

불볼락 (*Sebastes thompsoni*)의 생식주기

이정식 · 안철민* · 허성희**

여수수산대학교 어병학과, *국립수산진흥원 거제수산종묘배양장, **부경대학교 해양학과

Reproductive Cycle of the Goldeye Rockfish, *Sebastes thompsoni* (Teleostei: Scorpaenidae)

Jung Sick LEE, Cheul Min AN* and Sung-Hoi HUH**

Department of Fish Pathology, Yosu National Fisheries University, Yosu 550-749, Korea

*Keoje Hatchery, National Fisheries Research and Development Institute, Keoje 656-840, Korea

**Department of Oceanography, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

Sexual maturation and reproductive cycle of the goldeye rockfish, *Sebastes thompsoni* were investigated under photomicroscopy. Samples were collected monthly in the coastal water of Samcheonpo (34°55'N), Korea from November 1995 to October 1996. The ovary consists of several ovarian lamellae originated from ovarian outer membrane. Oogonia which are originated from the inner surface of the ovarian lamella protrude to the ovarian cavity in oocyte stage, and they are suspended by the egg stalk. The testis is seminiferous tubule type in internal structure. Seminiferous tubule consists of many testicular cysts which contain numerous germ cells in same developmental stage. Biological minimum size of female and male were 19.5 cm and 21.5 cm in total length, respectively. Gonadosomatic index (GSI) of female was the highest (9.56) in March and the lowest (0.15) in August. GSI of male was the highest (0.25) in February and the lowest (0.04) in July. Reproductive cycle was classified into the following successive stages: in female, growing (October and November), maturation (December~February), gestation (March), parturition and recovery (April~June) and resting (July~September), and in male, growing (September~November), maturation (December and January), ripe and copulation (February and March) and degeneration and resting (April~August).

Key words : *Sebastes thompsoni*, biological minimum size, GSI, reproductive cycle

서 론

수산동물의 생식기구에 관한 연구는 우선 자연상태에서 각 종 동물의 정확한 생식주기와 생식활동을 지배하는 요인이 밝혀져야 하는데, 이는 자원증식을 위한 기본적인 연구과제이기도 하다.

불볼락, *Sebastes thompsoni*은 양볼락과에 속하는 난태생 경골어류이며, 우리나라 전연안의 수심 80~150 m 정도의 암초지역에 주로 서식하는 연안 저서 정착성 어류로 남해안에서는 "열기"라는 방언으로 불리는 어종이다. 또한 불볼락은 조피볼락, *S. schlegeli*, 볼락, *S. inermis* 등과 함께 경제성이 높은 어종이나 최근 연안해역의 오염과 남획으로 인하여 자원량이 격감하는 추세이다.

볼락류의 생식에 관한 연구는 Morser (1967)의 *Sebastes paucispinis*의 생식주기에 관한 보고를 비롯하여 국내에서도 볼락의 생식과 체내자어 발달 (Lee and Kim, 1992), 정착형성에 관한 미세구조적 연구 (Lee, 1996), 조피볼락의 생식주기 (Baik, 1993), 배우자형성에 관한 미세구조적 연구 (Chung and Chang, 1995), 성분화 (Lee et al., 1996) 그리고 황점볼락, *Sebastes oblongus*의 성숙과

생식주기 (Chang et al., 1995) 등에 관한 보고가 있다. 그러나 불볼락에 관한 연구로는 초기생활사에 관한 보고 (Nagasawa and Kobayashi, 1995)와 난형태 및 자어의 형태 발달 (Han et al., 1996)을 제외하고는 찾아보기 힘든 실정이다.

본 연구에서는 불볼락이 난태생 경골어류라는 측면에서 난생과 태생어류의 중간적인 생식생물학적 세부사항을 이해하고, 자원조성용 어종의 효율적인 종묘생산 기술개발의 기초자료 축적이라는 관점에서, 이들의 생물학적 최소형, 암·수 생식소 발달과정 및 생식주기 등을 주로 조직학적인 방법을 이용하여 밝히고자 하였다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 재료는 1995년 11월부터 1996년 10월까지 경남 삼천포 (34°55'N) 인근해역에서 정치망으로 채집하였다. 채집된 재료는 활어상태로 실험실에 옮겨 성체와 모체의 난소강으로부터 추출한 자어를 측정자, 해부현미경 및 전자식 저울을 이용하여 전장 0.1 mm, 체중 0.1 g까지 측정하였다.

측정이 끝난 성체의 생식소를 절취하여 이들의 중량을 0.01 g까지 측정 한 후, Bouin's solution에 일정시간 고정하여 파라핀절편법에 의해 4~6 μm 두께로 연속절편하여 조직표본을 만들었다. 제작된 조직표본은 Mayer's hematoxylin과 0.5 % eosin의 비교염색과 Mallory 삼중염색을 실시하였다.

생식소중량지수 (gonadosomatic index: GSI)는 “생식소중량×100 / 체중”의 식으로 구하였다. 생물학적 최소형은 1.0 cm 간격으로 같은 크기에 속하는 개체 가운데 성적으로 성숙한 조직상을 나타내는 빈도가 50.0 % 이상인 최소 크기로 정하였다. 난소 발달단계는 세포질에 대한 핵의 비율, 핵의 형태 및 위치, 난황축적 정도, 인의 수, 여포세포층의 발달 등을 기준으로 구분 하였다. 체내 자어수는 임신한 개체의 난소를 절개한 후 체내 자어를 추출하여 계수하였다.

결 과

1. 생식소의 형태 및 구조

1) 난 소

난소는 소화관과 등쪽 체벽 사이에 있으며 한쌍의 낭상형으로 후방부 말단은 각각의 난소가 융합된 형태이다. 난소의 후방 아래쪽에는 방광이 위치하는데, 방광에서 유래된 수노관은 수관관과 말단에서 합일되어 항문 뒤쪽의 비노생식공으로 이어진다. 난소의막은 바깥쪽에서 부터 장막층, 환상근층, 종주근층, 상피층으로 구성된다 (Fig. 1, A). 난소내부는 난소의막으로 부터 시작된 여러

겹의 난소박판 (ovarian lamella)으로 구성되며 이곳에서 난원세포가 유래한다 (Fig. 1, B). 난원세포는 난모세포로 발달하면서 난소박판 내부에서 부터 난소강쪽으로 돌출되어 난병 (egg stalk)에 의해 난소박판에 연결된다.

2) 정 소

불볼락의 정소는 한쌍의 긴 원추형으로 소화관과 등쪽 체벽사이에서 후방으로 길게 신장되어 있다. 수정관은 수노관과 말단부에서 합일되어 항문 뒤쪽에 위치한 작은 돌기형태의 교미기에 이어진다. 정소의 내부조직상은 다수의 정세관 (seminiferous tubule)으로 구성된다. 각각의 정세관은 여러개의 소낭 (cyst)구조를 가지는데, 각 소낭 내의 생식세포들은 같은 단계의 발달상태를 보였다 (Fig. 2, A). 소낭구조는 정원세포가 정모세포로 발달하는 시기부터 나타나기 시작하며, 생식주기에 따라 소낭내에서는 각각 정모세포, 정세포 및 정자를 관찰할 수 있었다.

2. 생물학적 최소형

생식에 참여할 수 있는 개체의 크기를 알아보기 위해 암컷은 12월부터 5월까지의 85개체, 수컷은 11월부터 3월까지 77개체를 조사한 결과는 Table 1과 같다.

이 결과에서 생물학적 최소형은 암컷은 전장 19.5 cm, 수컷은 전장 21.5 cm로 나타났다.

3. 생식소 발달

1) 난 소

분열증식기의 난소박판 내부결체성 조직에는 주로 난원세포와 염색인기 단계의 초기난모세포가 관찰된다. 난

Table 1. Biological minimum size of the goldeye rockfish, *Sebastes thompsoni*

Total length (cm)	Female			Male		
	Number of examined individuals	Number of matured individuals	Maturity (%)	Number of examined individuals	Number of matured individuals	Maturity (%)
11.1~12.0	2	·	·	·	·	·
16.1~17.0	2	·	·	1	·	·
17.1~18.0	5	1	20.0	6	2	33.3
18.1~19.0	8	1	12.5	4	1	25.0
19.1~20.0	9	6	66.7	9	3	33.3
20.1~21.0	7	5	71.4	7	3	42.9
21.1~22.0	8	6	75.0	9	5	55.6
22.1~23.0	15	13	86.7	11	7	63.6
23.1~24.0	13	13	100	14	10	71.4
24.1~25.0	8	8	100	7	7	100
25.1~26.0	3	3	100	5	5	100
26.1~27.0	3	3	100	2	2	100
27.1~28.0	2	2	100	2	2	100
Total	85	·	·	77	·	·

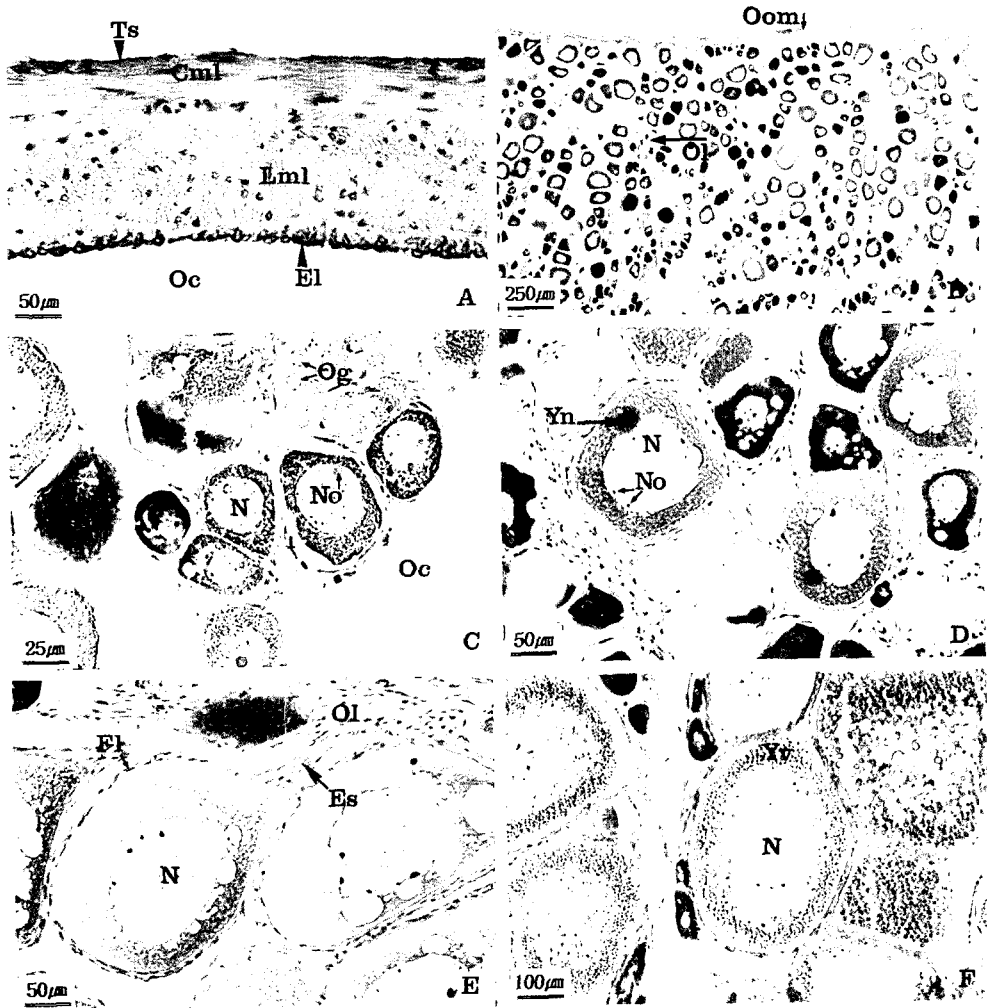


Fig. 1. Photomicrographs of internal morphology and the developmental phases of ovary in the goldeye rockfish, *Sebastes thompsoni*. A, cross section of ovarian outer membrane. B, internal morphology of ovary in longitudinal section. C, oogonia and early oocytes in the chromatin nucleolus stage. D, oocytes in the perinucleolus stage. Note the yolk nucleus in the cytoplasm and several nucleoli in the karyoplasm. E, oocytes in the late perinucleolus stage. Note the egg stalk. F, oocytes in the yolk vesicle stage. Cml, circular muscle layer; El, epithelial layer; Es, egg stalk; Fl, follicle layer; Lml, longitudinal muscle layer; N, nucleus; No, nucleolus; Oc, ovarian cavity; Og, oogonia; Ol, ovarian lamella; Oom, ovarian outer membrane; Ts, tunica serosa; Yn, yolk nucleus.

원세포는 세포질의 대부분을 핵이 차지하며 핵질에는 불규칙한 염색사들이 분포한다. 염색인기 단계의 초기난모세포들은 세포질에 대한 핵의 비율이 차츰 감소되며 핵질에는 1~2개의 뚜렷한 인이 관찰된다 (Fig. 1, C). 이후 난모세포들은 차츰 성장하면서 핵내에는 인의 수가 증가하고 세포질에는 난황핵 (yolk nucleus)이 나타난다 (Fig. 1, D). 직경 250 μm 내외의 후기주변인기 단계의 난모세포들은 난소강쪽으로 돌출되면서 난병에 의해 난소박판에 연결된다. 이때 세포질의 수질부에는 공포상의 과립

물질들이 축적되며, 여포세포층은 발달된 상태를 보였다 (Fig. 1, E). 난모세포들은 지속적인 성장의 결과로 난황포기 단계에 여포세포층은 더욱 발달하게 되며, 세포질의 수질부는 공포상의 물질이 차지하며 피질부는 난황과립들로 채워진다 (Fig. 1, F). 난경 600 μm 크기의 성숙기 난모세포의 핵은 핵막이 불규칙하게 되면서 한쪽으로 치우치게 되고, 난막은 호산성의 염색성을 나타낸다 (Fig. 1, G). 완숙난모세포는 여전히 난병에 의해 난소박판에 매달려 있는 상태로 핵은 불분명하고 피질부의 일부를

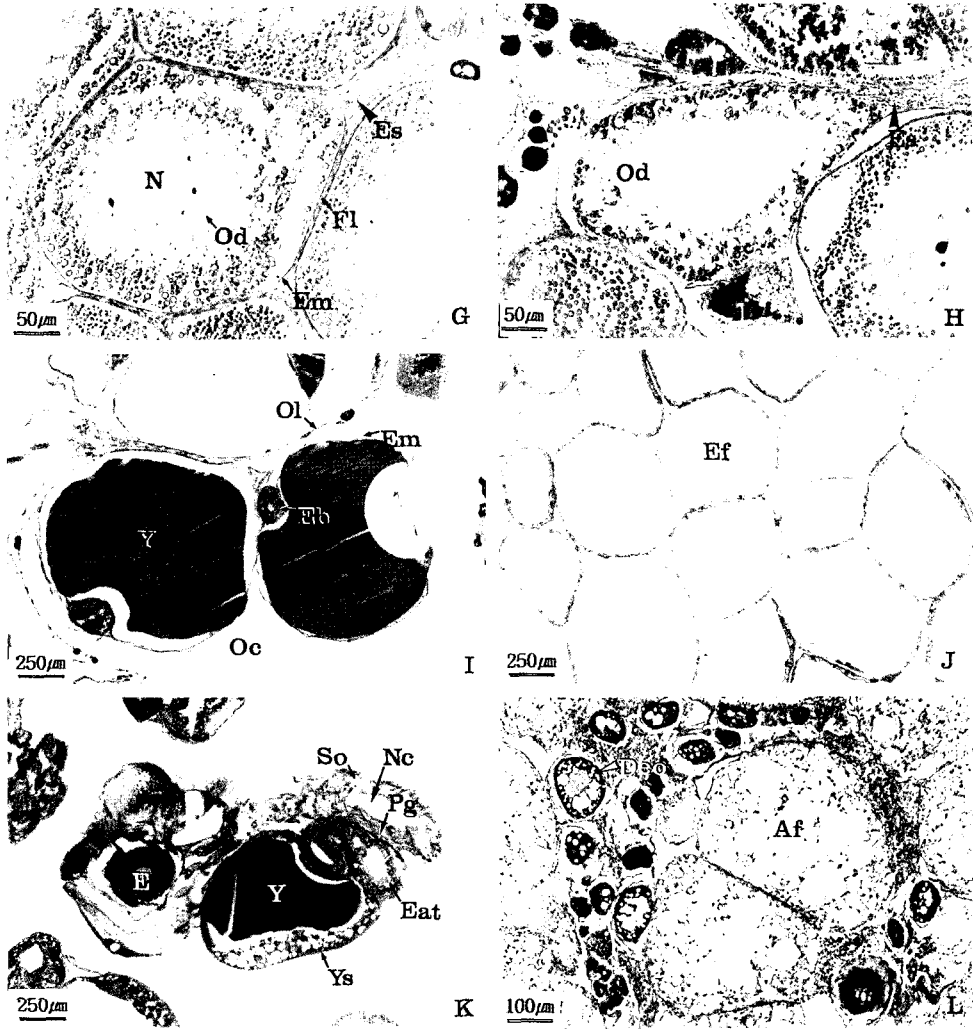


Fig. 1. Continued.

G, oocyte in the maturation stage. H, section of ripe oocyte. Note the egg stalk. I, section of early embryo. J, internal morphology of ovary after ovulation. K, embryo before parturition. L, internal morphology of ovary in degenerative stage. Note the atretic follicle. Af, atretic follicle; Deo, degenerative early oocyte; E, eye; Eat, early alimentary tract; Eb, embryonic body; Ef, empty follicle; Em, egg membrane; Es, egg stalk; Fl, follicle layer; N, nucleus; Nc, notochord; Oc, ovarian cavity; Od, oil droplet; Ol, ovarian lamella; Pg, primitive gonad; So, somite; Y, yolk; Ys, yolk sac.

제의한 세포질은 유구로 채워진다 (Fig. 1, H). 수정후 초기발생란은 발생이 진행되면서 배순이 자라나 난황을 덮게되고 (Fig. 1, I), 체내자어의 출산시기 전후에 난소 조직상에서는 빈 여포가 관찰된다 (Fig. 1, J). 출산직전의 체내자어는 복부에 상당량의 난황을 보유하며 눈, 척수, 체절, 소화관 및 생식소의 분화가 관찰된다 (Fig. 1, K). 출산후 시간이 경과함에 따라 빈 여포는 공포상의 물질로 채워지며 잔존 난모세포들은 퇴화·흡수된다

(Fig. 1, L).

2) 정소

정세관의 상피에서 유래된 정원세포들의 크기는 직경 20 µm 내외이다. 정원세포는 세포질의 대부분을 차지하는 커다란 핵을 가지며, 핵질에서는 염기성염료에 반응한 뚜렷한 단일인 또는 염색사가 관찰된다 (Fig. 2, B). 이후 정세관에서는 소낭구조가 차츰 확인되면서 핵질과 세포질이 응축된 제 1정모세포군 (Fig. 2, C)과 제 2정모세포

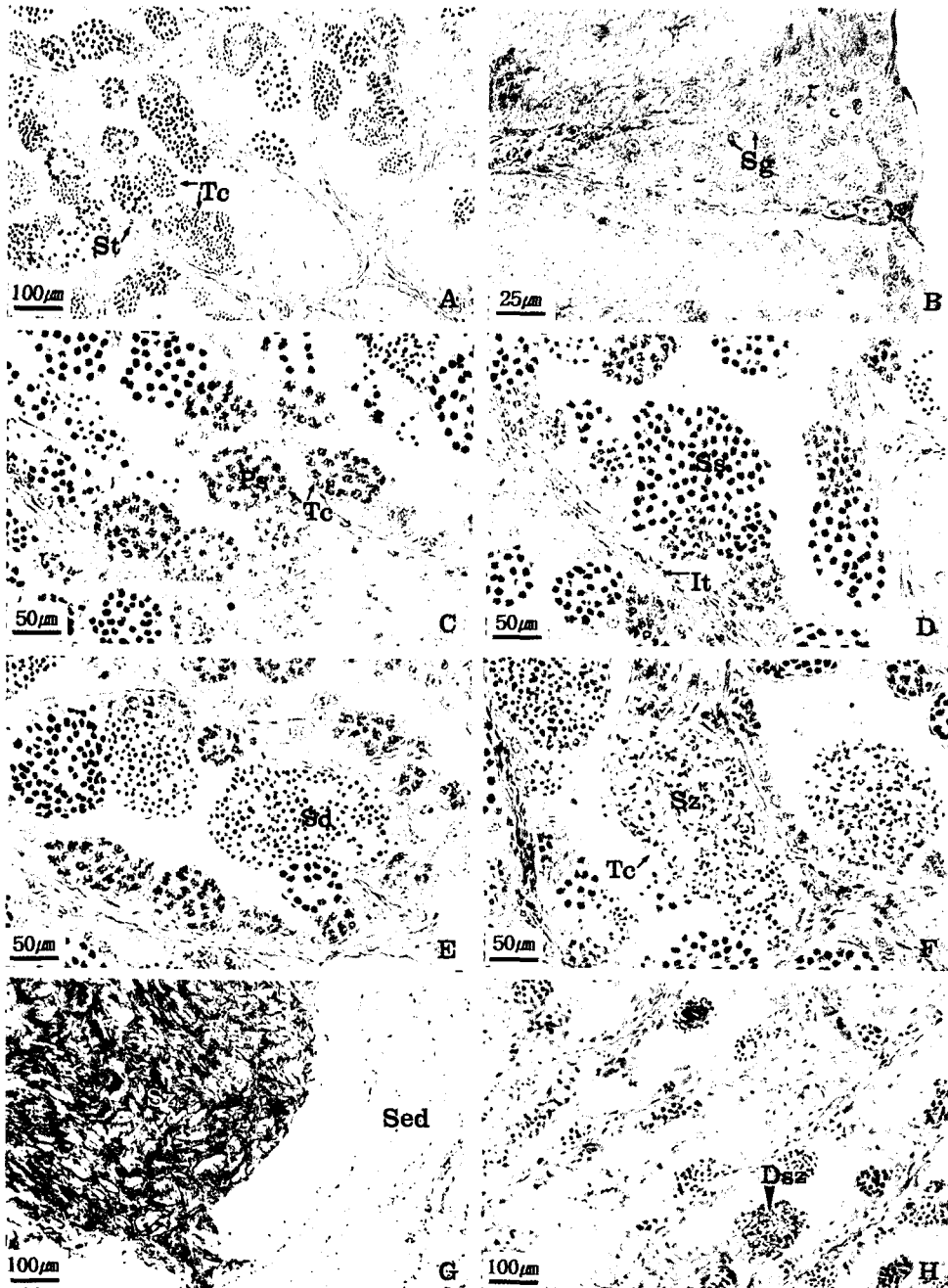


Fig. 2. Photomicrographs of internal morphology and the developmental phases of testis in the goldeye rockfish, *Sebastes thompsoni*. A, internal morphology of testis. Note the seminiferous tubule contains many testicular cysts. B, spermatogonia in the germinal epithelium of seminiferous tubule. C, primary spermatocytes within the testicular cyst. D, secondary spermatocytes within the testicular cyst. E, spermatids within the testicular cyst. F, spermatozoa within the testicular cyst. G, spermatozoa within the sperm efferent duct. H, section of degenerative stage. Dsz, degenerative spermatozoa; It, interstitial tissue; Ps, primary spermatocytes; Sd, spermatids; Sed, sperm efferent duct; Sg, spermatogonia; Ss, secondary spermatocytes; St, seminiferous tubule; Sz, spermatozoa; Tc, testicular cyst.

군 (Fig. 2, D)이 나타난다. 12월로 접어들면서 정세관의 소낭 가운데 일부 확장된 소낭내에서는 염기성염료에 농염되는 정세포군의 관찰이 가능하다 (Fig. 2, E). 1월과 2월에 정세관의 소낭내에서는 변태를 마친 완숙정자군 (Fig. 2, F)이 관찰되었으며, 수정관에서는 주변부가 산성염료에 반응하는 정자과 형태의 완숙정자들이 밀집된 조직상을 보였다 (Fig. 2, G). 교미후 3월과 4월의 정소소낭 내강에서는 방정후의 잔존정자와 성장 및 성숙이 중지된 생식세포들이 퇴화·흡수되는 조직상이 관찰되었다 (Fig. 2, H).

4. 생식소증량지수 (GSI)의 월변화

1995년 11월부터 1996년 10월까지 조사된 암·수 각각의 GSI의 월변화는 Fig. 3과 같다.

암컷의 GSI는 12월부터 증가하기 시작하는데 특히, 1월 이후에 큰 폭으로 증가하여 3월에는 9.56으로 연중 최고치를 나타냈다. 그후 4월부터는 계속 감소하여 8월에는 0.15로 최저치를 나타냈다. 수컷의 GSI는 8월부터 차츰 증가하기 시작하여 1월에는 0.12를 나타냈으며, 그후 급격히 증가하여 2월에는 0.25로 최고치를 나타냈다. 그후 3월부터는 감소하기 시작하여 7월에는 0.04로 연중 최저치를 나타냈다.

5. 생식주기

생식소증량지수의 월변화와 매월 채집된 개체의 생식소 조직상을 기초로 암·수 각각의 생식주기를 Fig. 4와 같이 도식화 할 수 있었다.

불볼락 암컷의 생식주기는 성장기 (10~11월), 성숙기 (12~2월), 임신기 (3월), 출산 및 회복기 (4~6월) 그리고 휴지기 (7~9월)로 나눌 수 있다. 수컷의 생식주기는 성장기 (9~11월), 성숙기 (12~1월), 완숙 및 교미기 (2~3월) 그리고 퇴화 및 휴지기 (4~8월)로 나눌 수 있다.

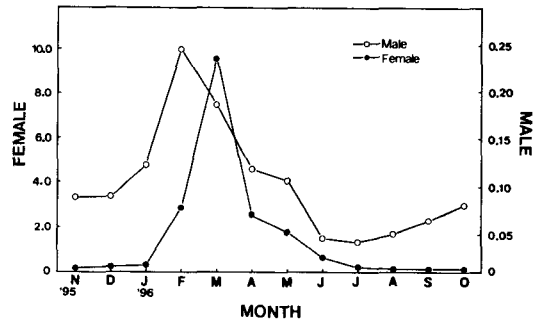


Fig. 3. Monthly change of the gonadosomatic index (GSI) in the goldeye rockfish, *Sebastes thompsoni*.

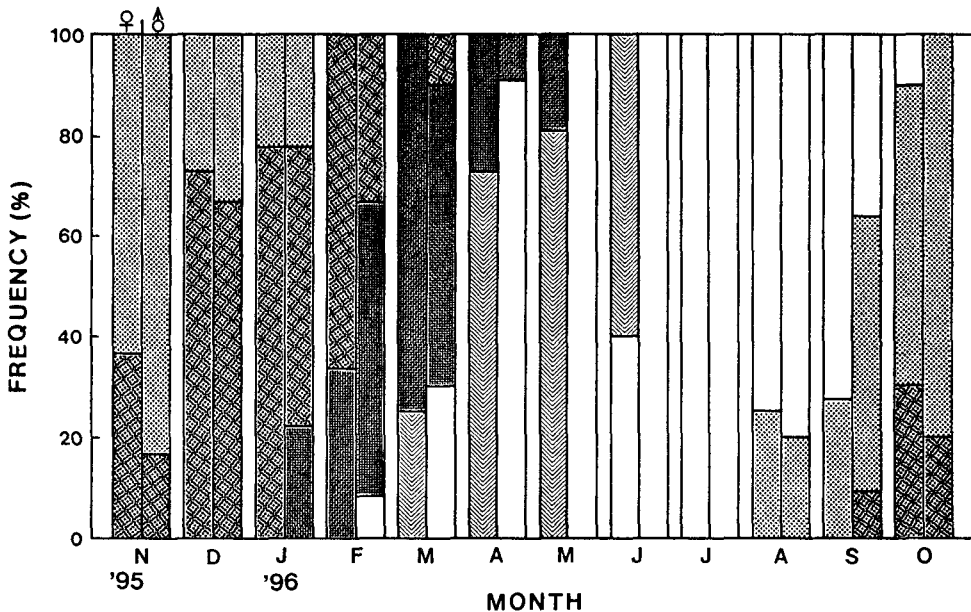


Fig. 4. Monthly change in frequency of the gonad developmental stage in the goldeye rockfish, *Sebastes thompsoni*. Female, growing; maturation; gestation; parturition and recovery; resting. Male, growing; maturation; copulation; degeneration and resting.

고 찰

불볼락 난소의 내부구조는 여러개의 난소박판으로 구성되어 있는데, 이러한 난소구조는 노래미, *Agrammus agrammus* (Chung and Lee, 1985), *Sebastes paucispinis* (Morser, 1967), 누루시볼락, *Sebastes vulpes* (Sasaki and Igarashi, 1974), 볼락, *S. inermis* (Lee and Kim, 1992), 황점볼락, *S. oblongus* (Chang et al., 1995), 조피볼락, *S. schlegeli* (Lee et al., 1996) 등에서도 보고되고 있다. 불볼락의 난원세포는 난소박판의 내부에서 유래되며, 난원세포는 성장하면서 난소강쪽으로 돌출되어 난병(egg stalk)에 의해 매달려지는데, 이러한 난병구조는 담수산 담치의 일종인 *Anodonta* (Beams and Sekhon, 1966)와 전복류, *Haliotis* (Lee, 1974) 그리고 최근에는 어류인 쭈굴감펍, *Scorpaena miostoma* (Lee et al., 1997)에서도 보고된 바 있다. 또한 *Sebastes flavidus* (Michael, 1992)와 볼락 (Lee and Kim, 1992)에서도 난병에 대한 언급은 없지만, 이들의 보고에 사용된 난소 내부조직상의 사진에서 난병과 유사한 구조를 확인할 수 있으므로 차후 이러한 난병구조는 많은 어류에서 보고될 것으로 생각된다.

불볼락 정소의 외부형태는 난생 또는 다른 난태생 경골어류와 유사하나, 내부조직상은 다수의 정세관으로 구성됨으로써 Billard et al. (1982)이 제시한 lobule type과 tubule type 가운데 tubule type에 속한다. Lobule type의 정소를 가지는 어류로는 노래미 (Chung and Lee, 1985), 자리돔, *Chromis notatus* (Lee and Lee, 1987), 참돔, *Pagrus major* (Matsuura et al., 1987) 등이 있다. Tubule type을 가지는 어류로는 썸쟁이, *Sebastes marmoratus* (Mizue, 1958), *Sebastes paucispinis* (Morser, 1967), 누루시볼락 (Sasaki and Igarashi, 1974), 볼락 (Lee and Kim, 1992), 황점볼락 (Chang et al., 1995), 조피볼락 (Lee et al., 1996), *Micrometrus minimus* (Grier, 1981), *Cymatogaster aggregata* (Wiebe, 1968), 망상어, *Ditrema temmincki* (Lee et al., 1995) 등이 있다. 이와같은 보고에서 lobule type의 정소는 주로 체외수정을 하는 난생 경골어류에서 나타나며, tubule type의 정소는 주로 체내수정을 하는 난태생 또는 태생경골어류에서 나타나는 것을 알 수 있다.

불볼락 난모세포의 발달과정중에는 난세포질에서 난황핵이 관찰되는데, 난황핵이 관찰되는 종으로는 노래미 (Chung and Lee, 1985), 전어, *Konosirus punctatus* (Kim and Lee, 1984), 감성가자미, *Liopsetta obscura* (Yamamoto, 1956) 그리고 망상어 (Lee et al., 1995) 등이 있다. 전어와 노래미에서 난황핵은 난황축적 시기전에 출현하여 난황축적과 관련이 있는 것으로 보고되고 있으며, 불볼락

에서도 난황핵은 이와 같은 시기에 나타남으로써 난황핵은 난황축적과 깊은 관계가 있는 것으로 생각된다.

경골어류의 난모세포 발달양식은 동기발달형, 난군동기발달형, 비동기발달형의 세가지로 나누어진다. 불볼락의 난모세포 발달양식은 성숙난소내에서 난모세포들의 크기가 서로 다른 초기난모세포군과 성숙난모세포군으로 나눌 수 있으므로 난모세포 발달양식에 따른 분류상 난군동기발달형에 속하는 것으로 판단된다.

체내수정어류의 수정회수는 어류에 따라 다르다. 특히, 열대 담수산 태생어류에서는 중복수정현상 (superfetation)이 나타나고 있다. 중복수정이 보고되어 있는 종은 *Blennioclinus* sp., *Clinus superciliosus*, *Hemirhamphodon* sp., *Pavoclinus* sp. (Turner, 1937), *Gambusia* sp., *Heterandria formosa*, *Neoheterandria* sp., *Poecilia* sp., *Poeciliopsis monahca*와 *P. prolifica* (Wourms, 1981) 등이 있다. 그리고 망상어 (Lee et al., 1995)와 볼락 (Lee and Kim, 1992)의 경우는 수정은 동시에 일어난다고 보고되고 있다. 불볼락의 경우에도 수정후 모체내에서 발생중인 배(胚)의 발달단계는 모두 동일한 것으로 나타나 불볼락의 수정은 1회에 일어난다고 할 수 있다.

체내수정 난태생 및 태생 경골어류의 수정형태는 체내에서의 수정장소에 따라 여포강내 수정형 (intrafollicular fertilization type)과 난소강내 수정형 (intraluminal fertilization type) 두가지로 구분된다 (Wourms et al., 1988). 여포강내 수정형은 *Neotoca bilineata* (Mendoza, 1940), *C. aggregata* (Wiebe, 1968) 그리고 *Clinus superciliosus* (Veith, 1980), *Heterandria formosa* (Wourms et al., 1988)와 망상어 (Lee et al., 1996)가 있으며, 난소강내 수정형은 난태생 어류인 볼락 (Lee and Kim, 1992)과 황점볼락 (Chang et al., 1995) 등에서 보고되고 있다. 본 연구에서 불볼락의 초기발생중인 배는 두층의 얇은막에 싸여 있는 것으로 관찰되었으며, 자어 출산 전후의 난소조직상에서는 빈 여포가 뚜렷히 관찰됨으로써 불볼락의 수정장소는 여포강내라는 것을 추측할 수 있으나 앞으로 이에 대한 미세구조적 연구가 진행되어야 할 것으로 생각된다.

볼락속 어류 가운데 볼락 (Lee and Kim, 1992)의 생물학적 최소형은 암컷은 전장 15.0 cm, 수컷은 전장 13.0 cm로 수컷이 먼저 성성숙에 도달하는 것으로 보고되었다. 본 연구에서 불볼락은 암컷은 전장 19.5 cm, 수컷은 전장 21.5 cm로 조사되어 암컷이 수컷보다 작은 크기에서 성성숙에 도달하며, 불볼락이 볼락보다 크기면에서 늦게 성성숙에 도달하는 것으로 나타났다. 그리고 불볼락의 임신자어수는 21,852 (전장 20.5 cm), 33,840 (전장 21.9 cm), 38,424 (전장 22.4 cm), 41,326 (전장 23.5 cm) 개체로 Lee and Kim (1992)에 의해서 보고된 볼락의 임신자어

수와 비슷한 것으로 나타났다.

불볼락의 출산기는 4~5월로 조사되어, 우리나라 남부 지방에서 채집 보고된 같은 볼락속 어류인 볼락 (Lee and Kim, 1992)과 황점볼락 (Chang et al., 1995) 보다는 3~4개월 정도 늦고, 조피볼락 (Baik, 1993)과는 유사한 것으로 나타났다.

요 약

1995년 11월부터 1996년 10월까지 경남 삼천포 인근해역에서 채집된 불볼락의 성숙 및 생식주기를 주로 조직학적 방법에 의해 연구하였다.

난소내부는 난소의막으로 부터 시작된 여러겹의 난소박판으로 구성되며 이곳에서 난원세포가 유래한다. 난모세포는 성장하면서 난소박판 내부에서 부터 난소강쪽으로 돌출되어 난병에 의해 난소박판에 연결된다. 정소의 내부조직상은 다수의 정세관으로 구성된다. 각각의 정세관은 여러개의 소낭구조를 가지는데 각 소낭내의 생식세포들은 같은 단계의 발달상태를 보인다. 생물학적 최소형은 암컷은 전장 19.5 cm, 수컷은 전장 21.5 cm이다. 암컷의 생식소중량지수는 3월에 9.56으로 연중 최고치를 나타냈으며, 8월에는 0.15로 최저치를 나타냈다. 수컷의 생식소중량지수는 2월에 0.25로 최고치를 나타냈으며, 7월에는 0.04로 연중 최저치를 나타냈다. 생식주기는 암컷은 성장기 (10~11월), 성숙기 (12~2월), 임신기 (3월), 출산 및 회복기 (4~6월) 그리고 휴지기 (7~9월)로 나눌 수 있다. 수컷의 생식주기는 성장기 (9~11월), 성숙기 (12~1월), 완숙 및 교미기 (2~3월) 그리고 퇴화 및 휴지기 (4~8월)로 나눌 수 있다.

참 고 문 헌

- Baik, J.M. 1993. Annual change in reproductive cycle with sex steroid hormone of rockfish, *Sebastes schlegeli*. M. S. Thesis, Donggeui Univ., Pusan, Korea, p.29 (in Korean).
- Beams, H.W. and S.S. Sekhon. 1966. Electron microscope studies on the oocyte of the fresh-water mussel (*Anodonta*), with special reference to the stalk and mechanism of yolk deposition. *J. Morphol.*, 119, 477~502.
- Billard, R., A. Fostier, C. Weil and B. Breton. 1982. Endocrine control of spermatogenesis in teleost fish. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 39, 65~79.
- Chang, Y.J., H.K. Lim and S.G. Byun. 1995. Gonadal maturation and reproductive cycle in oblong rockfish, *Sebastes oblongus*. *J. Aquacult.*, 8, 31~46 (in Korean).
- Chung, E.Y. and Y.J. Chang. 1995. Ultrastructural changes of germ cell during the gametogenesis in Korean rockfish, *Sebastes schlegeli*. *J. Korean Fish. Soc.*, 28, 736~752.
- Chung, E.Y. and T.Y. Lee. 1985. Studies on the reproductive cycle of greenling, *Agrammus agrammus*. *Bull. Nat'l Fish. Univ. Pusan*, 25, 26~42 (in Korean).
- Han, K.H., Y.U. Kim and C.M. Kim. 1996. Description of egg and larvae of two species of rockfishes (Scorpaenidae: *Sebastes*) in Korean waters. *Korean J. Ichthyol.*, 8, 1~9 (in Korean).
- Kim, H.B. and T.Y. Lee. 1984. Reproductive biology of shad, *Konosirus punctatus*. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 17, 206~218 (in Korean).
- Lee, J.S. 1996. Ultrastructural study on spermatogenesis of rockfish, *Sebastes inermis* (Pisces: Scorpaenidae). *Korean J. Electron Microscopy*, 26, 267~275 (in Korean).
- Lee, J.S., C.M. An and P. Chin. 1995. Sexual maturation of viviparous teleost surfperch, *Ditrema temmincki*. *Korean J. Ichthyol.*, 7, 150~159 (in Korean).
- Lee, J.S., C.M. An and P. Chin. 1996. Copulation and embryonic development of the viviparous teleost surfperch, *Ditrema temmincki*. *J. Korean Fish. Soc.*, 29, 26~34 (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). *J. Korean Fish. Soc.*, 30, 627~633 (in Korean).
- Lee, T.Y. 1974. Gametogenesis and reproductive cycle of abalones. *Publ. Mar. Lab. Busan Fish. Coll.*, 7, 21~50 (in Korean).
- Lee, T.Y. and S.Y. Kim. 1992. Reproduction and embryonic development within the maternal body of ovoviviparous teleost, *Sebastes inermis*. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 25, 413~431 (in Korean).
- Lee, Y.D., S. Rho, Y.J. Chang, H.J. Baek and C.M. An. 1996. Sex differentiation of the rockfish, *Sebastes schlegeli*. *J. Korean Fish. Soc.*, 29, 44~50 (in Korean).
- Lee, Y.D. and T.Y. Lee. 1987. Studies on the reproductive cycle of damselfish, *Chromis notatus*. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 20, 506~519 (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.
- Michael, J.B. 1992. Annual reproductive cycle of oocytes and embryos of yellowtail rockfish *Sebastes flavidus* (Family Scorpaenidae). *Fish. Bull.*, 90, 231~242.
- Mizue, K. 1958. Studies on a scorpaenous fish, *Sebastiscus marmoratus* Cuvier et Valenciennes-II. The seasonal cycle of mature testis and the spermatogenesis. *Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ.*, 6, 27~38.

- Morser, H.G. 1967. Seasonal histological changes in the gonads of *Sebastes paucispinis* Ayers, an ovoviparous teleost (Family Scorpaenidae). J. Morphol., 23, 329~353.
- Mendoza, G. 1940. The reproductive cycle of the viviparous teleost, *Neotoca bilineata*. A number of the family Goodeidae. II. The cycle change in the ovarian soma during gestation. Biol. Bull., 78, 349~365.
- Nagasawa, T. and T. Kobayashi. 1995. The early life history of the rockfish, *Sebastes thompsoni* (Scorpaenidae), in the sea of Japan. Japan. J. Ichthyol., 41, 385~396.
- Sasaki, T. and T. Igarashi. 1974. Seasonal changes of the testis and the spermatogenesis of *Sebastes vulpes* Steindachner et Doderlein. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 25, 100~106.
- Turner, C.L. 1937. Reproductive cycles and superfetation in poeciliid fishes. Biol. Bull., 72, 145~164.
- Veith, W.J. 1980. Viviparity and embryonic adaptations in the teleost *Clinus superciliosus*. Can. J. Zool., 58, 1~12.
- Wiebe, J.P. 1968. The reproductive cycle of the viviparous seaperch, *Cymatogaster aggregata* Gibbon. Can. J. Zool., 46, 1221~1234.
- Wourms, J.P. 1981. Viviparity: The maternal-fetal relationship in fishes. Am. Zool., 21, 473~515.
- Wourms, J.P., G.D. Bryon and J. Lombard. 1988. The maternal-embryonic relationship in viviparous fishes. pp. 1~134. In: Hoar W.S. and D.J. Randall (ed.) Fish Physiology, Vol. XI, Part B, Academic Press, New York.
- Yamamoto, K. 1956. Studies on the formations in fish eggs. I. Annual cycle in the developmental of ovarian eggs in the flounder, *Lioseopsetta obscura*. J. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser., 6, 362~373.

1996년 12월 11일 접수

1997년 12월 10일 수리