J. of Aquaculture
Vol. 17(1) : 30-38, 2004

한국양식학회지
Journal of Aquaculture
©Korean Aquaculture Society

서해산 쥐노래미, *Hexagrammos otakii*의 성성숙과 산란 특성

강희웅* · 정의영[1] · 김종화[2]
국립수산과학원 서해수산연구소
[1]군산대학교 해양생명과학부
[2]국립수산과학원 보령수산종묘시험장

Sexual Maturation and Spawning Characteristics in Greenling, *Hexagrammos otakii* of the West Coast in Korea

Hee-Woong Kang*, Ee-Yung Chung[1] and Jong-Hwa Kim[2]
West Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research & Development Institute, Incheon 400-420, Korea
[1]School of Marine Life Science, Kunsan National University, Gunsan 573-701, Korea
[2]Boryeong Marine Hatchery, National Fisheries Research & Development Institute, Boryeong 355-851, Korea

To estimate the spawning period the annual change of gonadosomatic index (GSI) were examined from January 2000 to December 2001. Fecundity, spawning frequency and egg diameter were measured by ocular observation. Germ cell differentiation during gametogenesis, the reproductive cycle and the first sexual maturity of greenling *Hexagrammos otakii* were observed under light microscopy from January to December, 2000. GSI began to increase in August and reached the maximum in November when ovary was getting mature. The reproductive cycle of *H. otakii* can be divided into five successive stages in females: early growing stage (July), late growing stage (July to August), mature stage (September to October), ripe and spent stage (September to December), and recovery and resting stage (December to June). Males showed four successive stages : growing (June to August), mature (August to October), ripe and spent (September to December), and recovery and resting stage (December to May). According to the frequency distributions of egg diameter in spawning season, *H. otakii* could be one of polycyclic species spawning 2 times or more during one spawning season. Number of total eggs and mature eggs in the absolute fecundity were related to the standard length and body weight, respectively. Number of total eggs and mature eggs in relative fecundity were also proportional to the standard length, but rather these numbers decreased with body weight. Percentages of first sexual maturity of females and males in greenling were over 50% from 19.1 to 21.1cm in length, and 100% for fish over 25.1cm in length. Therefore, both sexes are ready to reproduce after one year old.

Keywords: Fecundity, First sexual maturity, Reproductive cycle, Spawning period, Spawning frequency

서 론

쥐노래미, *Hexagrammos otakii*는 쥐노래미科에 속하는 어류로 우리나라 전 연안과 중국 북부 및 일본 연안에 주로 분포하고 있는 연안정착성 어류이다(Jung, 1974). 본 종은 남해안은 물론 서해안의 백령도까지 조하대 암초에 주로 서식하고 있는 산업적으로 유용한 종이나 연안 서식장의 환경오염과 무분별한 남획으로 인해 현존량이 급격히 감소하고 있어 적절한 어획 및 자원관리가 요구되는 총허용어획량제도(TAC) 대상생물로 관리가 요구되고 있다. 쥐노래미는 상품성이 높은 고급어종으로 최근 우리나라에서도 인공종묘생산이 시험적인 수준에서 성공을 거두어 양식대상종으로 부각되고 있으나 아직까지 상업적인 대량생산유도 기술개발은 이루어지지 않고 있다.

쥐노래미는 현재까지 자연산 어획에만 의존하고 있어 양식생산이 이루어지지 않고 있으나 2002년 충남 천수만에서는 자연산 치어를 잡아 해상 가두리에서 양식용 종묘로 키워 상품으로 출하하는데 성공한 바 있으며, 다른 양식어종에 비해 겨울에도 성장이 빠른 특징을 가지고 있다. 또한 소비 선호도가 우수하여 시장 출하가격이 대중 양식품종인 넙치 등에 비해 월등히 높기 때문에 쥐노래미의 대량 인공종묘생산과 양식기술이 확립될 경우 어류양식 산업의 경쟁력 향상은 물론 신품종 양식에 의한 어업인의 소득향상에 크게 기여할 수 있을 것이다.

지금까지 쥐노래미에 관한 일련의 연구들은 국내에서는 Kim (1977)의 체장과 체중과의 관계, Kim et al. (1993)의 난 발생과 자치어 발달과정 등의 기초연구 이후 인공종묘생산을 위한 연구가 1990년대 초부터 국립수산과학원 수산종묘시험장에서 이

*Corresponding author: hwgang@nfrdi.re.kr

루어져 왔으며, 이에 관해서는 Han et al. (1998)의 종묘생산시 초기성장, Lee et al. (2000)의 생식주기에 관한 보고 등이 있다. 국외에서의 연구는 번식습성 및 발생과정(Yamamoto and Nishioka, 1948), 산란(Yasuie et al., 1978), 종묘생산(Matsunaga et al., 1974; Murata and Oda, 1988), 섭이 습성 및 연령과 성장(Oda, 1984; Ye, 1992), 유전 및 핵형분석(Yu et al., 1992; Mtsuoka et al., 1996) 등이 있다. 또한 Kanamoto는 본 종의 생태(1976, 1979) 등을 보고하였다. 쥐노래미과인 노래미(Chung and Kim, 1994)에 관한 성성숙 연구는 수행되었으나, 쥐노래미의 성성숙 연구는 본 종의 종묘생산기술개발을 위한 기초연구로써 반드시 선행되어야 하지만 재생산력과 관련된 번식생태에 대한 전반적인 자료가 매우 미흡한 실정이다. 따라서 서해산 쥐노래미 자원의 효과적인 관리를 위해 쥐노래미의 생식잠재력을 구명하기 위한 기초자료를 제공하고자 성성숙과 산란에 연관되는 난소발달단계에 따른 간세포의 활성변화(Chung et al., 2002)에 이어, 생식소중량지수, 난소내 난의 난경변화와 산란횟수, 포란수 및 어느 체장에서부터 성숙, 산란에 가입되는지를 알기 위해서 군성숙도를 조사하였다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 재료는 2000년 1월부터 2001년 12월까지 충남 보령시 연안 앞바다에서 낚시 및 통발로 매월 1회씩 채집한 총 495개체의 쥐노래미였다. 채집된 시료는 즉시 실험실로 옮겨 전장과 체장은 0.1 cm까지, 체중은 0.1 g까지 계측하였고 해부하여 어체로부터 떼어 낸 생식소는 0.01 g까지 계측하였다.

광학현미경 조직표본 제작은 Bouin 고정액에 24시간 고정하여 파라핀절편법에 의해 5~8 μm 두께로 연속절편을 만들었으며, Hansen's hematoxylin과 0.5% eosin으로 이중 염색하였고, Mallory로 결체조직과 근육조직을 구분하였으며, 생식세포의 형태와 크기 등을 검경 · 관찰하였다. 산란기를 간접적으로 추정하기 위하여 조사한 생식소중량지수(gonadosomatic index)는 (생식소중량 x 100)/체중을 사용하여 계산하였다.

난경조성 변화는 성숙기에서 완숙기에 이르는 2000년 9~12월의 개체 중 성숙상태가 육안으로 식별되는 재료의 난소만을 0.01 g까지 계측한 후 개량 Gilson solution (Love and Westphal, 1981)에 수용, 난의 분리를 촉진시키기 위해 4일간 몇 시간 간격으로 흔들어 주었고, 분리되지 않는 난들은 해부침으로 결합조직과 난들을 완전히 분리한 다음 만능투영기(Nikon, J-12A)와 Image Analyzer System (BMI plus program, Winnatech Co.)을 이용 매월 10개체의 난경을 측정하여 난경 mode를 산출하였다. 산란기간 중 산란횟수 추정은 산란기 중 난경조성을 근거로 Chung et al. (1991)의 방법에 따라 판정하였다. 포란수의 계산은 500 μm 이상의 난들을 Bagenal and Braum (1987)의 용적중량법을 사용하여 계수하였으며, 군성숙도는 성숙시기인 2000년 9월에서 산란이 종료되는 2001년 1월까지 채집된 개체들의 생식소 조직표본을 현미경하에서 난경을 조사하여 암수별로 성숙에 이른 후 재생산에 참여하는 크기를 조사하였다.

결 과

생식소중량지수(gonadosomatic index, GSI)의 연간변화

2000년 1월부터 2001년 12월까지 2년간의 생식소중량지수(GSI)의 연간변화는 Fig. 1에 나타내었다. 2000년의 GSI 평균값은 암컷의 경우, 1월에서 7월까지 0.38 이하로 아주 낮았으나 8월(0.65)부터 서서히 증가하여 11월에 연중 최고값(7.57)을 나타내었다. 이 후 GSI 값은 점차 떨어져 12월에 5.56를 나타내었다. 2001년의 GSI 값의 연간변화는 2000년에 조사된 값과 큰 차이 없이 유사한 경향을 나타냈다. 1월에서 7월까지는 GSI 평균값은 0.42 이하로 아주 낮았으나 9월로 접어들면서 생식소가 급격히 발달을 시작하여 11월에 최고값(5.92)에 도달한 후, 12월부터 다시 떨어져 낮은 값(2.30)을 유지하였다.

수컷의 GSI 연간변화의 경우도 암컷과 유사하게 변화하여 2000년 1~8월까지 0.07 이하의 낮은 값을 나타내다가 9월부터 증가하기 시작하여 11월에 연중 최고값(0.88)을 나타내었다. 이 후 12월에는 0.52로 약간 감소되었다. 2001년에 있어서도 2월에서 7월까지는 큰 변동 없이 0.08 이하의 극히 낮은 값을 유지하였는데 7월에는 0.02로 가장 낮은 값을 나타내었다. 그리고 8월부터 증가하기 시작하여 10월에 급상승하여 암컷보다 1개월 빨리 연중 최고값(1.17)을 나타내었다.

생식소발달 단계에 따른 생식주기

월별로 연간 조사된 난소 및 정소내 생식세포 발달의 조직학적 관찰을 토대로 쥐노래미의 생식주기는 암컷의 경우 초기성장기, 후기성장기, 성숙기, 완숙 및 산란기, 그리고 회복 및 휴지

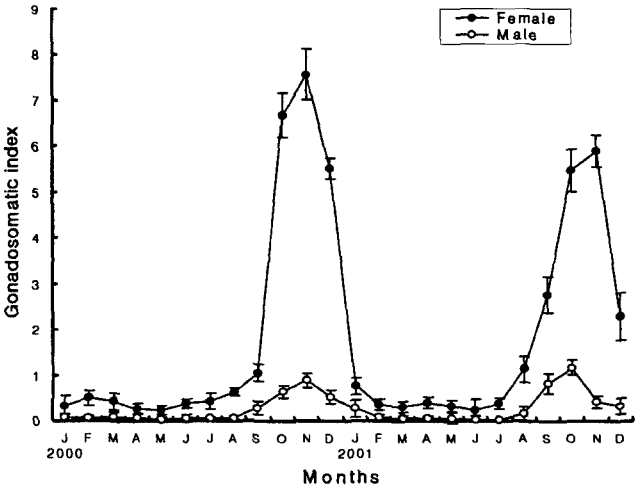

Fig. 1. Monthly changes in the gonadosomatic index (GSI) of *Hexagrammos otakii* from January 2000 to December, 2001. Vertical bars represent standard error.

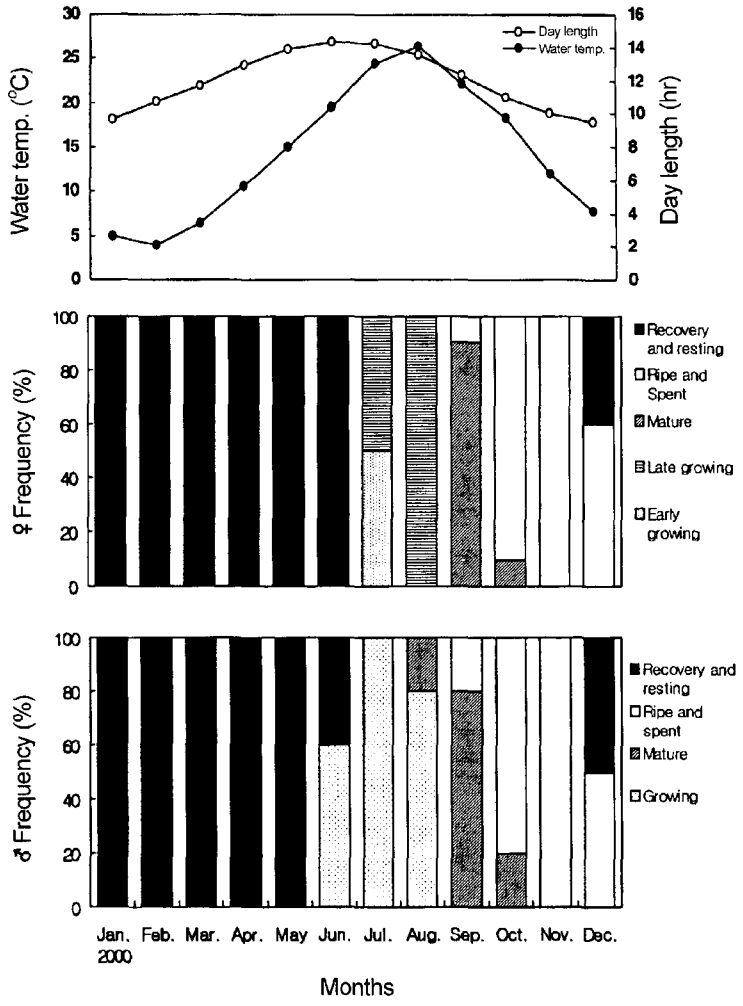

Fig. 2. Water temperature, day length and frequency of gonadal phases in female and male *H. otakii* from January to December, 2000.

기의 연속적인 5단계로, 수컷은 성장기, 성숙기, 완숙 및 방정기, 회복 및 휴지기의 연속적인 4단계로 구분할 수 있었다(Fig. 2).

난 소

(1) 초기성장기(early growing stage)

7월의 개체들에서는 난소가 활성화되기 시작하여 초기성장기의 난소소엽내에서는 초기어린 난모세포(난경 12.0~21.5 μm)와 주변인기 난모세포(난경 35~115 μm)들이 출현하였다(Fig. 3A).

(2) 후기성장기(late growing stage)

7~8월에 접어들면 대부분의 개체가 후기성장기의 난소를 갖는데, 난소내에서는 난황포기(난경 115~310 μm) (Figs. 3B, C) 및 난황과립을 갖는 난황구기 난모세포(난경 450~800 μm)들이 난소소엽을 가득 채웠다(Fig. 3D).

(3) 성숙기(mature stage)

난소의 발달이 급격히 진행되어 대부분의 난소내에는 다량의 난황이 축적된 난모세포들과 배포이동기에 속하는 성숙난모세포(난경 950~1,050 μm)들로 가득 채워졌다(Fig. 3E). 성숙기의 개체들은 9월에서 10월까지 출현하였다.

(4) 완숙 및 산란기(ripe and spent stage)

9월과 12월에는 완숙기의 난소가 출현하였고, 이때 암컷의 난소소엽내에는 난경 1,100~1,400 μm 전후의 완숙난으로 가득 채워져 있고, 이들 완숙난의 난황구는 균질화되었다(Fig. 3F). 11월 초순부터 배란흔적을 보이는 난소가 출현하기 시작하여, 이들의 산란은 11~12월까지 지속되었다(Fig. 3G).

(5) 회복 및 휴지기(recovery and resting stage)

12월 이후 방란이 끝난 암컷개체들의 난소소엽내에는 미방출된 난모세포들과 잔존여포들이 회복 · 흡수되었으며 난소소엽은 위축되었다. 특히 난소소엽내에서 난황포기 난모세포 보다 더 발달한 모든 난모세포들은 모두 회복 · 흡수되었고, 호염기성 세포질을 가지는 초기성장기의 크로마틴인기 및 주변인기의

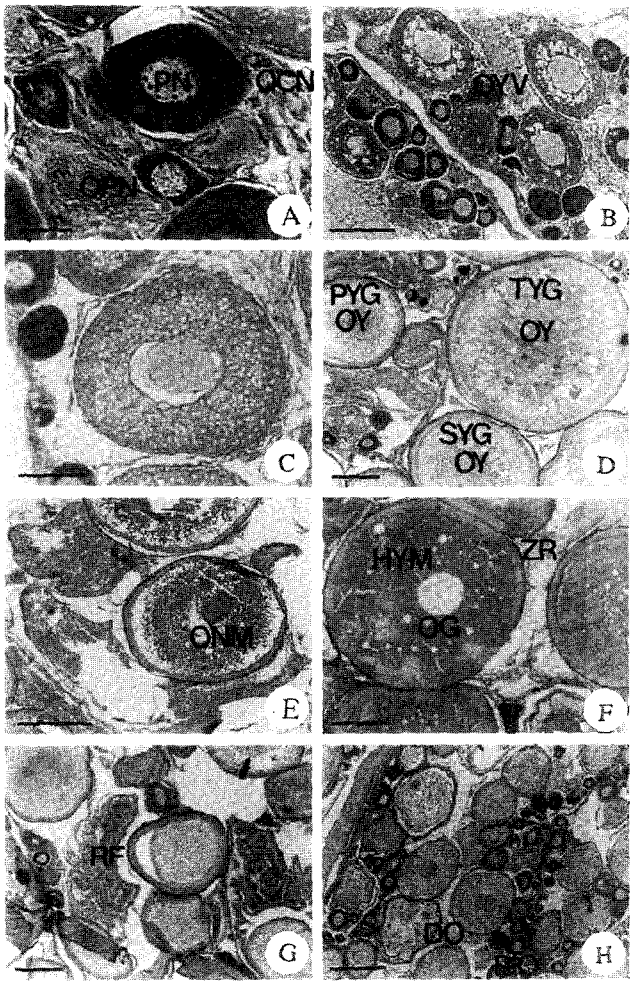

Fig. 3. Photomicrographs of ovarian developmental phases of *H. otakii* (A~H). A, Section of the ovarian lobule in the early growing stage, with oocytes in the chromatin-nucleolus and perinucleolus stages in the cytoplasms. Scale bar=10 μm; B, section of the ovarian lobules in the late growing stage, with oocytes in the yolk vesicle stage in the cytoplasms. Scale bar=200 μm; C, section of an ovarian lobule in the late growing stage, with oocytes in the yolk vesicle stage in the cytoplasms. Scale bar=100 μm; D, section of an ovarian lobule in the late growing stage, with oocytes in yolk stages in the cytoplasms. Scale bar=200 μm; E, section of lobule in the mature stage, with oocyte in the nucleus migratory stage. Scale bar=400 μm; F, section of a lobule in the ripe stage, with ripe eggs containing homogenized yolk materials and oil globules in the cytoplasm and well developed zona radiata. Scale bar=400 μm; G, section of the lobule in the spent stage, with residual follicles after ovulation. Scale bar=200 μm; H, section of the ovarian lobule in the recovery and resting stage, with degenerating oocytes and residual immature oocytes. Scale bar=100 μm. Abbreviation; DO, degenerating oocyte; HYM, homogenized yolk materials; OCN, oocyte in the chromatin nucleolus stage; OG, oil globule; ONM, oocyte in the migratory nucleus; OPN, oocyte in the perinucleolus stage; OY, oocyte in the yolk syage; OYV, oocyte in the yolk vesicle stage; PN, perinucleolus; PYG, primary yolk granule; RF, residual follicle; RIO, residual immature oocyte; SYG, secondary yolk granule; TYG, tertiary yolk granule; ZR, zona radiata.

난모세포들이 난소소엽을 채웠다. 이들 개체들은 12월부터 6월까지 장기간에 걸쳐 회복 및 휴지기의 상태를 나타내었다(Fig. 3H).

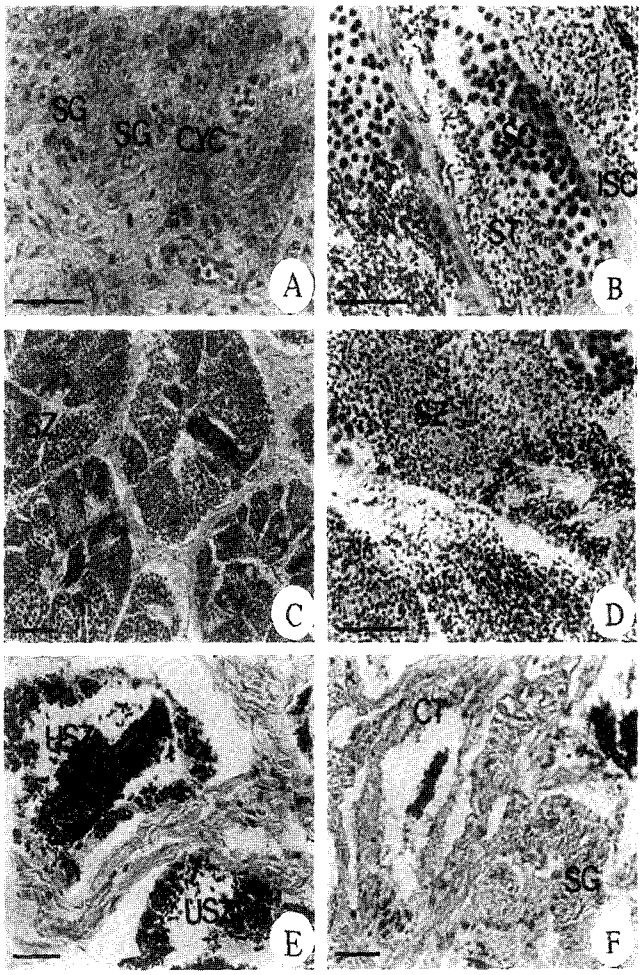

Fig. 4. Photomicrographs of testicular developmental phases of *H. otakii* (A~F). A, Section of the testicular lobules in the growing stage; B, section of the testicular lobules in the growing stage, with numerous small spermatogonia and messenchymal tissue along the germinal epithelium of testicular lobules; C, section of the lobules in the mature stage, with the cyst composed of spermatogonia, spermatocytes, spermatid and spermatozoa in the testicular lobules; D, section of the lobules in the ripe stage. E, section of the testicular lobule in the spent stage; F, section of the testicular lobules in the recovery and resting stage, with withering and undischarged spermatozoa existing in the lumen of the lobules. Abbreviation; CYC, cyst cell; ISC, interstitial cell; SC, spermatocyte; SG, spermatogonium; ST, spermatid; SZ, spermatozoon; USZ, undischarged spermatozoon. Scale bars=30 μm.

정 소

(1) 성장기(growing stage)

6~7월에 이미 생식소가 활성화되어 비후된 정소소엽 상피내에는 정원세포들이 활발하게 분열증식하였고 정모세포들이 출현하였다(Fig. 4A). 7~8월에는 세포질이 호염기성으로 변한 정세포군들과 일부 소수 변태된 정자들이 나타났다(Fig. 4B).

(2) 성숙기(mature stage)

8~10월에 정소소엽의 생식상피는 아주 얇아지고 포낭내에는

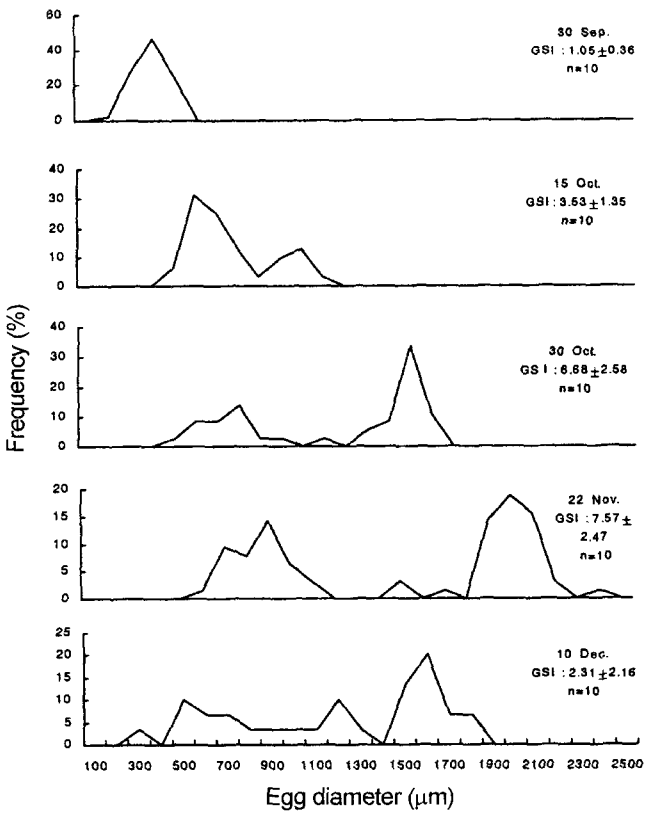

Fig. 5. Frequency distribution of egg diameter of *H. otakii*. GSI= gonadosomatic index.

소수의 정원세포를 비롯하여 성숙분열중인 정모세포군과 변태중인 정세포군들이 나타나고 있으며 일부 정자는 정소소엽의 중앙부에서 출현하였다. 9월 이후에 성숙개체들이 나타났다(Fig. 4C).

(3) 완숙 및 방정기(ripe and spent stage)

9~12월에 정소소엽과 수정세관내에는 변태를 마친 정자들이 밀집되어 있었으며(Fig. 4D), 정자의 방정이 일어났다(Fig. 4E).

(4) 회복 및 휴지기(recovery and resting stage)

방정을 마친 개체들은 정자들을 자체 회복 · 흡수하면서 생식소가 위축되었으며 회복기로 접어들었다. 정소내 정자들은 2월까지 계속 회복 · 흡수되었고, 정소소엽상피 위에는 소수의 정원세포들이 출현 · 배열된 후 계속하여 1~5월까지 장기간에 걸쳐 휴지기 상태를 나타내었다(Fig. 4F).

산란기 중 난소내 난경조성 및 산란횟수

난소내 난의 성숙 및 산란횟수를 알기 위해 9월에서 12월 채집 개체에 대하여 난소내 난경조성을 조사하였다(Fig. 5). 산란기 이전의 9월 개체에서는 400 μm 전후의 소형 난모세포가 주된 군을 형성하였으며 10월 중순에 이르면 600 μm와 1,100 μm 전후의 난모세포군이 2개 모드로 발달되었다. 10월 하순경에는 이들 모드가 더욱 발달하여 800 μm 군과 1,600 μm 군으로 변화되었으며, 주 산란기인 11월에는 900 μm 전후의 난모세포군과 분리된 2,000 μm 전후의 대형 난모세포군이 배란된 상태로 관찰되었다. 이후 12월이 되면 2,000 μm 전후의 대형 난모세포군이 사라지고 없으며, 500 μm와 1,600 μm 전후의 2개 난모세포군이 나타났다. 쥐노래미는 산란기 개체의 난경조성으로 보아 한 산란기동안 1개체가 2회 이상 산란하는 것으로 나타났다.

산란기 난소내 포란수

쥐노래미의 번식력을 알기 위하여 산란 경험이 없다고 판단

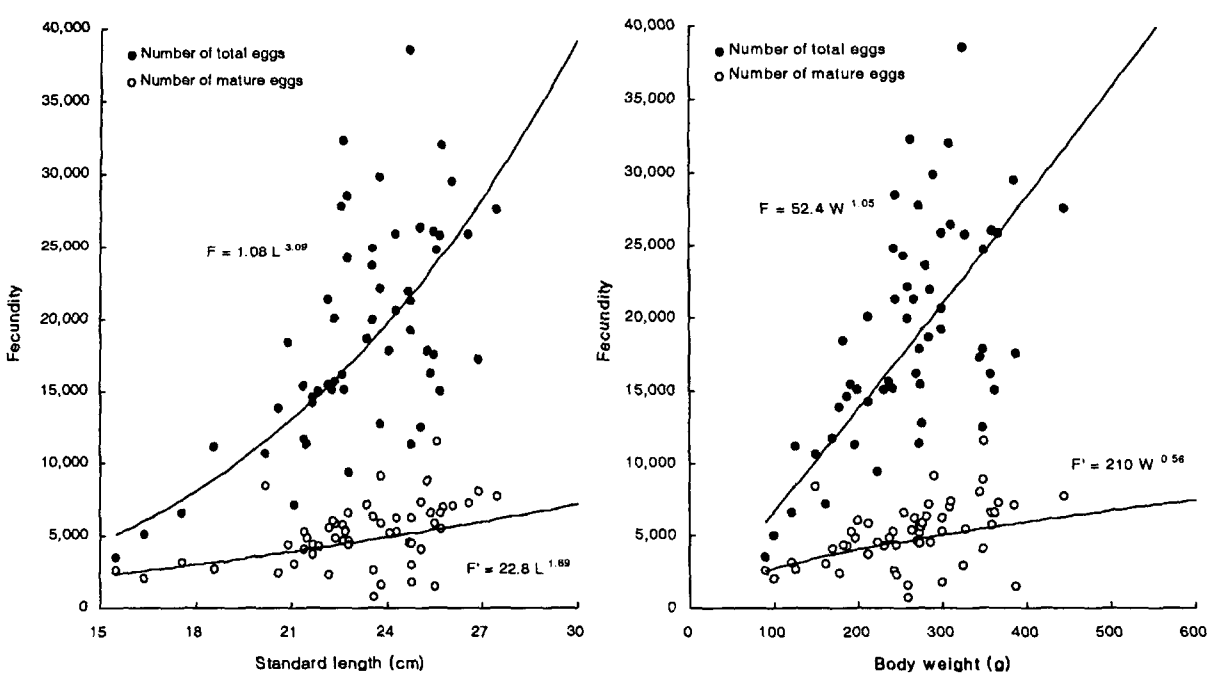

Fig. 6. Relationship between standard length (cm), body weight (g) and fecundity of *H. otakii*.

Table 1. Composition of absolute and relative fecundities with standard length in female *Hexagrammos otakii*

Standard length (cm) (YCG)	Absolute fecundity		Relative fecundity (per cm)	
	Total eggs	Mature eggs	Total eggs	Mature eggs
15.0~20.0(I)	3,522~11,143	2,049~3,126	227~599	125~178
	6,578	2,613	377	153
20.1~22.0(II)	7,151~18,418	2,445~8,413	339~881	119~416
	13,221	4,483	622	212
22.1~24.0	9,394~32,274	730~9,096	412~1,422	31~382
	20,680	4,981	900	217
24.1~26.0(III)	11,338~38,630	1,468~11,514	457~1,558	58~450
	21,714	5,627	866	224
26.1~34.0(IV)	17,286~69,808	7,050~14,891	643~2,289	269~449
	37,956	8,865	1,296	307

*YCG means year class group. I, 1-Year; II, 2-Years; III, 3-Years; IV, 4-Years.

되는 57개체를 대상으로 포란수를 조사한 결과 총 포란수(F)와 표준체장(BL)과의 관계는 $F=1.08\ L^{3.09}$, 성숙란수(F')와 표준체장(BL)과의 관계는 $F'=22.8\ L^{1.69}$의 식으로 나타났다. 그리고 총 포란수(F)와 체중(W)과의 관계는 $F=52.4\ W^{1.05}$, 성숙란수(F')와 체중(W)과의 관계는 $F'=210\ W^{0.56}$의 식으로 나타났다(Fig. 6). 채집된 개체 중 최소 성숙개체인 표준체장 15.1~20.0 cm의 개체군들은 평균 6,578개의 난을 가지고 있었으며, 이 중 성숙란수는 평균 2,613개로 나타났다. 22.1~24.0 cm의 개체군들은 평균 20,680개의 포란수를 보였으며, 이 중 4,981개가 성숙란이었고, 최대 성숙개체인 표준체장 26.1~34.0 cm의 개체군들은 평균 37,956개의 난을 가지고 있었으며, 이 중 성숙란수는 평균 8,865개였다.

이들의 체장에 따른 상대포란수는 15.1~20.0 cm의 개체들은 총 포란수가 377개/cm, 성숙란수는 153개/cm였으며, 22.1~24.0 cm의 개체들은 총포란수가 900개/cm, 성숙란수는 217개/cm였다. 그리고 최대 표준체장인 26.1~34.0 cm의 개체들은 총 포란수가 1,296개/cm, 성숙란수는 307개/cm로 체장이 증가할수록 포란수도 증가하는 것으로 나타났다(Table 1). 그러나 체중에 따른 상대포란수는 체중이 증가함에 따라 점차 감소하는 경향을 나타내었다(Table 2).

군성숙도

쥐노래미 개체가 어느 체장에서부터 재생산에 참여하기 시작하는 가를 알기 위해서 군성숙도를 조사하였다. 군성숙도의 판정은 Volodin et al. (1974)과 Hayashi (1972), Fedrov (1971) 등에 조사된 방법을 참고로 산란기가 시작되는 9월부터 산란이 종료된 1월까지 표준체장 13.1~35.0 cm의 암컷 97마리, 수컷 79마리를 대상으로 생식소 조직표본을 조사하여 방란·방정에 참여한 개체와 참여하지 못한 미성숙 개체를 조사하였다(Table 3). 군성숙도 조사 개체 중 암·수에서 가장 많이 출현한 표준체장 범위는 21.1~23.0 cm였다. 암컷의 경우 표준체장 17.0 cm

Table 2. Composition of absolute and relative fecundities with body weight in female *H. otakii*

Body weight (g)	Absolute fecundity		Relative fecundity (per g)	
	Total eggs	Mature eggs	Total eggs	Mature eggs
90~200	3,522~18,418	2,049~8,413	39~101	14~56
	11,108	4,105	68	26
201~250	9,394~28,471	2,344~5,853	42~116	10~28
	18,237	4,205	78	18
251~300	11,338~32,274	730~9,096	42~122	3~31
	21,199	5,121	77	19
301~350	12,501~38,630	2,940~11,514	36~119	9~33
	23,982	6,718	74	20
351~840	15,024~69,808	1,468~14,891	41~99	4~20
	32,696	7,296	65	16

Table 3. The standard length at first sexual maturity of *H. otakii*

Standard length (cm)	Female		Male	
	Number	Mature (%)	Number	Mature (%)
13.1~15.0	3	-	3	-
15.1~17.0	7	29	5	20
17.1~19.0	15	47	7	43
19.1~21.0	14	64	18	78
21.1~23.0	29	72	21	86
23.1~25.0	14	86	10	90
25.1~27.0	11	100	11	100
27.1~29.0	1	100	3	100
29.1~31.0	1	100	1	100
31.1~33.0	1	100	-	-
33.1~35.0	1	100	-	-
Total	97		79	

이하에서는 29%, 19.1~21.0 cm에서는 64%만이 산란에 참여하고 있으며, 전 개체가 산란에 참여한 것으로 판단되는 표준체장은 25.1 cm 이상으로 나타났다. 수컷의 경우 표준체장 15.1~17.0 cm에서 20%, 19.1~21.0 cm에서는 78%가 방정에 참여하고 있어 암컷보다 좀 더 많은 개체들이 성성숙에 도달하고 있으며, 전 개체가 산란에 참여하는 것은 암수 모두 표준체장 25.1 cm 이상으로 나타났다.

고 찰

Lee et al. (2000)에 의하면, 남해안산(충무) 쥐노래미의 GSI 변화는 1월에 최고값을 나타내었으며, 3~9월까지는 1.0 이하의 아주 낮은 값을 나타내었다고 하였다. 그러나 본 연구에서 서해안산(보령) 쥐노래미의 GSI는 11월에 최대값을 나타내었고 12월과 1월에 급감되는 현상을 나타내어 큰 차이를 보였다. 그러나 3~8월까지는 남해안산 쥐노래미와 같이 GSI는 1.13 이하의 낮은 값을 보였다.

많은 어종은 각각 정해진 시기에 성숙 · 산란하며 산란기를 중심으로 하여 생식소 내부구조의 발달 변화가 생식연주기를 나타내고 있다. 또 이 생식연주기는 생식현상의 직접적인 요인이 되는 어체내의 내분비활동을 주년적으로 변화하게 하는 수온, 광주기 등의 외적 요인에 의해 지배되며 영향을 받는 것으로 알려져 있다(Asahina and Hanyu, 1983; Shimizu and Hanyu, 1993). 쥐노래미는 일조시간이 짧아지는 9월 이후부터 생식소가 급격히 발달하여 연중 가장 일조시간이 짧은 10월과 12월에 산란기를 이루고 있으며 이때 수온은 고수온기에서 저수온기로 변화(수온 8~13℃)되고 있다(Fig. 2). 이러한 결과는 노래미, *Hexagrammos agrammus*의 생식연주기 및 성성숙과 산란(Chung and Lee, 1985; Chung and Kim, 1994), 범가자미 *Verasper variegatus* (Kim et al., 1998)의 성성숙과도 일치하였다. 은어, *Plecoglossus altivelis* (白石, 1965), 무지개송어, *Salmo gairdneri irideus* (Nomura, 1962) 등과 같이 추계산란어종을 대상으로 하여 실험적으로 조사한 바에 의하면 자연보다 짧은 단일처리에 의하여 생식소 성숙이 시작되며 이때 저수온은 보상적 작용을 하는 것으로 보고되어 있다. 추 · 동계 산란어종인 쥐노래미는 노래미와 유사하게 일장이 짧은 시기에 성숙이 시작되고 있음을 알 수 있으며, 성숙은 수온보다 단일장이 크게 영향을 주는 것으로 여겨진다(Chung and Lee, 1985). 쥐노래미는 생식주기를 보면 동계산란 어종인 노래미(Chung and Lee, 1985)에서와 같이, 산란개시는 단일, 저수온에 의해 유도되는 것으로 보이나, 최초의 생식활성화가 일어나는 시기는 고수온기인 6~7월 이므로 생식시원세포의 분열증식은 고수온에 의해 유도되고 이후 단일장과 저수온에 의해 성장 · 성숙과 산란이 촉진되는 것으로 생각된다.

쥐노래미의 산란기는 남해안(통영), 동해안(영일만)에서 11~1월(Choi et al., 1997; Lee et al., 2000)로 보고되어 있으나, 본 연구지역인 서해안에서는 9월 하순부터 12월 중순까지로 지역간 약간의 차이를 보였다. 쥐노래미가 연안정착성 어류이나 Kanamoto (1976)가 지적한 바와 같이 동일한 쥐노래미일지라도 위도가 보다 높은 북쪽으로 갈수록 그 산란기가 빨라진다고 하였는데 이것은 지역적으로 광주기의 단일화와 저수온으로 접어드는 시기가 다르게 나타나 그 지역의 산란기 결정에 주요한 작용을 하고 있다.

쥐노래미의 산란기 개체들의 난소내 난경조성은 성숙기인 9월에는 400 μm 전후로 균일한 분포를 보이나, 10월에 접어들면 최대 1,600 μm까지 성장하여 여러 개의 난경모드로 분산되어 출현하고 있는데, 난소 조직상에서도 난황형성중인 난모세포에서 배란되기 직전의 난모세포에 이르기까지 여러 단계의 난모세포들이 무리를 이루어 나타나고 있다. 난 발달의 조직학적 변화와 난경변화 등에서 볼 때 난황이 축적된 난들은 곧 산란에 참여하게 되는데, 최대 성숙에 이른 난들은 곧 2개 이상의 다른 성숙란의 무리에서 분리되어 산란에 참여하게 된다. 그러나 포란수 조사에서 볼 때 전체 포란수에 비해 난황형성이 완료된 성숙난들의 수는 전체의 일부분으로 나타났다. 난경조성에서 2차, 3차의 성숙난 무리에 속하는 난들의 수는 크게 차이를 보이지 않았으며, 처음 산란한 수와 이후 2, 3회째 산란한 산란수 사이에도 거의 차이가 없는 것으로 나타났다.

경골어류의 산란은 어종에 따라 다양하나 크게 다음의 3가지 무리로 나눌 수 있는데, 첫째는 산란기 중에 암컷이 1회만 산란하는 무리, 그리고 1년중 한번의 산란기간 중에 암컷이 되풀이하여 산란하는 무리와 특정 산란기를 가지지 않고 연중 산란하는 무리로 구분되어 있다(隆島, 1982). 쥐노래미의 경우는 산란기가 11~12월까지 지속되고 있으며 산란기 개체의 난경조성으로 보아 한 산란기동안 한 개체가 적어도 2회 이상 산란하는 다회 산란종으로 두번째 무리에 속하는 종이다. 그리고 성숙시기에 각 개체의 포란수에서 나타난 성숙란의 수를 난경변화에서 나타난 곧 산란할 무리에 속하는 성숙란들의 수로 나눈

결과에서도 3회 이상의 산란이 가능할 것으로 나타났다. 이는 쥐노래미가 한 산란기동안 수회 산란하는 어종임을 나타내는 것으로 이러한 현상은 쥐노래미과에 속하는 노래미(Chung and Kim, 1994)와 임연수어, *Pleurogrammus azonus* (Ivankov, 1976), 그리고 동계산란어종인 범가자미, *Verasper variegatus* (Kim et al., 1998)에서도 나타나고 있다. 이들의 난 발달 양식은 다회산란 어종이며 비동기발달형(Wallace and Selman, 1981)에 속하는 종들로 쥐노래미와 유사한 생식특성을 가지고 있다. 그러나 한 산란기동안 1회 산란하는 어종인 야생금붕어, *Carassius auratus gibelio*의 난경조성 변화에서는 성숙란이 여러 모드로 분리 발달되는 현상을 볼 수 없는 것으로 보고되어 있다(Ivankov, 1976). 번식능력을 측정하기 위해 조사된 절대포란수 조사에서는 체장 34.0 cm인 개체에서 69,800여 개로 최대로 나타났는데, 체장이 커질수록 절대포란수도 급격히 증가되었고, 또한 체중에도 비례하여 증가하였다(Table 1, 2). 본 조사에서 체중 증가에 따라 포란수가 증가되는 현상은 Lee(1999)에 의해 보고된 쥐노래미 포란수 조사 결과에서도 나타났다. 단위 체장당 상대포란수는 체장의 증가와 함께 증가하였으나, 단위 체중당 상대포란수와 성숙란수 사이에는 체중 증가에 따라 감소하는 것으로 나타났다. 이와같은 현상은 전어, *Konosirus punctatus* (Kim and Lee, 1984), 노래미(Chung and Kim, 1994)에서도 동일하게 보고되어 있다.

포란수 조사에서 본 연구에 사용된 대부분의 개체는 체장 30.0 cm 이하로 丹下 · 堺 (1972)이 보고한 포란수와 비슷하였으나, 체장 30 cm 이상에서는 Lee (1999)와 Matsunaga et al. (1974)의 조사 결과와 차이가 크게 나타나고 있어, 쥐노래미 서식 해역의 특성에 따라 개체들 간에 차이가 큰 것으로 간주된다. Kim and Kang (1997)에 의해 조사된 자료에 의하면 연령별 체장조성은 만 1세가 15 cm 전후, 2세 20 cm 전후, 3세가 25 cm 전후, 4세가 26~28 cm로 추정되고 있어, 본 연구에 사용된 쥐노래미의 체장 범위는 15.1~34.0 cm로 1~4년군에 해당되는 것으로 볼 수 있다. 쥐노래미의 절대포란수 및 상대포란수를 연령과 관련지어 살펴보면 체장(연령)이 증가됨에 따라 절대포란수 및 상대포란수도 증가되었다.

요 약

본 연구는 2000년 1월부터 2001년 12월까지 쥐노래미, *Hexagrammos otakii*를 대상으로 산란시기를 간접적으로 추정하기 위하여 생식소중량지수(GSI)의 연간변화를 조사하였다. 또한 2000년 1월부터 12월까지 포란수, 산란횟수, 난경조성을 육안적 관찰로 연구하였다. 배우자 형성과정 중 생식세포 분화, 생식소발달 단계에 따른 생식주기, 군성숙도에 관해서 광학현미경으로 연구하였다. GSI의 연간변화는 암컷과 수컷에서 8월에 증가되기 시작하여 저수온기인 10~11월에 최대값을 나타냈다. 생식연주기는 암컷에서 초기성장기(7월), 후기성장기(7~8월), 성숙기(9~10월), 완숙 및 산란기(9~12월), 회복 및 휴지기(12월~6월)로 구분되었고, 수컷에서는 성장기(6~8월), 성숙기(8~10월), 완숙 및 방정기(9~12월), 회복 및 휴지기(12월~5월)의 연속적인 단계로 구분할 수 있었다. 성숙 및 산란기인 9~12월 사이의 난소내 난경조성의 조사 결과, 쥐노래미는 2~3회 이상 산란하는 다회 산란어종으로 확인되었다. 번식력을 측정하는 총포란수와 성숙란수는 체장이 커질수록 포란수도 많아지고, 체중에도 비례하여 증가하였다. 단위 체장당 총포란수와 성숙란수는 체장의 증가에 따라 증가하였으나, 단위 체중당 포란수는 체중 증가에 따라 감소하였다. 군성숙도 조사에서 50% 이상 산란에 참여하는 개체는 암·수의 체장 19.1~21.0 cm이었으며, 25.1 cm 이상에서 전 개체가 산란에 참여하였으며, 생식에 가담하는 암·수의 연령은 1세부터였다.

참고문헌

Asahina, K. and I. Hanyu, 1983. Role of temperature and photoperiod in annual reproductive cycle of the rose bittering, *Rhodeus ocellatus ocellatus*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., **49**: 61–67.

Bagenal, T. B. and E. Braum, 1987. Eggs early life history. In. E. Ricker (editor). methods for assesment of fish production in fresh water. pp. 165–210 (Int. Bio. programme) Hand b. 3.

Choi, S. H., D. S. Jeong, J. H. Park and C. S. Park, 1997. Maturity and spawning of the greenling *Hexagrammos otakii* in the Southern part of the East sea of Korea. Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Inst., **53**: 17–22 (in Korean).

Chung, E. Y. and T. Y. Lee, 1985. A Study on the reproductive cycle of Greenling, *Agrammus agrammus* (Temminck et Schlegel). Bull. Nat. Fish. Univ. Pusan. **25**: 26–42 (in Korean).

Chung, E. Y., C. H. An and T. Y. Lee, 1991. Sexual maturation of the bluespotted mud hopper, *Boleophthalmus pectinirostris* (Linnaeus). Korean J. Ichthyol., **24**: 167–176 (in Korean).

Chung, E. Y. and S. Y. Kim, 1994. On the maturity and spawning of Greenling, *Hexagrammos agrammus*. Korean J. Ichthyol., **6**: 222–236 (in Korean).

Chung, E. Y, H. W. Kang and K. W. Lee, 2002. Changes in activity of the hepatocytes of the greenling *Hexagrammos otakii* with the ovarian development phases. Korean J. Ichthyol., **14**: 132–142 (in Korean).

Han, H. K., H. W. Kang and K. H. Ryee, 1998. A study on early growth in seedling production of the greenling, *Hexagrammos otakii*. Bull. Natl. Fish. Res. Dev. Inst., **54**: 69–77 (in Korean).

Ivankov, V. N., 1976. The formation of ultimate fecundity in intermittently spawning fish with reference to the Southern One finned Greenling, *Pleurogrammos azonus*. and the wild glod fish *Carassius auratus gibelio*. J. Ichthyol., **16**: 56–62.

Jung, M. K., 1974. The fishes of Korea, IL-JISA, Seoul, 522 pp. (in Korean)

Kanamoto, Z., 1976. On the ecology of Hexagrammid fish I. Habitats and behaviors of *Agrammus agrammus*(Temminck et Schlegel) and *Hexagrammos otakii*(Jordan et starks). Jap. J. Ecol., **26**: 1–12 (in Japanese).

Kanamoto, Z., 1979. On the ecology of hexagrammid fish IV. Mode of the distribution of *Agrammus agrammus* and *Hexagrammos otakii* and compositions abundance and food items of reef fish around serveral reefs. Jap. J. Ecol., **29**: 171–183 (in Japanese).

Kim, C. K. and Y. J. Kang, 1997. Stomach contents analysis of fat greenling, *Hexagrammos otakii*. J. Korean Fish. Soc., **30**: 432–441 (in Korean).

Kim, H. B. and T. Y. Lee, 1984. Reproductive biology of a shad, *Konosirus punctatus* (Temminck et Schlegel). Bull. Korean Fish. Soc., **17**: 206–218 (in Korean).

Kim, Y., C. M. An, K. K. Kim and H. J. Baek, 1998. Sexual maturation of the spotted flounder *Verasper variegatus*. Korean J. Ichthyol., **10**: 191–199 (in Korean).

Kim, Y. U., 1977. Length-weight relationship of *Hexagrammos otakii* Jordan et Starks. Bull. Nat'l. Fish. Univ. Busan Nat. Sci., **17**: 55–57 (in Korean).

Kim, Y. U., K. H. Han and B. H. Kim, 1993. The embryonic and larval development of the greenling, *Hexagrammos otakii* Jordan et starks. Korean J. Ichthyol., **5**: 151–153 (in Korean).

Lee, J. K., 1999. Study on the seedling production of greenling, *Hexagrammos otakii*. Ph. D. thesis, Dongeui Univ., 123 pp (in Korean).

Lee, J. K., H. K. Lim, C. H. Han, J. H. Jeung, D. J. Kim and Katsumi. A., 2000. Changes of gonadosomatic index and sex steroid hormone of serum in cultured greenling (*Hexagrammos otakii*). J. Korean Fish. Soc., **33**: 302–306 (in Korean).

Matsunaga, T., T. Yamazaki and T. Fukuda, 1974. On the collection of eggs and larval rearing of the greenling, *Hexagrammos otakii* Saibai kiken. **3**: 61–69 (in Japanese).

Matsuoka, N., T. Asanuma and T. Sugiyama, 1996. Genetic relationship and enzyme polymorphism in the two fishes *Hexagrammos otakii* and *H. agrammus*. Sci Rep. Hirosaki Univ., **43**: 239–246.

Murata, M. and T. Oda, 1988. Mass production of seedling of fat greenling *Hexagrammos otakii*. Bull. Fish. Exp. Stn. Okayama Prefect., **3**: 211–212 (in Japanese).

Nomura, M., 1962. Studies on reproduction of rainbow trout, *Salmo gairdneri*, with special reference to egg taking-III. Acceleration of spawning by control of light. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., **28**: 1070–1076.

Oda, T., 1984. Effects of artificial diet supplemented soybean-lecithin for fat greenling, *Hexagrammos otakii* larvae. Bull. Fish. Exp. Stn. Okayama Prefect., 1984, 64–68 (in Japanese).

Shimizu, A. and I. Hanyu, 1993. Factors involved in the development of and decline on photoperiodism as it relates to the gonadal activity of a spring-spawning bitterling, *Acheilognathus tabira*. J. Exp. Zool., **265**: 134–143.

Wallace, R. A. and K. Selman, 1981. Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. Am. Zool. **21**: 325–343.

Yamamoto, G. and C. Nishioka, 1948. Breeding habits and developmental processes of greenling, *Hexagrammos otakii* Jordan et starks. Seibutu. **3**: 167–170 (in Japanese).

Yasuie, S., T. Fukuda and M. Shinohara, 1978. On the spawning of fat cod, *Hexagrammos otakii* in the waters of Ushimado Region. 2. Bull. Fish. Exp. Stn. Okayama Prefect., 1977, 93–99.

Ye, Q., 1992. Feeding habits of greenling from coastal waters of Qingdao. Trans. Oceanol. Limnol. Haiyang Huzhao Tongbao, **4**: 50–55.

Yu, Z., X. Kong, D. Feng and Z. Xie, 1992. Studies on the karyotypes of *Sebastes schlegeli* (Hilgendorf) and *Hexagrammos otakii* Jordan et Starks. J. Ocean. Univ., Qingdao Qingdao Haiyang Daxue Xuebao, **22**: 118–124.

丹下勝義·堺 告久, 1972. アイナメの成熟度について, 兵庫水試報告第12號. 1–10.

白石芳一, 1965. アユの成熟に及ぼす光週期の影響. 第6報 日長時間の切りかえの成熟に及ぼす光週期の影響. 淡水研報, **15**: 91–98.

隆島史夫, 1982. サケ·マス類 魚介類の成熟·產卵の制御(日本水產學會編), 恒星社. 厚生閣, 東京, pp. 90–103.

원고접수 : 2003년 8월 18일
수정본 수리 : 2003년 11월 6일
책임편집위원 : 강덕영