

## 동해안 참가자미, *Limanda herzensteini*의 생식주기

장윤정\* · 이정용<sup>1</sup> · 장영진<sup>2</sup>

동해지방해양수산청 수산관리과, <sup>1</sup>국립수산과학원 강릉수산종묘시험장,  
<sup>2</sup>부경대학교 양식학과

### Reproductive Cycle of the Brown sole, *Limanda herzensteini* in Eastern Waters of Korea

Yun Jeong Chang\*, Jeong Yong Lee<sup>1</sup> and Young Jin Chang<sup>2</sup>

Fisheries Management Div., Donghae, MOMAF, Donghae 240-716, Korea

<sup>1</sup>Kangnung Hatchery, NFRDI, Kangnung 210-807, Korea

<sup>2</sup>Department of Aquaculture, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

Reproductive cycle of the brown sole, *Limanda herzensteini* was investigated by means of histological methods. The testis showed the presence of seminiferous tubule. The tubule consisted of many testicular cysts, each of which contained numerous germ cells - all at the same developmental stage. The ovary consisted of several ovarian lamellae and the oogonia originated from the inner surface of the ovarian lamella. Oocyte development was group-synchronous. Gonadosomatic index (GSI) of the male and female was the highest in January and March, respectively. Reproductive cycle could be classified into the growing (June~September), maturation (October~December), ripe and spent (January~March), and recovery and resting (April~May).

**Keywords:** Brown sole, *Limanda herzensteini*, Gonad development, Reproductive cycle

## 서 론

참가자미, *Limanda herzensteini*는 가자미목(Pleuronectiformes), 가자미과(Pleuronectidae)에 속하며, 우리나라의 동해, 일본의 세토내해 이북, 중국 및 사할린 근해에 분포하는 어종이다(鄭, 1977). 이 종은 연안정착성 어종으로 동해안에서 낚시 및 저인망 어업에 의해 어획되는 산업적 가치가 큰 고급어종이며, 저수온에 강하여 한류성 해역에서의 양식 가능성이 높다고 할 수 있다. 또한 최근에는 참가자미의 자원량 감소가 두드러지고 있으므로 자원 관리가 절실히 요구된다.

가자미목 어류의 자원증식 및 양식을 위해서는 번식생리학적 연구가 먼저 선행되어야 하는데, 이중 생식주기의 연구는 매우 중요하다. 그리고 이러한 연구들은 종묘생산을 위한 양질의 알과 정자를 얻기 위해서도 필요하다. 가자미목 어류에 대한 연구는 돌가자미, *Kareius bicoloratus* (Kim 1982; Jun et al., 1999), 문치가자미, *Limanda yokohamae* (Lee et al. 1985), 사할린가자미, *Limanda sakhalinensis* (Rho et al., 1988), 범가자미, *Verasper variegatus* (Cho et al., 1995) 등을 대상으로 연구가 이루어졌으나 대부분 난발생이나 부화자어의 형태변화 및 인공종묘생산에

관한 연구 등에 국한되어 있으며, 조직학적 연구를 통해 번식주기를 정확히 파악한 것은 드물다. 또한 참가자미에 관한 연구도 Choi et al. (1986)의 연령, 성장 및 성숙에 관한 연구와 Rho et al. (1988)의 초기발생과 자치어사육 및 Lee et al. (1997)의 난발생에 미치는 수온과 염분의 영향에 관한 연구 등이 있으나 정확한 생식주기에 관한 연구는 미약하다.

따라서 이 연구에서는 동해안 참가자미를 대상으로 연간 생식소중량지수의 변화를 조사하였으며, 조직학적 조사에 의한 생식소 발달과정과 생식주기를 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 실험어

실험에 사용한 참가자미는 1998년 9월부터 1999년 8월까지 강원도 주문진 인근해역에서 매월 30마리 전후를 채집하여 조사하였다(Table 1).

### 서식지 환경

1998년 9월부터 1999년 8월까지의 주문진 연안해역의 수온 변화는 국립수산과학원 강릉수산종묘시험장에서 관측한 자료를 이용하였으며, 일간일조시간은 강릉기상대의 관측자료를 이용하였다.

\*Corresponding author: lagoon72@momaf.go.kr

**Table 1.** The body size of brown soles for investigating gonadosomatic index and reproductive cycle

Species	Sex	Total length (cm)	Body weight (g)
		Mean±S.D.	Mean±S.D.
Brown sole	male	22.2±2.5	123.7±46.8
	Female	25.9±3.5	224.0±98.2

**생식소중량지수(GSI)**

매월 채집한 참가자미를 대상으로 전중과 전장을 측정 한 후 해부하여 성을 판정하고, 생식소를 절취하여 0.1 g까지 그 무게를 측정하였다. 생식소 성숙 상태는 매월 어체 중량에 대한 생식소중량지수를 조사하였다. 생식소중량지수는 [gonadosomatic index (GSI)=(생식소 중량×100/(체중))] 의 식으로 구하였다.

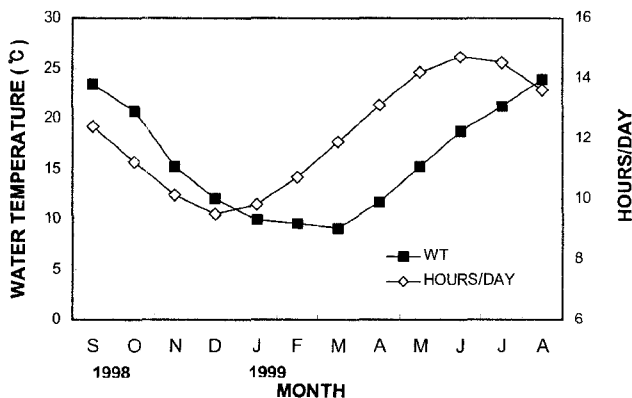
**조직학적 관찰**

월별 생식소의 조직학적 변화를 조사하기 위하여 적출된 생식소를 Bouin 용액에 고정하여 조직표본 제작에 사용하였다. 조직시료는 상법에 따라 5~7 μm의 연속절편을 만들고, Harris's haematoxylin과 0.5% eosin으로 이중염색하여 광학현미경 아래에서 관찰하였다. 생식세포의 발달과정 및 생식주기는 Lee et al. (2000)의 방법을 따랐다.

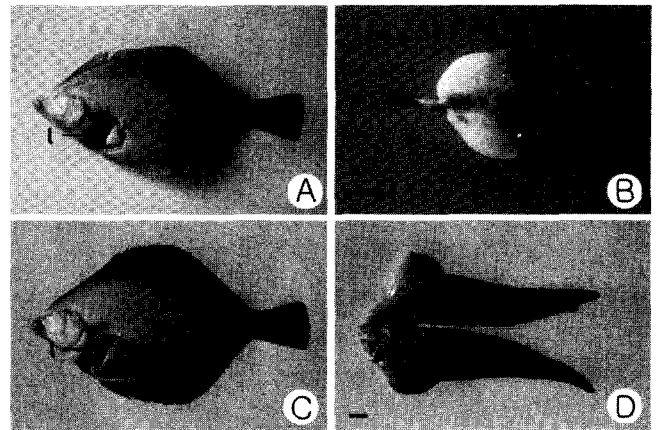
**결 과**

**서식지 환경**

자연산 참가자미의 주 어획지역인 강원도 주문진 인근해역의 1998년 9월부터 1999년 8월까지 수온과 일조시간을 조사한 결과는 Fig. 1과 같다. 이 지역은 9월에 23.4°C에서 점차 낮아져 1월에는 9.9°C로 나타났으며, 3월에는 9.1°C로 연중 최저 수온을 보였다. 이 후 다시 상승하여 8월에 23.8°C로 연중 최고 수온을 나타내었다. 한편 낮의 길이는 12월에 9.5시간으로 연중 가장 짧았으며, 이후 서서히 증가하여 6월에 14.7시간으로 가장 길었다.



**Fig. 1.** Monthly changes of water temperature (WT) and day length (hours/day) in the coast of Jumunjin, Gangwondo, Korea.



**Fig. 2.** Internal position and morphology of gonad in male and female of brown sole, *Limanda herzensteini*. A: position of testis, B: morphology of testis in maturation stage, C: position of ovary, D: morphology of ovary in maturation stage. l: liver, o: ovary, t: testis. Scales indicate 1 cm.

**생식소 형태 및 구조**

성숙된 참가자미의 정소는 많은 정소소엽으로 구성되어 있으며 각 소엽들의 수정소관은 중앙내강의 수정관에서 합쳐져 연결되어 있었다. 미성숙기 정소는 회백색이며, 성숙되면서 유백색으로 변화하는 것으로 관찰되었다. 방정 후 정소는 위축되면서 좌우엽의 중앙에 각각 가로 홈이 생겨 겹쳐져서 나타났다(Fig. 2A and B).

성숙된 참가자미의 난소는 원추형의 낭상으로 복강 후면에서 뒷지느러미를 따라 길게 발달하며 치골을 중심으로 좌우 한 쌍으로 되어 있었다. 난소는 체강벽에서 연결되는 난소간막(ovarian lamella)에 의해 부착되어 있으며, 성숙기의 난소외벽에는 혈관이 잘 발달되어 있고, 내부는 이중결체섬유로 구성된 격벽을 경계로 여러 개의 소낭으로 구분되어 있었다. 난소는 성장함에 따라 회백색에서 담홍색으로 변화하고 산란기에는 얇어진 난벽을 통해 방란 직전의 투명한 황색난을 관찰할 수 있다. 방란 후 난소는 구조적 변화없이 위축되었다(Fig. 2C and D).

**생식소중량지수(GSI)**

참가자미 수컷과 암컷의 GSI 연간 변화를 조사한 결과는 Fig. 3에 나타내었다. 수컷의 GSI는 1998년 9월에 0.13으로 낮은 값을 보이다가 10월부터 증가하기 시작하여 12월에 2.35로 급격히 증가하였다. 1999년 1월에 2.71로 가장 높은 값을 나타냈으며, 그 후 서서히 감소하여 5월 이후로 낮은 값을 보였다. 암컷의 GSI는 1998년 10월까지 1.44 이하의 낮은 값을 보이다가 11월부터 증가하기 시작하여 1999년 1월에 6.45, 2월에 14.26으로 급격히 증가하였으며, 3월에 23.39로 가장 높은 값을 나타내었다. 5월 이후로 급격히 감소하여 10월까지 낮은 값을 보였다.

**정자형성과정**

참가자미 초기 성장기 정소에는 정소세관 상피에서 유래된 간기의 정원세포(spermatogonia)들이 주로 관찰되었으며(Fig.

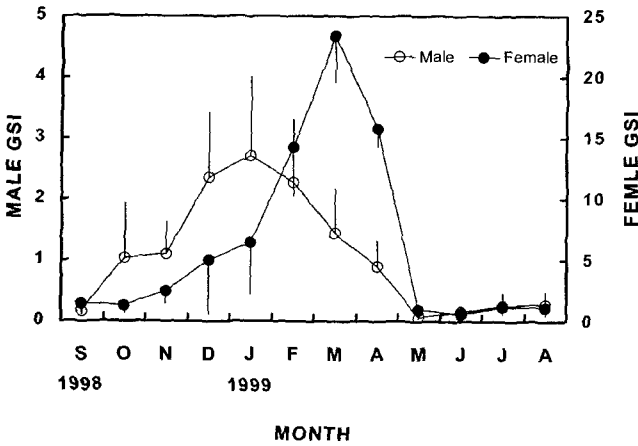


Fig. 3. Monthly changes of gonadosomatic index (GSI) in brown sole, *Limanda herzensteini*.

4A), 이 후 정소는 정소세관 내부에 소낭구조가 확인되면서, 대부분의 소낭은 정모세포(spermatocyte)군으로 채워졌다(Fig. 4B). 이 후 성숙기로 접어들면서 소낭 구조는 불확실하게 되고, 정소세관에는 염기성색소에 진하게 염색되는 정세포(spermatid)군으로 채워졌다(Fig. 4C). 완숙기 정소에서는 염기성색소에 진하게 염색되는 완숙 정자(spermatozoon)들이 정소세관의 내강에서 물결모양으로 관찰되었다(Fig. 4D). 방정시기에 달했을 때, 정소세관은 정자들이 배정(spermiation)됨에 따라 부분적으로 비어 있는 모습이 관찰되었으며, 일부 방정 후 잔존정자들이 관

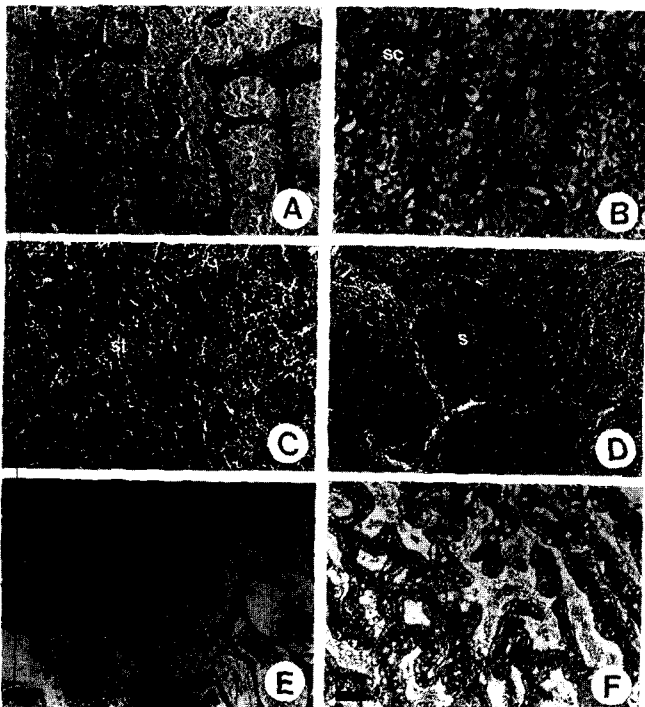


Fig. 4. Spermatogenesis in brown sole, *Limanda herzensteini*. A: Early growing stages, B: Growing stages, C: Maturation stages, D: Ripe stages, E: Spawning stages, F: Degenerative and recovery stages. s: spermatozoa, sc: spermatocytes, sg: spermatogonia, st: spermatids. Scales indicate 50  $\mu$ m.

찰되었다(Fig. 4E). 방정이 완료된 후 성장 및 성숙이 중지된 생식세포들이 퇴화·흡수되는 조직상이 관찰되었고, 정소내의 정소세관 상피가 두꺼워지면서 간질조직내에는 결체조직들로 가득 채워졌다(Fig. 4F). 그리고 새로 생성된 정원세포들이 정소세관 상피상에 다시 출현하였다.

난자형성과정

참가자미의 초기 성장기의 난소내에는 장경 100  $\mu$ m 전후의 난모세포들이 관찰되었으며, 난모세포내에는 핵(nucleus)의 크기가 증가하면서 핵내에는 다수의 인(nucleolus)이 관찰되었다(Fig. 5A). 난모세포들이 성장하면서 세포질 피질부에 난황포들이 축적되었으며, 여포세포층이 차츰 발달하였다(Fig. 5B). 성숙기에 접어들면서 장경 400  $\mu$ m 내외의 난모세포들은 여포세포층이 더욱 발달하게 되었으며, 핵막은 불규칙하게 되었고, 세포질은 수질부 일부를 제외하고 대부분 호산성의 난황구(yolk granules)로 채워졌다(Fig. 5C). 완숙기 난소의 대부분은 장경 500  $\mu$ m 내외의 완숙 난모세포들이 차지한다. 핵은 세포질의 한쪽에 치우쳐 있었으며, 세포질의 대부분은 호산성의 난황구로 채워졌으며, 잘 발달된 방사대의 관찰이 가능하였다(Fig. 5D). 산란 직후의 난소 내부에서는 주로 방란 흔적을 나타내는 배란후의 여포와 잔존 완숙란 및 초기 난모세포들이 주로 관찰되었다(Fig. 5E). 휴지기의 난소내에는 주로 난소박판 내부의 결체성 조직에서 난원세포들과 난황축적이 시작되기 전 염색인기 단계의 초기 난모세포들이 관찰되었다(Fig. 5F).

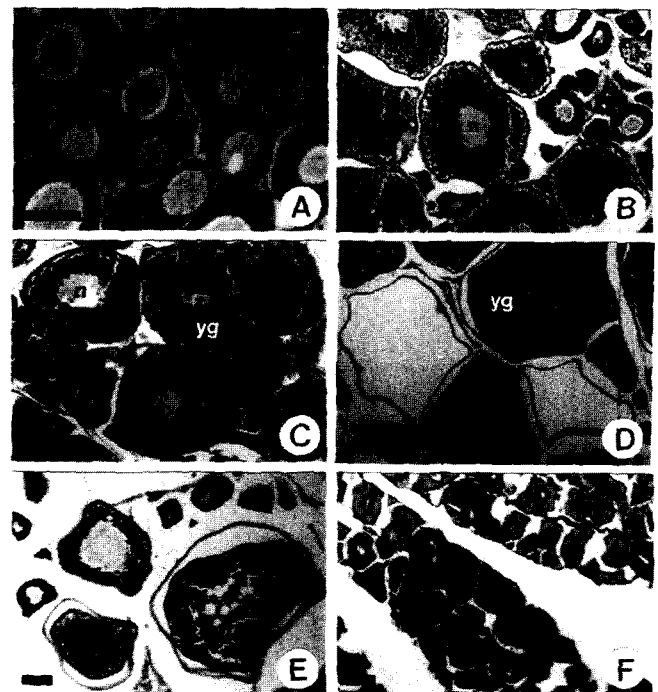


Fig. 5. Oogenesis in brown sole, *Limanda herzensteini*. A: early growing stages, B: growing stages, C: ripe stages, D: spawning stages, E: degenerating stages, F: recovery stages. n: nucleus, no: nucleolus, yg: yolk granules. Scales indicate 50  $\mu$ m.

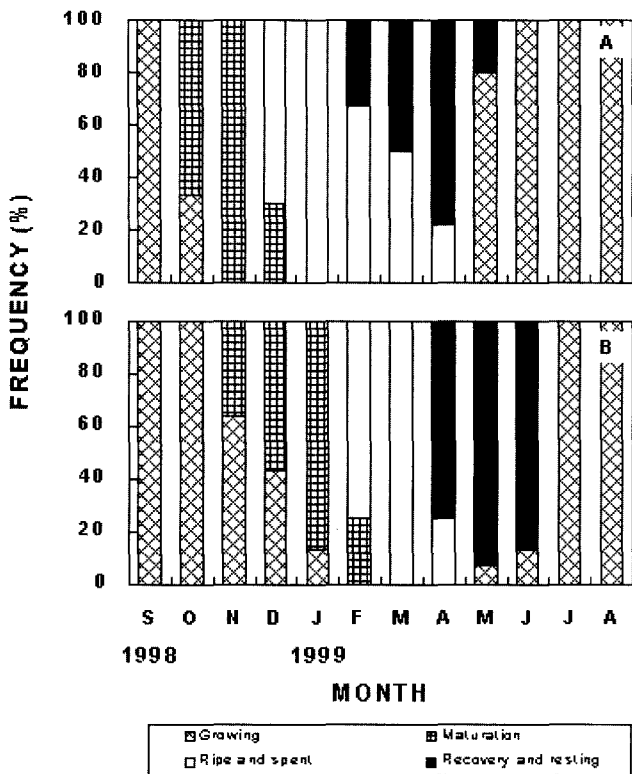


Fig. 6. Monthly changes in frequency of gonad developmental stage of the brown sole, *Limanda herzensteini*. A: male, B: female.

**생식주기**

매월 채집된 암수 참가자미의 생식소 조직상의 발달단계는 Fig. 6과 같다. 참가자미 수컷은 9월에 성장기이었으나 10~11월에 성숙기를 거쳐 12월부터 완숙 및 방정기의 개체들이 나타났다. 1월에는 조사된 모든 개체에서 완숙 및 방정기를 나타냈으며, 이후 방정 개체는 4월까지 나타났다. 그러나 3월과 4월에는 회복 및 휴지기 개체의 비율이 50% 전후였으며, 5월부터 대부분 성장기의 조직상을 보였다.

암컷에서는 조사가 시작된 9월부터 11월까지 성장기였으며, 12월과 1월에는 대부분이 성숙기의 난모세포 상태로 관찰되었다. 이후 2~3월에 완숙 및 방정기의 조직상이 관찰되었으며, 일부 개체에서 4월까지 이어졌다. 4~6월에는 대부분의 개체가 회복 및 휴지기를 나타냈으며, 7월부터 다시 성장기의 조직상이 관찰되었다.

**고찰**

경골어류 정소의 내부 조직학적 구조는 크게 소엽형(lobule type)과 세관형(tubule type)으로 구분되며(Billard et al., 1982), 소엽형은 주로 체외수정 경골어류에서 나타나고, 세관형은 주로 체내수정 경골어류에서 나타나는 것으로 알려져 있다(Lee et al. 1997). 참가자미 정소의 외부형태는 노래미, *Agrammus agrammus* (Chung and Lee, 1985), 참돔, *Pagrus major* (Matsuura et al., 1987)과 같은 체외수정 경골어류 정소의 일반적인 형태

와 유사하며, 정소의 내부조직상은 다수의 정소소엽으로 구성되어 있으며 각 소엽들의 수정소관은 중앙내강의 수정관에서 합쳐져 연결되는 소엽형에 속한다.

참가자미의 난소는 高野(1979)의 기준에 따라 전형적인 낭상형 난소를 나타내고 있으며, 난소의 내부구조는 문치가자미(Lee et al., 1985), 노래미(Chung and Lee, 1985) 등 대부분의 경골어류에서 볼 수 있는 것처럼 결체성 조직인 난소박판으로 구성되어, 이곳에서 난원세포들이 유래된다.

Wallace and Selmen (1981)은 경골어류의 난모세포 발달양식을 동기 발달형(synchronous), 난군동기발달형(group-synchronous), 비동기발달형(asynchronous)의 세 가지로 구분하였다. 참가자미의 난모세포 발달양식은 성숙 난소내에서 크게 초기 난모세포군과 성숙 난모세포군 두 무리로 나눌 수 있으며, 초기 난모세포군은 여러 단계로 구분되므로 난군동기발달형에 속하는 것으로 판단된다. 그리고 산란회수는 완숙 및 산란기 난소조직상을 기초로 볼 때 산란기 동안 1회 산란하는 것으로 판단된다. 이러한 결과는 문치가자미(Lee et al., 1985)의 성숙과 산란 특성과 유사한 것으로 판단된다.

산란 후 잔존 난모세포의 운명은 난모세포의 발달정도에 따라 다소 차이가 있는데, 노래미(Chung and Lee, 1985)의 경우에는 여포세포의 형성과 난황축적이 시작된 난모세포는 모두 퇴화·흡수되는 것으로 보고되어 있다. 가자미목 어류의 방란된 난소에서 일부 잔존 성숙란들과 성장중인 난들은 퇴화·흡수되고 있는데, Hayashi (1972)에 의하면 난소내 여포세포는 난모세포의 영양 공급은 물론 퇴화난모세포의 식작용에 관여한다고 보고하고 있다. 이 연구에서도 난모세포 주위에 여포가 형성된 것들은 퇴화기에 전부 세포질 붕괴를 일으켜 퇴화·흡수되지만, 아직 여포를 형성하지 못한 초기 난모세포들은 퇴화되지 않고 위축된 난소내에서 휴지기를 지나고, 이들은 이듬해 성장에 그대로 참여하는 것으로 보인다.

해산 경골어류의 생식주기는 광주기와 수온의 영향을 받는다(Lee et al., 1984). 참가자미와 유사한 해역에 서식하는 문치가자미의 경우, Lee et al. (1985)은 휴지기를 지나 생식소 활성화의 시작은 수온의 변화보다는 6월 하지 이후 일장의 단일화에 의한 것으로 추정하고 있으며, 성숙에는 광주기의 단일화에 저수온이 보충적으로 촉진효과를 나타내 연중 최저수온기에 산란을 행하는 것으로 보고하였다. 이번 연구에서 강원도 주문진 연안의 참가자미의 경우에도 일장이 짧아지기 시작하는 6월 이후 성장하여 일장이 가장 짧은 12월에 성숙기에 도달하였으며, 수온이 가장 낮았던 3월 이후에 산란이 일어남으로써 유사한 경향을 확인할 수 있었다.

참가자미의 산란기에 대하여 Choi et al. (1986)은 영일만에서 3~4월이라고 하였으며, 또한 일본에서 高橋 等 (1983)은 4~6월에 산란이 일어난다고 하여 이번 연구 결과보다는 1~2개월 늦은 것으로 나타났다. 이는 지리적 차이로서 Lee et al. (1985)이 문치가자미에서 위도가 북으로 갈수록 산란기가 빨라진다는

결과와 같은 의미로 판단된다. 그러나 Lee et al. (1997)은 채란을 위하여 조사한 강원도 연안의 참가자미의 경우 3~5월까지 산란기이며, 주산란은 4월에 일어난다고 하여 실제 조직학적 조사와는 1~2개월의 차이를 보였다. 한편 高橋 等 (1983)은 암컷 18 cm 이상, 수컷 16 cm 이상이면 100% 성숙가능하며, 수컷이 먼저 성숙하고 산란기의 월평균 GSI가 암수 각각 15와 2라 보고하였다. 이번 연구에서는 암컷의 GSI는 3월에 가장 높은 23.39를 보였으며, 수컷은 1월에 가장 높은 2.71를 보여 암컷보다 수컷이 2개월 빨리 최대치에 달하였는데, 조직학적 조사에서도 수컷이 암컷보다 빠른 성숙이 일어나는 것으로 나타났다.

이상과 같이 생식소중량지수의 월변화와 조직학적 조사를 기초로 강원도 주문진연안의 참가자미의 생식주기는 성장기(6~9월), 성숙기(10~12월), 완숙 및 산란기(1~3월), 그리고 회복 및 휴지기(4~5월)로 나눌 수 있었다.

## 요 약

이 연구에서는 자연산 참가자미의 주 어획지역인 강원도 주문진 인근해역에서 1998년 9월부터 1999년 10월까지 연간 생식소중량지수의 변화를 조사하였으며, 조직학적 조사에 의한 생식소 발달과정과 생식주기를 밝혔다.

정소는 정소소엽 형태이며, 각각의 정소소엽은 여러개의 소낭 구조를 가진다. 각 소낭내의 생식세포들은 같은 단계의 발달상태를 보인다. 난소는 원추형의 낭상으로 체강벽에서 연결되는 난소간막에 의해 부착되어 있으며, 내부는 결정성 조직인 다수의 난소핵판으로 구성되며, 이곳에서 난원세포가 유래한다. 수컷의 GSI는 1월에 가장 높았으며, 암컷의 GSI는 3월에 가장 높은 값을 보였다. 생식주기는 성장기(6~9월), 성숙기(10~12월), 완숙 및 산란기(1~3월) 그리고 회복 및 휴지기(4~5월)로 나눌 수 있었다. 난모세포의 발달양식은 난군동기발달형에 속하였다.

## 감사의 글

이 논문은 한국과학재단에서 시행한 특정기초연구(과제번호 98-0402-12-01-2)의 연구결과 일부이며, 연구비를 지원해준 한국과학재단에 감사 드립니다.

## 참고문헌

- Billard, R., A. Fostier, C. Weil and B. Breton, 1982. Endocrine control of spermatogenesis in teleost fish. *Can. J. Aquat. Sci.*, **39**: 65-79.
- Cho, K. C., J. H. Kim, C. S. Go, Y. Kim and K. K. Kim, 1995. A study on seedling production of the spotted flounder, *Verasper variegatus*. *Bull. Natl. Fish. Res. Dev. Inst.*, **50**: 41-57 (in Korean).
- Choi, S. H., Y. Y. Chun, Y. G. Gong and S. J. Son, 1986. Studies on the age, growth and maturity of the flounder, *Limanda herzensteini* Jordan et Snyder in Yong-il bay of the eastern sea of Korea. *Bull. Natl. Fish. Res. Dev. Inst.*, **39**: 43-51 (in Korean).
- Chung, E. Y. and T. Y. Lee, 1985. Studies on the reproductive cycle of greenling, *Agrammus agrammus*. *Bull. Natl. Fish. Univ. Pusan*, **25**: 26-42 (in Korean).
- Hayashi, I., 1972. On the ovarian maturation of the Japanese sea bass, *Lateolabrax japonicus*. *Jap. J. Ichtyol.*, **19**: 243-254.
- Jun, J. C., C. H. Kim, J. S. Kim, B. G. Kim and S. U. Kim, 1999. Influence of water temperature and salinity on embryonic development of stone flounder, *Kareius bicoloratus*. *Bull. Natl. Fish. Res. Dev. Inst.*, **56**: 65-73 (in Korean).
- Kim, Y. U., 1982. On the egg development and larvae of right-eye flounder *Kareius bicoloratus* (Basilewsky). *Bull. Kor. Fish. Soc.*, **15**: 323-328 (in Korean).
- Lee, J. S., J. C. Kang and S. H. Huh, 1997. Gonad structure and reproductive cycle of the smallmouth scorpionfish, *Scorpaena miostoma* (Teleostei: Scorpaenidae). *Bull. Kor. Fish. Soc.*, **30**: 627-633 (in Korean).
- Lee, J. S., J. W. Kim, J. C. Kang, Y. K. Shin and P. Chin, 2000. Reproductive cycle and gonadal development of the naked-headed goby, *Favonigobius gymnauchen* (Teleostei: Gobiidae). *Bull. Kor. Fish. Soc.*, **33**: 219-224 (in Korean).
- Lee, J. Y., W. K. Kim and Y. J. Chang, 1997. Influence of water temperature and salinity on Egg development of flatfish, *Limanda herzensteini*. *J. of Aquaculture*, **10**: 357-362 (in Korean).
- Lee, T. Y. I. Hanyu and K. Furukawa, 1984. Effects of photoperiod and temperature on the godadal activity in small filefish, *Rudarius ercodes*. *Bull. Kor. Fish. Soc.*, **17**: 523-528 (in Korean).
- Lee, T. Y., Y. J. Kang and B. D. Lee, 1985. Reproduction and population dynamics of marbled sole *Limanda yokohamae*. 1. Reproduction. *Bull. Kor. Fish. Soc.*, **18**: 253-261 (in Korean).
- 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.
- Rho, Y. G., D. W. Park and G. T. Lee, 1988. Early development and rearing of floating larvae and fry of flatfish, *Limanda herzensteini* Jordan et Snyder. *Bull. Natl. Fish. Res. Dev. Inst.*, **41**: 65-73 (in Korean).
- Rho, Y. G., D. W. Park, Y. J. Park and J. H. Lee, 1988. The artificial seedling production of flatfish, *Limanda sakhalinensis* Hubbs. *Bull. Natl. Fish. Res. Dev. Inst.*, **41**: 65-73 (in Korean).
- Wallace, R. A. and K. Selman, 1981. Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. *Am. Zool.*, **21**: 325-343.
- 鄭文基, 1977. 韓國魚圖譜. 一志社, 서울, 574 pp.
- 高橋豊美·齊藤重男·前田辰昭·木村大, 1983. 陸奥灣におけるマガレイとマコガレイ成魚の生活年週期. *日本水産學會誌*, **49**: 663-670.
- 高野和側, 1979. 生殖腺の成熟過程. 魚類の成熟と産卵. *日本水産學會編*, **6**: 18-30.

원고접수 : 2003년 12월 3일

수정본 수리 : 2004년 2월 3일

책임편집위원 : 명정구