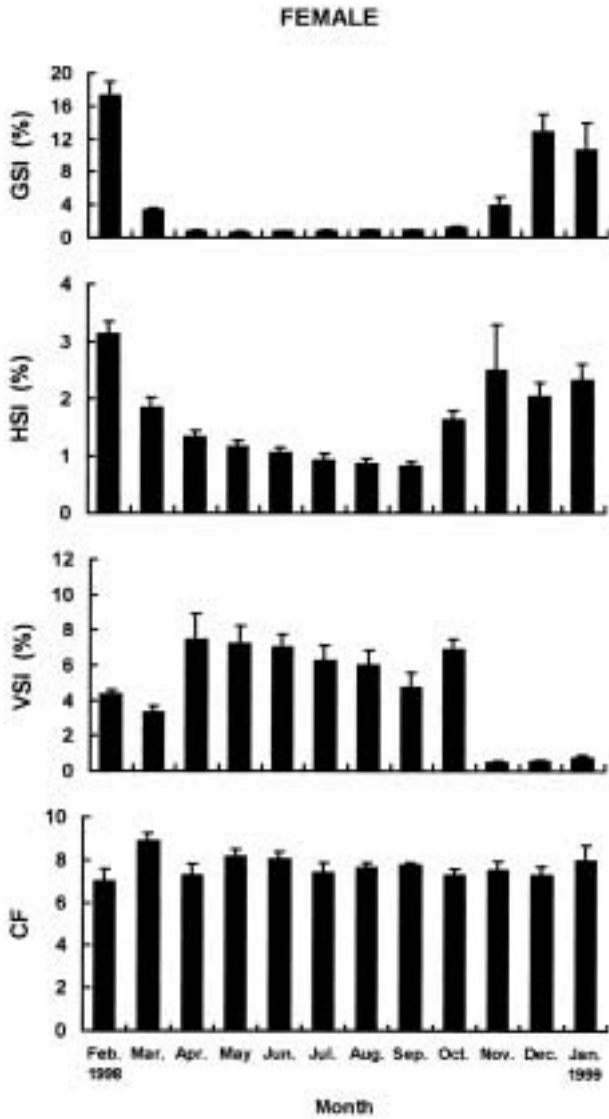
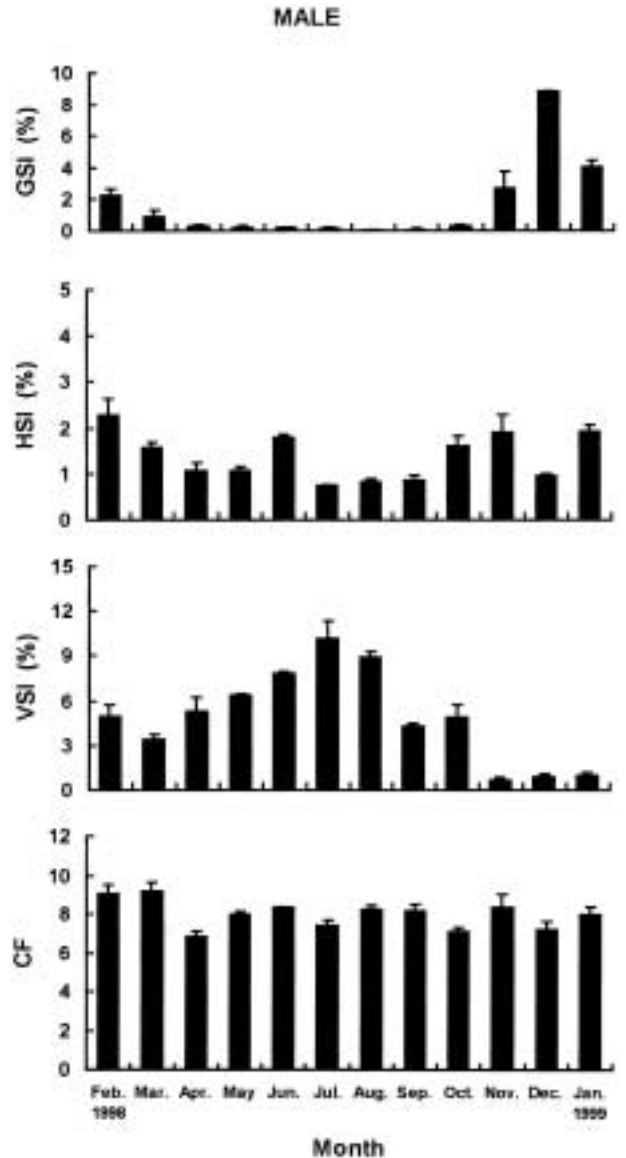


Fig. 1. Seasonal changes in water temperature and salinity of the shore of Tongyoung, Korea.



**Fig. 2.** Seasonal changes in gonadosomatic Index (GSI), hepatosomatic index (HSI), viscerasomatic index (VSI) and condition factor (CF) of female seabass captured from the coast of Tongyoung.

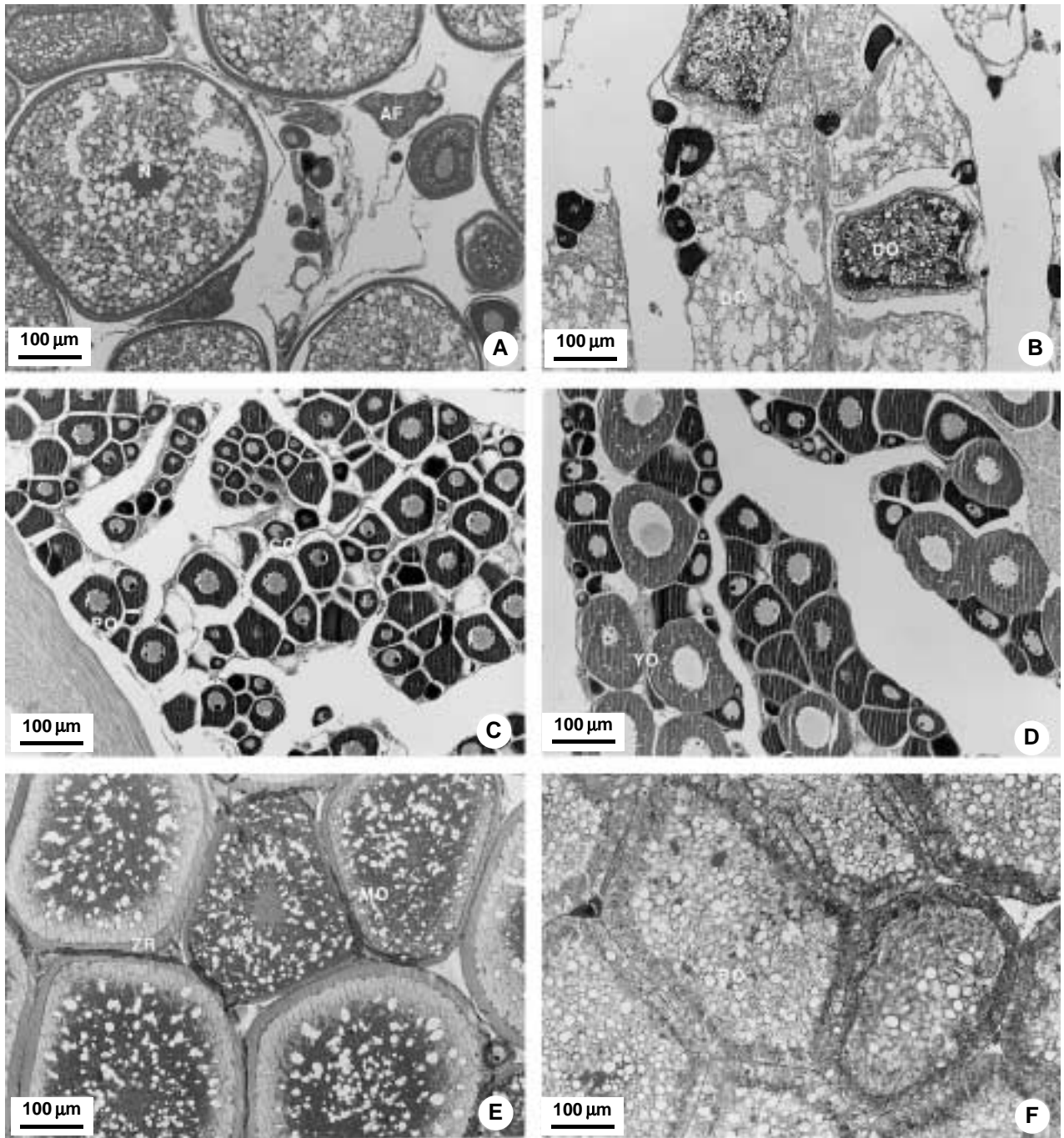
해 수치가 낮아졌으며, 이후 9월까지 지속적으로 낮은 값을 보였다. VSI는 4월과 비슷한 수치로 10월까지 평균 6.00 이상의 연중 높은 값을 유지하였다. CF의 경우는 5월과 6월에 8.06~8.16의 값을 나타내었고, 이후 7월부터 12월까지 7.0~8.0 사이에서 유지되는 것을 확인할 수 있었다. 10월에 접어들면서 GSI는 1.23±0.09로 다소 상승하여 11월 3.95±1.04, 12월 12.77±2.10, 1999년 1월 10.56±3.33으로 산란기에 접어드는 것을 알 수 있었다. HSI의 경우도 역시 10월에 1.63±0.15로 앞 달에 비해 크게 증가하였고, 이후 11월에 2.50±0.78,



**Fig. 3.** Seasonal changes in GSI, HSI, VSI and CF of male seabass captured from the coast of Tongyoung.

12월 2.04±0.25, 1999년 1월에 2.33±0.27로 증가한다는 사실을 확인할 수 있었다. VSI는 11월에 접어들면서 그 수치가 급격히 낮아져 0.46±0.07을 나타내었고, 12월에서 1월 사이에 연중 최저 값인 0.52~0.76을 나타내었다(Fig. 2).

한편 수컷은 1998년 2월에 GSI가 2.27±0.35였으며, HSI는 2.29±0.34였다. 이때 VSI는 4.95±0.77, CF는 9.07±0.46이었다. 3월에 들어서면서 GSI는 0.95±0.40으로 급격히 낮아졌으며, HSI 역시 1.59±0.10으로 감소하였고, VSI는 3.40±0.33으로 앞 달에 비해 다소 감소하는 경향을 보였다. 그러나 CF는 9.22±0.46으로 2월



**Fig. 4.** Photomicrographs of the gonadal tissue of female seabass in annual reproductive cycle. (A) Section of an ovary in February, showing mature oocyte and atretic follicle at the spawning stage. (B) Section of an ovary in March, showing many degenerative oocytes at the degenerative stage. (C) Section of an ovary in April, showing chromatin nucleolus oocytes (CO) and perinucleolus oocytes (PO) at the resting stage. (D) Section of an ovary in September, showing yolk vesicle oocytes (YO) at the growth stage. (E) Section of an ovary in November, showing maturing oocytes (MO). (F) Section of an ovary in January, showing ripe oocytes (RO). AF: atretic follicle, DO: degenerating oocyte, N: nucleus, ZR: zona radiata.

에 비해 다소 증가하였다. 이후 4월에는 GSI가  $0.32 \pm 0.05$ 로 더욱 낮아졌으며, HSI도 역시 낮아지는 경향을

보였다. 그러나 VSI는 3월에 비해 크게 증가하여  $5.33 \pm 0.88$ 을 나타내었고, CF는 앞 달에 비해 감소하는 경향

을 보였다. 5월에 이르러서는 GSI가 지속적으로 낮아졌으며, 8월에 연중 최저 값인  $0.08 \pm 0.02$ 를 나타내었다. 이후 9월부터 다소 상승하여 12월에  $8.82 \pm 0.04$ 로 연중 최고 값을 보였으며, 1999년 1월에 접어들면서  $4.03 \pm 0.46$ 으로 감소하였다. HSI는 앞 달에 비해 다소 낮았지만 6월까지 1.00 이상을 유지하였다. 이후 7월부터 9월까지  $0.74 \sim 0.87$ 로 연중 최저치를 나타내었고, 10월부터 다시 회복되는 경향을 보여 번식기인 11월에서 1월 사이  $0.96 \sim 1.93$ 의 값을 나타내었다. VSI는 5월부터 상승 경향을 보여 7월에 연중 최고 값인  $10.18 \pm 1.20$ 을 나타내었으며, 8월부터 감소하기 시작하여 11월에 연중 최저 값인  $0.66 \pm 0.13$ 을 나타내었고, 이후 12월부터 다음해 1월까지 다시 상승하는 경향을 보였다. CF의 경우는 4월에 비해 다소 증가하였지만, 이후 뚜렷한 변화 경향을 찾아 볼 수 없었다(Fig. 3).

## 2. 월별 생식소 발달

### 1) 난소

난소는 좌우비대칭의 낭상형으로 복강 배측(背側) 후방부에 위치하며, 복강의 가장자리 뒤끝 부위에서 좌우 난소가 합쳐지고, 이것이 다시 노관과 연결되어 비노생식공으로 개구되어 있었다.

2월의 난소 조직은 대부분이 완속란들로 이루어져 있었으며, 일부 개체에서는 성숙 난모세포 사이에 배란 후 잔존여포와 초기 난모세포들을 관찰할 수 있었다(Fig. 4A). 3월에 채집된 대부분 개체들의 난소 조직상은 미처 산란되지 않은 난모세포들의 퇴화, 흡수가 일어나면서, 난소를 구성하고 있는 난소소낭들의 형태가 뚜렷하게 되었고, 퇴화중인 난모세포들 사이에서 주변인기 난모세포들이 관찰되었다(Fig. 4B). 4월에는 난소 내에 일부 퇴화변성중인 난들을 가진 개체들도 있었으나, 대부분이 난소피막의 근조직에서 유래된 난소소낭으로 구성되어 있었으며, 그 속에는 결체성 조직 사이에 파묻혀 있는 난원세포들과, 염기성 색소에 짙게 염색되어 있는 염색인기( $20 \sim 40 \mu\text{m}$ ) 및 주변인기( $40 \sim 100 \mu\text{m}$ ) 난모세포들이 대부분을 차지하고 있었다. 이런 난소조직상은 8월까지 관찰할 수 있었다(Fig. 4C). 9, 10월이 되면서 난소 내 일부 난모세포들은 세포질에 난황포가 나타나고,  $150 \mu\text{m}$  전후로 성장하면서 세포질의 염색성은 짙은 청색에서 보라색으로 바뀌었다(Fig. 4D). 11월로 접어들면서 각 개체들의 난소에는 난모세포의 방사선대가 두꺼워지고, 유구들과 함께 난황구들의 축적이 진행되고 있는 난황구기 난모세포들의 수가 증가하였다(Fig. 4E). 12월과 1월에 채집된 개체들 중 육안으로도 난소가 매우 발달

한 개체들에서는 크기가  $15 \mu\text{m}$  전후인 난황구들의 축적과 이들 사이에 지방구의 축적도 활발히 진행되어 있는  $600 \mu\text{m}$  전후의 산란직전의 완속란들이 관찰되었다(Fig. 4F).

### 2) 정소

정소는 긴 엽상형으로 난소와 마찬가지로 복강 배측 후방부에 좌우 1쌍이 위치하며, 복강 가장 뒤끝 부위에서 좌우 정소가 합일된 후 다시 노관과 연결되어 비노생식공으로 개구되어 있었다.

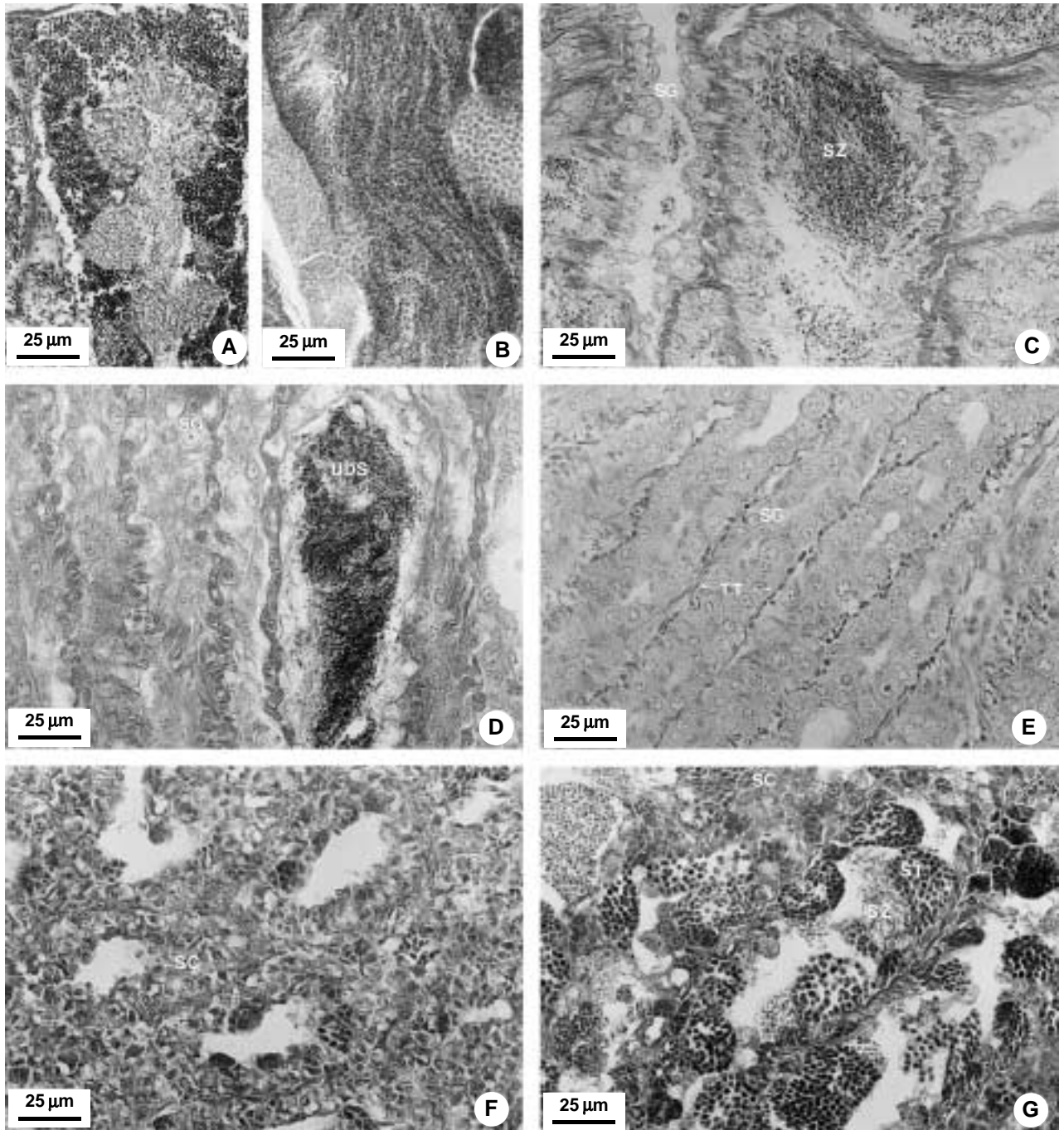
12월과 1월에 채집된 대부분 개체들의 정소 조직은 정소세관 내의 생식세포들이 발달 단계별로 포낭을 형성하고 있었으며, 정소세관 내강에서는 변태된 정자들을 관찰할 수 있었다(Fig. 5A). 그리고 2월로 접어들면서는 세관벽을 따라 정세포군들과 변태된 정자들로 가득찬 정소세관으로 구성되어 있는 정소 조직상(Fig. 5B)과, 정소세관 내강에는 여전히 정자들이 관찰되지만, 정소세관벽을 구성하고 있는 결합조직들이 호산성 색소에 뚜렷하게 염색되며, 이들 정소세관벽의 결합조직에 연결하여 정원세포들이 관찰되는 정소 조직상이 주로 관찰되었다(Fig. 5C). 3월에 접어들면서 대부분의 수컷들의 정소세관 내강에서는 여전히 잔존 정자들이 관찰되었지만, 정소세관벽을 구성하는 결합조직과 정소세관 내 정원세포 및 간충직들은 모두 호산성 색소에 붉게 염색되어 있었다(Fig. 5D). 4월에는 정소 조직의 염색성이 호염기성으로 바뀌었으며, 정소세관 내에는 세관벽을 따라 정원세포들이 줄지어 있었고(Fig. 5E), 이런 조직상은 8월까지 관찰할 수 있었다. 9월이 되면서는 정원세포들의 핵내에서 인이 사라지면서 핵질의 변화가 일어나고 있었으며(Fig. 5F), 10월과 11월로 접어들면서 정소세관은 점차 비후되기 시작하고, 세관내에는 여러 단계의 생식세포들이 출현하기 시작하였다(Fig. 5G).

## 3. 생식년주기

생식소 발달의 조직학적 조사와 생체지수의 연간 변화를 통해, 농어의 생식년주기를 성장기, 성숙기, 완속 및 산란기 그리고 퇴화 및 휴지기의 연속적인 주기로 구분할 수 있었다(Figs. 6, 7).

### 1) 성장기

생식소는 9월부터 활성화되기 시작하여, 성장기 생식소를 가진 개체들의 출현율은 수컷에서는 10월에 54%, 암컷에서는 11월에 56%로 가장 많이 출현하였으며, 이들 성장기 개체들은 12월까지 암수 모두에서 관찰되었다.



**Fig. 5.** Photomicrographs of the gonadal tissue of male seabass in annual reproductive cycle. (A) Section of a testis in January, showing spermatocytes, spermatids and spermatozoa at the spawning stage. (B) and (C) Section of a testis in February, showing many spermatozoa and spermatogonia at the spawning stage. (D) Section of a testis in March, showing the gonad at the degenerative stage. (E) Section of a testis in April, showing spermatogonia in the testicular tubule. (F) Section of a testis in September, showing spermatocytes at the growth stage. (G) Section of a testis in November, showing the cysts of germ cells at the mature stage. SC: spermatocytes, SG: spermatogonia, ST: spermatids, SZ: spermatozoa, TT: testicular tubule, UDS: undischarged spermatozoa.

## 2) 성숙기

수컷은 암컷 보다 빨라 10월에 성숙기 개체들이 출현

하였으며, 암컷은 11월에 성숙 개체들이 관찰되었다. 이들 성숙기 개체들은 암컷이 12월에, 수컷은 10월에 가장

고찰

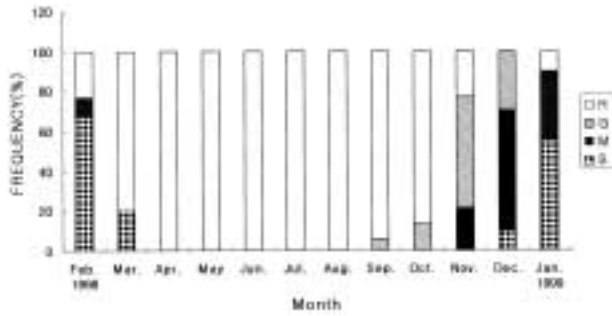


Fig. 6. Seasonal changes in the frequency of ovarian developmental stage in seabass. R: degenerative and resting stage, G: growth stage, M: mature stage, S: ripe and spawning stage.

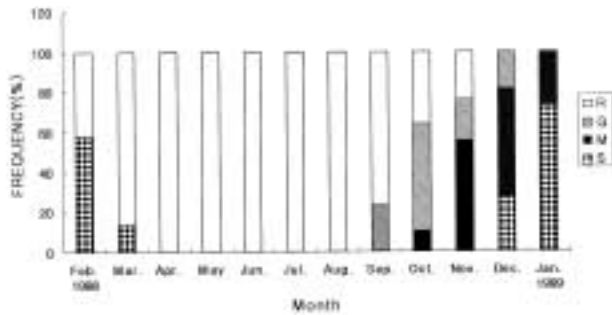


Fig. 7. Seasonal changes in the frequency of testicular developmental stage in seabass. R: degenerative and resting stage, G: growth stage, M: mature stage, S: ripe and spawning stage.

많이 출현하여 시기적인 차이를 보였다.

3) 완숙 및 산란기

암수 모두 12월로 접어들면서 완숙 및 산란기 개체들의 출현이 관찰되었으며, 1월에 암컷이 55%, 2월에 67%의 출현율을 보였으며, 수컷은 1월에 73%, 2월에 58%의 출현율을 보였다. 이들 산란기 개체들은 암수 모두 3월 까지 출현하였다.

4) 퇴화 및 휴지기

생식세포들의 퇴화가 일어나는 개체들은 암컷에서는 1월부터 나타나기 시작하였으며, 5월부터 8월까지 채집된 모든 개체들의 난소는 초기 난모세포들이 재배치되어 뚜렷한 생식세포의 발달상이 보이지 않는 휴지기 상태였다. 수컷에서는 2월부터 생식소가 위축되는 개체들이 출현하여 4월부터 8월까지 채집된 모든 개체들은 정원세포로 구성된 정소를 가지고 있는 휴지기 상태였다.

연중 일정한 계절에 산란기를 가지는 온대성 경골어류들은 산란기를 중심으로 생식소 발달에 따른 여러 가지 생체지수들의 변화가 일어나며, 이들 생체지수들 중 산란기를 밝힐 목적으로 자주 사용되고 있는 지수는 생식소중량지수(GSI)와 비만도(CF) 등이 있다. 그리고 간에서 난황단백 전구체가 합성되어 난모세포의 성장에 관여하는 것이 밝혀지면서(會田, 1974) 간중량지수(HSI)의 변화도 생식소 발달과 관련하여 자주 사용되고 있다. 농어의 GSI 변화에서 수컷의 최대 GSI가 나타나는 달이 12월인데 비하여 암컷은 2월에 GSI가 최대값을 보였다. 대부분의 어종에서는 암수 GSI의 변화가 동조하고 있지만, 쟁쟁어(정 등, 1991), 황놀래기(이 등, 1992) 등과 같이 수컷이 1개월 가량 빨리 GSI가 최대값을 보이는 어종도 있다. 성숙시기의 암수 차가 일어나는 원인은 수컷이 미리 정자를 완숙시켜 암컷의 산란에 대비하기 때문으로 생각되는데, 이를 위해서는 생식소 성숙에 영향을 미치는 임계수온이나 임계광주기가 암수간에 차이가 있을 것으로 생각된다. 농어는 암컷의 HSI의 변화가 GSI 변화와 비슷한 경향을 보였다. 자리돔(이와 이, 1988)과 같이 어중에 따라 HSI 변화와 GSI 변화 양상이 역상관 관계를 보이는 종들도 있으나, 병어류(이와 진, 1989)와 같은 어종들에서는 이들 변화가 정상관 관계를 보이고 있다. 어중에 따라 이러한 차이가 있는 이유에 대해서는 아직 구명된 바 없으나, 산란형태, 산란기간 등 생식현상의 발현에 따른 것으로 추정된다. 대부분의 어류들의 비만도는 생식소 발달 변화와 동조하는 경향이 있어 이를 이용하여 산란기를 추정하고 있기도 하지만, 농어에서는 월별 비만도가 뚜렷한 변화를 보이지 않았다. 이러한 이유로는 내장중량지수 변화에서 나타나고 있는 바와 같이 비산란기 때 보다 산란기 때에 내장중량지수가 매우 낮아 생식소 발달에 따른 생식소 중량의 변화가 반영되지 않았기 때문인 것으로 생각된다.

농어의 난소는 좌우 분리된 비대칭의 낭상형으로 복강 배측 후방부에 위치하며, 이것은 복강의 가장자리 뒤 끝 부위에서 합일된 후 다시 노관과 연결되어 비노생식공으로 개구되어 있는 형태를 지니고 있었다. 이러한 난소 구조는 날개망둑, *Favonigobius gymnauch*(이 등, 2000), 노래미, *Agrammus agrammus*(정과 이, 1985) 및 점망둑, *Chasmichthys dolichognathus*(백과 이, 1985) 등 대부분의 경골어류에서 볼 수 있는 형태이다. 정소는 긴 엽상형으로 복강 배측 후방부에 좌우 1쌍이 위치하며,



복강 가장 뒤끝 부위에서 좌우 정소가 합일된 후 다시 뇨관과 연결되어 비뇨생식공으로 개구되는 형태를 지니고 있다. 이러한 엽상형 정소를 지닌 어류는 노래미, *Agrammus agrammus* (정과 이, 1985), 자리돔, *Chromis notatus* (이와 이, 1987), 참돔, *Pagrus major* (Matsuura et al., 1987) 등이 있다.

어류의 난모세포 발달 양식은 동기발달형, 난군동기발달형 및 비동기발달형과 같이 세가지로 구분할 수 있다 (Wallace and Selmen, 1981). 농어 난소의 해부학적 및 조직학적 관찰 결과 난소 내에는 크게 성장기 난모세포군과 성숙 난모세포군 두 군으로 나눌 수 있었으며, 성장기 난모세포군은 여러 단계의 발달상을 나타내고 있어 농어의 난모세포 발달양식은 난군동기발달형임을 알 수 있었다. 따라서 농어는 난소내 난모세포 발달양식으로 미루어 적어도 2~3회 이상 산란하는 종으로 추정된다.

어류에 있어 생식주기를 제어하는 환경요인으로 수온과 광주기가 중요한 요인으로 알려져 있으며 (Shimizu et al., 1994; Razani et al., 1988; Lam, 1983), 많은 어종이 수온과 광주기에 따라 자손이 생존하기에 유리한 계절에 산란하는 것으로 알려져 있다. 농어는 수온이 낮아지기 시작하는 10월부터 생식소가 발달하기 시작하여 저수온기인 12~2월에 생식소가 가장 성숙하여 산란기를 맞이한다. 그리고 수온이 상승하기 시작하는 3월부터 산란 후 남은 잔존 난모세포를 퇴화, 흡수시키고, 4월부터 고수온기인 8월까지 휴지기 상태를 유지하고 있었다. Aida (1991)는 산란형을 봄 산란형, 봄-여름 산란형, 여름 산란형, 가을 산란형, 겨울 산란형 등 6가지로 구분하였는데, 농어는 이들 산란형중 전형적인 겨울 산란형으로, 수온하강이 생식소 활성화에 영향을 미치며, 동계 저수온이 산란요인으로 판단되나, 산란 임계수온과 광주기의 관여 유무 등에 대하여는 실험적인 연구가 필요하리라 생각된다.

## 적 요

본 연구는 농어과, 농어속 어류인 농어 (*L. japonicus*)를 대상으로 생식주기를 조사한 것이다. 생식소중량지수 (GSI)는 암컷의 경우 10월부터 증가하기 시작하여 2월에 연중 최대값을 나타내었으며, 수컷 생식소중량지수는 12월에 연중 최대값을 나타내었다. 생식소의 월별 조직학적 변화와 생식소중량지수 변화를 토대로 생식주기는 3월~8월의 퇴화 및 휴지기, 9월~11월의 성장기, 11월~12월의 성숙기, 12월~3월의 산란기 등으로 구분할

수 있었다.

## 인 용 문 헌

- Aida, K. 1991. Environmental regulation of reproductive rhythms in teleostes. Bull. Inst. Zool. Academia Sinica, Monograph, 16 : 173~187.
- Lam, T.J. 1983. Environmental influences on gonadal activity in fish. In Fish Physiology, Vol. IX (B) (Eds by Hoar, W.S., D.J. Randall and E.M. Donaldson). Academic Press, New York, pp. 65~116.
- Matsuura, S., M. Matsuyama, Y. Ouchi and T. Hidaka. 1987. Maturity classification and group maturity of the red sea bream, *Pagrus major*. II. Male maturity. Mar. Biol., 96 : 169~172.
- Razani, H., I. Hanyu and K. Aida. 1988. Environmental influences on ovarian activity and related hormones in yearling goldfish. Nippon Suisan Gakkaishi, 54 : 1505~1511.
- Shimizu, A., K. Aida and I. Hanyu. 1994. Effects of photoperiod and temperature on gonadal activity and plasma steroid levels in an autumn-spawning bitterling, *Acheilognathus rhombea*, during different phase of its annual reproductive cycle. Gen. Comp. Endocrinol., 93 : 137~150.
- Wallace, R.A. and K. Selmen. 1981. Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. Am. Zoo., 21 : 325~343.
- 會田勝美. 1974. 魚類の成熟と産卵 IV 成熟と物質代謝. 日本水産學會編, 恒星社厚生閣, pp. 88~100.
- 강충배. 2000. 한국산 농어속 어류의 분류학적 연구. 부경대학교 박사학위논문, pp.138.
- 김치홍·전제천. 1997. 한국산 농어속 어류의 분류학적 검토. 한어지, 9(1) : 108~113.
- 김치홍·전제천·김선웅. 1998. 점농어 *Lateolabrax sp.*의 초기 생활사. 수진연구보고, 54 : 79~85.
- 명정구·박철원·김민석·김종만·강충배·김용억. 1997. 점농어 *Lateolabrax sp.* 초기 발육단계에 있어서의 기아시 형태변화-I. 후기자어기. 한어지, 9(1) : 15~21.
- 백혜자·김형배·안철민·명정인. 1998. 호르몬 처리 (*in vitro* 실험)에 의한 농어 *Lateolabrax japonicus*의 난성숙과 배란 유도. 한국양식학회지, 11(1) : 119~124.
- 백혜자·이택열. 1985. 점망둑, *Chasmichthys dolichognathus*의 생식기구에 관한 실험적 연구. 한수지, 18(3) : 243~252.
- 이영돈·안철민·이정재·이택열. 1992. 황놀래기, *Pseudolabrus japonicus* (Houttuyn)의 생식주기와 성전환. 제주대 해양연보, 16 : 55~66.
- 이영돈·이택열. 1988. 자리돔, *Chromis notatus*의 성성숙에



- 따른 간세포 및 GTH 세포의 활성변화. 제주대 해양연보, 12 : 73~78.
- 이영돈 · 이택열. 1987. 자리돔, *Chromis notatus*의 생식주기에 관한 연구. 한수지, 20(6) : 509~519.
- 이정식 · 김재원 · 강주찬 · 신윤경 · 진 평. 2000. 날개망둑 (*Favonigobius gymnauchen*)의 생식주기 및 생식소 발달. 한수지, 33(3) : 219~224.
- 이택열 · 진종주. 1989. 한국근해 병어류의 자원생물학적 연구 2. 성숙과 산란. 한수지, 22(5) : 266~280.
- 정문기. 1977. 한국어도보. 일지사, pp. 298~299.
- 정의영 · 안철민 · 이택열. 1991. 짙뚱어, *Boleophthalmus pectinirostris* (Linnaeus)의 성성숙. 한수지, 24(3) : 167-176
- 정의영 · 이택열. 1985. 노래미, *Agrammus agrammus* (Temminck et Schlegel)의 생식주기에 관한 연구. 부산수대연보, 25(1) : 26-42.
- 한형균 · 강덕영 · 허성범 · 김성원. 2001. 농어, *Lateolabrax japonicus*의 초기 발달, 성장 및 생존율에 미치는 수온과 염분의 영향. 한국양식학회지, 14(1) : 17-27.

Received : July 31, 2001

Accepted : September 15, 2001