

조피볼락 (*Sebastes schlegeli*)의 性分化

李榮敦·盧 暹·張榮振*·白惠子**·安哲民***

제주대학교 해양연구소, *부산수산대학교 양식학과, **국립수산진흥원, ***부산수산대학교 해양생물학과

Sex Differentiation of the Rockfish, *Sebastes schlegeli*

Young-Don LEE, Sum RHO, Young-Jin CHANG*, Hae-Ja BAE** and Cheul-Min AN***

Marine Research Institute, Cheju National University, Cheju 695-810, Korea

**Department of Aquaculture, National Fisheries University of Pusan, Pusan 608-737, Korea

**National Fisheries Research and Development Agency, Pusan 626-900, Korea

**** Department of Marine Biology, National Fisheries University of Pusan, Pusan 608-737, Korea

Sex differentiation in the rockfish, *Sebastes schlegeli*, was studied by using a histological method for the appearance of primordial germ cell, formation of primitive gonad and differentiation of female and male.

The primordial germ cells were buried under fibrous mesenchymal tissue between gut and mesonephric duct of pre-larva with a total length (TL) of 6.3 mm at 2 days after parturition. In juvenile of TL 5.2~5.9cm at 65 days after parturition, the gonad composed of a large number of gonial cell and formed of cavity along the lateral side of the gonad, differentiated to the ovary. At this time, the gonad formed seminiferous tubules by somatic cells, differentiated to the testis.

In juvenile of TL 7.0~7.2 cm at 115 days after parturition, gonads divided into testis contained pigment cell and ovary absent pigment cell. *S. schlegeli* differentiated directly into male or female without an intermediate female phase at early indifferentiated stage. Therefore, *S. schlegeli* belongs to the differentiated type of gonochoristic teleosts. At 350 days after parturition, sex ratio was approximately 1 : 1(P>0.05).

Key words : *Sebastes schlegeli*, sex differentiation, gonochoristic teleost

緒 論

조피볼락 (*Sebastes schlegeli*)은 양볼락과 (Scorpaenidae)에 속하는 卵胎生 魚種으로서, 성장이 빠르고, 겨울철 저수온에 월동이 가능한 양식대상 어종으로서 산업적인 가치가 높은 어류이다. 따라서 조피볼락의 대량생산과 산업적 경쟁력을 강화하기 위하여 종묘생산 (Hyun, 1994; Park, 1992)과 자·치어 및 초기 생활사 (Yamada and Kusakari, 1991; Hoshiai, 1977; Kim and Han, 1991)에 관한 연구가 보고된 바 있고,

볼락류의 生殖週期和 體內仔魚 발달 등 번식생리학적 연구 (Michael, 1992; Takemura et al., 1987; Wyllie, 1987; Lee and Kim, 1992; Bae, 1994)에도 관심이 고조되고 있다. 그러나 볼락류의 성분화 현상에 대한 연구는 매우 드문 실정이다.

이 연구에서는 조피볼락을 대상으로 하여 출산자어에서 생식소의 성이 결정되는 단계에 이르기까지 始原生殖細胞의 출현과 原始生殖巢 形成, 그리고 암수의 性分化過程을 조직학적으로 조사하였다.

이 논문은 1993년도 교육부 학술연구조성비(해양 수산과학 분야)에 의하여 연구되었음.

材料 및 方法

본 연구에 사용된 조피볼락의 출산자어 및 치어는 제주도 전원수산에서 출산된 것으로서, 이를 제주대학교 증식학과 어류양식실험실에서 사육하면서 재료로 사용하였다. 자·치어 사육시 수온은 14.2~24.8°C였다. 사육중의 먹이로는 윤충과 알테미아 및 초기 배합사료를 성장단계별로 구분하여 공급하였다. 사육수로는 10톤 FRP수조에서 3일간 침전 시킨 자연해수를 사용하였으며, 반순환여과 방식으로 사육하였다. 성장단계별로 생식소의 발달과정을 파악하기 위하여 사육중인 자·치어를 초기에 1~3일 간격, 성장함에 따라 5~10일 간격으로 무작위 채집하였다. 채집된 재료는 10% 중성포르말린에 고정후 각 부위를 계측하였고, 조직관찰용 재료는 Bouin 용액에 고정하였다. 자·치어의 내부기관 발달형태와 생식세포의 출현부위 및 이동을 관찰하기 위하여 어체를 파라핀에 포매하여 횡단면과 종단면으로 연속절편을 만들었다. 전장 5.0 cm 이상의 개체에서는 생식소를 절취하여 파라핀에 포매한 후 중·횡단면으로 두께 4.0~6.0 μm 의 부분절편을 제작하였다. 이후 각 절편은 Hansen's haematoxylin과 eosin으로 비교염색하여 관찰하였다. 본 연구의 분석자료는 χ^2 -test를 수행하여 유의성을 검정하였다.

結 果

생식세포의 기원과 원시생식소 형성

始生殖細胞(primitive germ cell)의 발생과 원시생식소를 구성하는 조직의 초기분화는 출산자어에서부터 출산후 60일을 전후한 전장 2.0 cm 전후의 치어에서 일어나고 있다. 출산직후 전장 6.3 mm의 자어는 이미 소화관이 회전되어 있고 뇌·척수 그리고 신장등이 형성되고 있다 (Figs. I-1, 2). 그리고 이 시기에 腎臟과 腸管 사이에 가느다란 纖維性 間充織 上皮에 3~4개의 체세포가 나타난다. 또한 신장과 밀착된 하부의 腹膜上皮層에 다수의 색소세포가 침착되어 나타나고 있다. 출산후 2일 전장 6.4 mm 전후인 개체에서, 腎臟과 腸管 사이의 섬유성 상피가 점차 비후되면서 몇개의 체세포와 함께, 크기가 5.0~7.5 μm 내외의 원시생식세포로 인정되는 2~3개의 세포가 존재하고 있

다 (Fig. I-3). 출산후 5일 전장 7.2 mm 전후의 개체에서, 腎臟과 소화관 사이에 섬유성 상피가 後腹膜의 방광까지 신장되고 있다 (Fig. I-4). 그리고 섬유성 상피를 따라 시원생식세포들이 후복막쪽에 위치하고 있다. 출산후 18일 전장 10.8 mm 와 출산후 32일 전장 11.7 mm 인 개체들에서, 腎臟 아래의 섬유성 상피가 체세포의 증가로 두꺼워 지고, 이들 上皮에는 시원생식세포가 분열증식되어, 몇개의 生殖原細胞 (gonial cell)들이 나타나고 있다 (Fig. I-5). 출산후 40일된 전장 15.3 mm 에서 출산후 55일된 전장 19.2 mm 까지의 개체들은 直腸과 腎臟 사이 후복막쪽에 섬유성 상피가 끈봉상을 이루며 원시생식소를 형성한다 (Fig. I-6).

성분화

정소: 출산후 65일된 전장 5.2 cm 개체의 생식소에는 3~5개의 생식원세포 무리들이 드문드문 분포하고 체세포와 纖維性 間充織으로 구성되어 있다 (Fig. II-1). 출산후 75일된 전장 6.3 cm 개체의 생식소에는 체세포들이 曲精細管을 형성하고, 극정세관내에 精原細胞의 무리들이 나타나고 있다 (Fig. II-2). 출산후 115일된 전장 7.0 cm 개체의 정소에는 많은 극정세관이 형성되며 이들 세관내에는 정원세포들이 무리를 지어 나타나고 있다 (Fig. II-3). 그리고 정소의 髓質層과 基部에는 흑색소들이 많이 침착되어 있다. 출산후 350일된 전장 13.5 cm 된 수컷의 정소에는 세관내에 精母細胞群들이 대부분 차지하고 있고, 수질층과 기부에 흑색소들이 침착되어 있다 (Fig. II-4).

난소: 출산후 65일된 전장 5.9 cm 개체에서는 생식소의 가장자리를 따라 卵巢腔이 형성되고 수질층에는 많은 생식원세포들이 무리를 지어 나타나고 있다 (Fig. III-1). 출산후 75일된 전장 6.5 cm 개체의 생식소에는 卵巢薄板이 주름을 형성하며 薄板上皮에 난원세포들의 무리가 나타나고 있다 (Fig. III-2). 출산후 115일된 전장 7.2 cm 개체의 난소에는 난소박판이 여러개로 분기하여 발달한다. 이들 난소박판의 융기부에는 난원세포의 무리들이 분포하고, 난경 25.0 μm 전후의 周邊仁期의 초기 난모세포들도 나타나고 있다 (Fig. III-3). 출산후 350일된 전장 14.0 cm 된 암컷의 난소에는 난경 50.0 μm 전후의 초기성장중인 난모세포

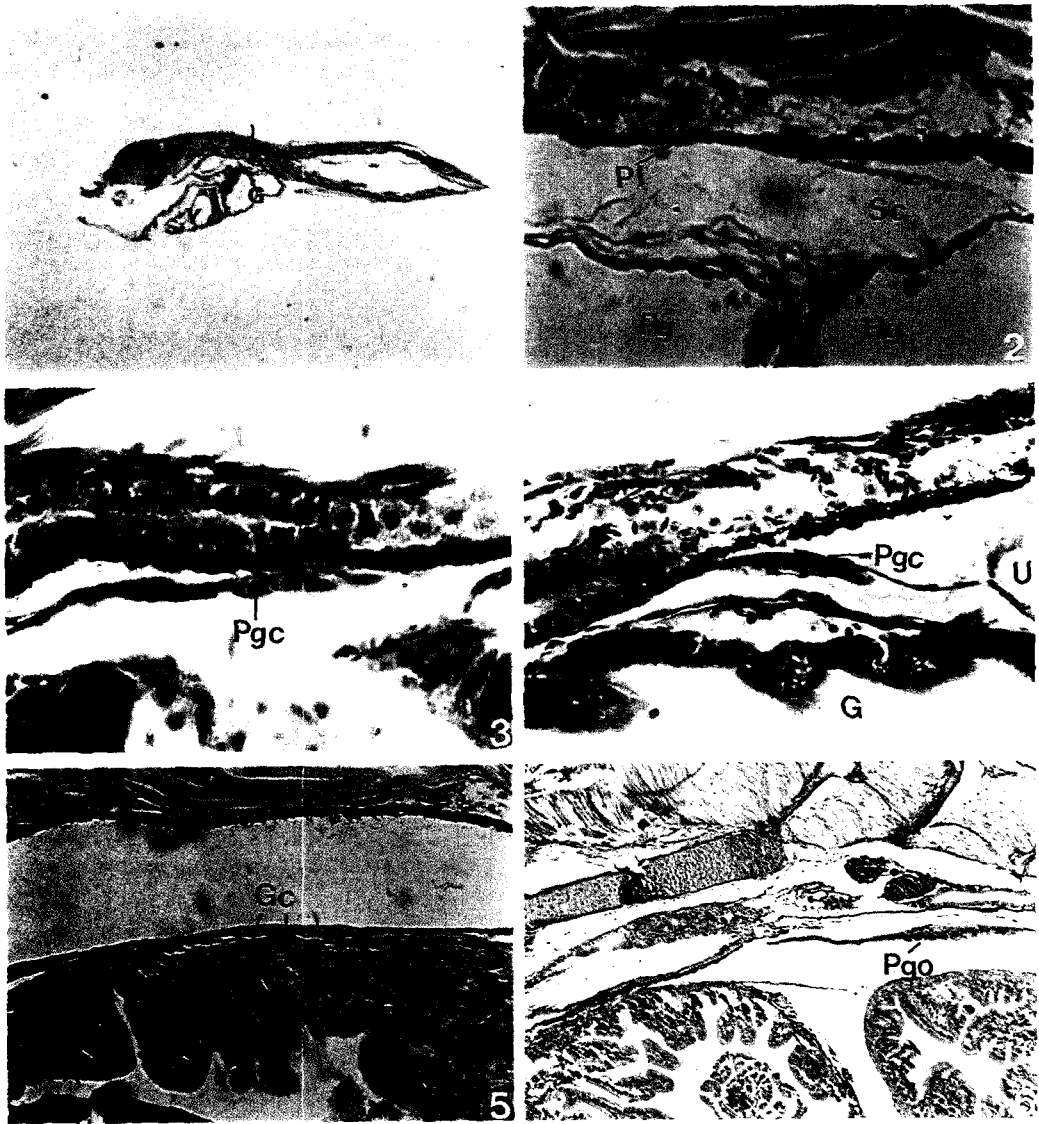


Fig. 1. 1-6. Sagittal section of sexually indifferent gonad of the rockfish, *Sebastes schlegeli*.
 1. The pre-larva, 1 day after parturition (TL 6.3 mm). Y: yolk sac, G: gut
 2. Enlarged view of arrow area of Fig. 1-1 showing somatic cell (Sc) located between the mesonephric duct (Md) and hind gut (Hg). P1: pigment layer, Pg: pre gut
 3. The larva, 2 days after parturition (TL 6.4 mm). The primordial germ cells (Pgc) located between the mesonephric duct (Md) and gut.
 4. The larva, 5 days after parturition (TL 7.2 mm). The primordial germ cells (Pgc) migrated into the retro-peritoneum. G: gut, U: urinary bladder.
 5. The larva, 18 days after parturition (TL 10.8 mm). The gonial cells (Gc) appeared in the line shaped epithelia.
 6. The larva, 40 days after parturition (TL 15.3 mm). The clubbed primitive gonad (Pgo) formed to the retro-peritoneum.

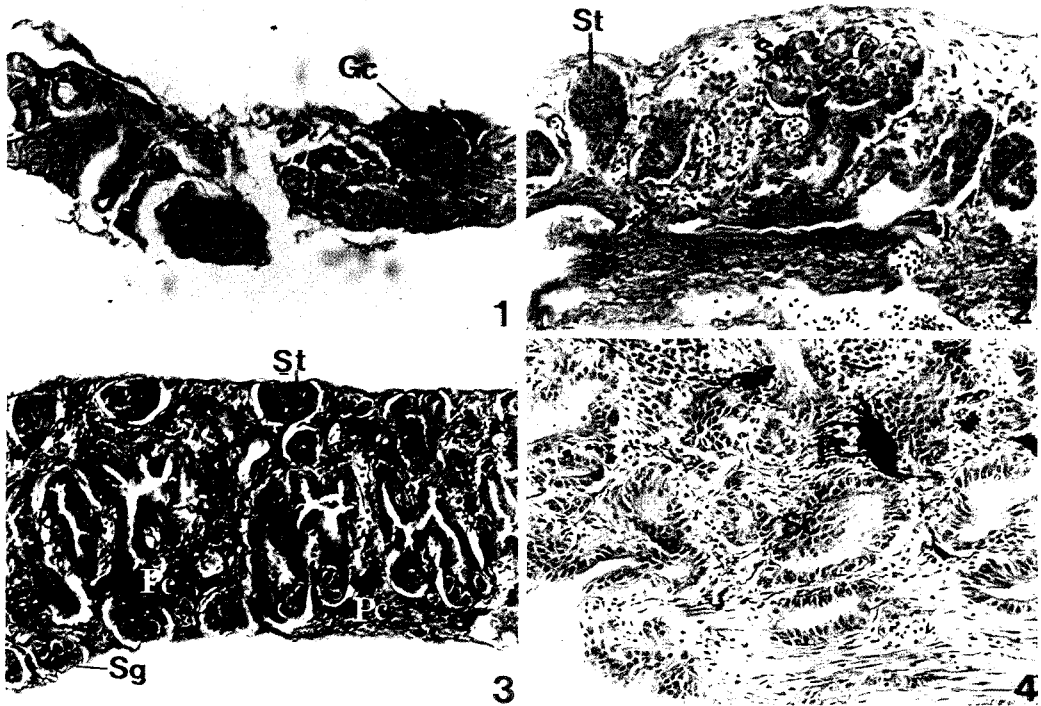


Fig. II. 1-4. Section of the early testis of the rockfish, *Sebastes schlegelii*.
 1. The juvenile, 65 days after parturition (TL 5.2 cm). The gonad is composed of the somatic cells and gonial cell (Gc).
 2. The juvenile, 75 days after parturition (TL 6.3 cm). A number of spermatogonia (Sg) and seminiferous tubules (St) appeared in the testis.
 3. The juvenile, 115 days after parturition (TL 7.0 cm). The pigment cell (Pc) are scattered through testis. Sg: spermatogonia, St: seminiferous tubule
 4. The young male, 350 days after parturition (TL 13.5 cm). The spermatocytes (Sc) and pigment cells (Pc) are intermingled in the testis.

들이 卵巢小囊에 출현하고 있다 (Fig. III-4).

체장에 따른 성비

출산후 350일된 개체를 대상으로 전장에 따른 성비를 조사해본 결과는 Table 1과 같다. 전장 9.0~13.0 cm 에서는 암컷 14마리, 수컷 19마리였고, 전장 13.1~15.0 cm 에서는 암컷 10마리, 수컷 7마리였다. 조피볼락의 전장 9.0~15.0 cm에서 조사된 50개체중 암컷 24마리, 수컷 26마리로 성비는 1:1였다 ($P>0.05$).

考 察

어류의 생식소 분화과정에서 성분화가 완전히 일어나기전 난소나 정소로 분화되는 원시생식소는 생식소의 구조적 형태차이, 生殖原細胞의 초기분열상, 그리고 生殖巢 基質 體細胞의 종류와 분포양상 등으로 식별되고 있다. 본 연구의 조피볼락은 생식소를 구성하는 卵巢腔의 형성과 생식원세포의 초기분열상으로 난소와 정소의 초기구분이 가능하였다. 즉 초기생식소의 주변부를 따라 난소관이 형성되며 다수의 生殖原細胞 무리들로 구성된 생식소는 난소로 분화 발달하였다. 생식소 基質에 3~5개의 生殖原細胞가 드문 드문 분포하고 纖維性 間充織이 발달하며 基質 體細胞들이 小管을 형성하는 생식소는 정소로 분화되고 있었다.

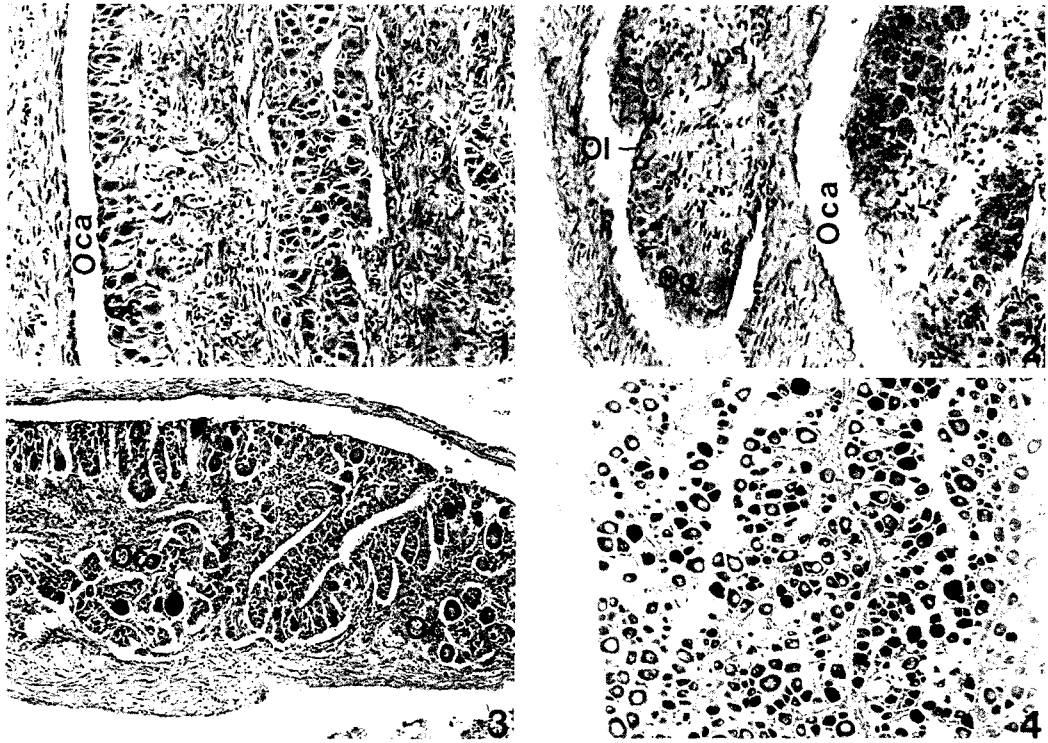


Fig. III. 1-4. Section of the early ovary of the rockfish, *Sebastes schlegelii*.

1. The juvenile, 65 days after parturition (TL 5.9 cm). The gonad is composed of the ovarian cavity (Oca) and a large number of gonial cells (Gc).
2. The juvenile, 75 days after parturition (TL 6.5 cm). The oogonia (Og) situated along the inner edge of the ovarian lamallae (Ol). Oca : ovarian cavity
3. The juvenile, 115 days after parturition (TL 7.2 cm). The early growing oocytes (Oc) of 25.0 μ m in size are distributed in the ovarian lamallae.
4. The female, 350 days after parturition (TL 14.0 cm). The growing oocytes of 50.0 μ m in diameter occupied the ovarian sac.

Table 1. Distribution of female and male according to total length in 350 days after parturition

Total length(cm)	Female	Male
9.0~10.0	3	4
10.1~11.0	2	5
11.1~12.0	4	3
12.1~13.0	5	7
13.1~14.0	8	6
14.1~15.0	2	1

이와 같이 생식소 내부구조와 생식원세포의 분열상 그리고 체세포의 분포양상을 비교함으로써, 조기에 성구분이 가능했던 어류는 큰가시고기, *Gasterosteus*

aculeatus (Shimizu and Takahashi, 1980), 다묵장어, *Lampetra reissneri* (Fukayama and Takahashi, 1983), 넙치, *Paralichthys olivaceus* (Lee and Lee, 1990)였다. 또한, 초기 생식소의 형태차이에 의해 암수의 구별이 가능했던 어류로는 난소가 정소보다 腹膜의 부착범위가 넓은 초어, *Ctenopharyngodon idella* (Jensen and Shelton, 1983)와 정소는 2葉으로 분화되고 난소는 하나로 융합되는 Yellow perch, *Perca flavescens* (Malison et al., 1986) 등 소수의 어종에 국한되어 있다. 조피볼락은 출산후 115~350일된 개체의 생식소에서, 흑색 색소가 침적된것은 정소, 색소의 침적이 없는 것은 난소로 분화되어 육안적인 식별이 가능하였다.

경골어류의 난소강 형성양식은 난소의 증상에 난소

강이 형성되는 entovarian sac과 난소의 가장자리에 난소강이 형성되는 parovarian sac의 두가지 형태로 나누고 있다. 큰가시고기, *G. aculeatus* (Shimizu and Takahashi, 1980), *Tilapia zilli* (Yoshikawa and Oguri, 1978), 잉어과 어류인 *Barbus tetrazoa tetrazoa* (Takahashi and Shimizu, 1983) 등의 난소에는 parovarian sac의 형태가 나타나고 있다. 그리고 청어과에 속하는 *Brevoortia patronus* (Combs, 1969), 홍송어, *Salvelinus leucomaenis* (Nakamura, 1982), 무지개송어 (Takahashi et al., 1980), 넙치, *P. olivaceus* (Lee and Lee, 1990) 등에서는 entovarian sac에 속한다. 조피볼락 경우 난소의 가장자리에 난소강이 형성되는 parovarian sac 형에 속하였다.

어류의 성분화 과정은 雌雄異體形과 雌雄同體形으로 크게 구분된다. 그리고 자웅이체형은 초기성분화 과정에서 雌相段階의 유무에 따라 分化形과 未分化形으로 나누고 있다 (Yamamoto, 1969). 초기성분화 과정에 자상단계 없이 정소와 난소로 분리되는 분화형에는 연어, *Oncorhynchus keta* (Robertson, 1953). 송사리, *Oryzias latipes* (Tuzuki et al., 1966; Yoshikawa and Oguri, 1978), 청어과에 속하는 *B. patronus* (Comb, 1969), 무지개송어(Takashima et al., 1980), 큰가시고기, *G. aculeatus* (Shimizu and Takahashi, 1980), 넙치, *P. olivaceus* (Lee and Lee, 1990) 등에서 볼 수 있다. 그리고 未分化形 雌雄異體形은 잉어, *Cyprinus carpio* (Davies and Takashima, 1980), 잉어과에 속하는 *B. tetrazoa tetrazoa* (Takahashi and Shimizu, 1983), *T. zilli* (Yoshikawa and Oguri, 1978), *Brachydanio rerio* (Takahashi, 1977) 등에서 볼 수 있다. 조피볼락인 경우 초기 성분화 단계에서 雌相을 거치지 않고 난소와 정소로 분화되는 分化形 雌雄異體에 속하고 있다.

출산후 12개월된 개체들의 전장에 따른 암·수 분포는 전장 9.0~13.0 cm 사이에는 수컷의 분포가 많고, 전장 13.1~15.0 cm 사이에는 암컷의 분포가 높게 나타나고 있으나, 암·수 성비는 1:1로서 性에 따른 성장의 유의차는 없었다($P>0.05$). 대부분 조피볼락 종묘생산 업체에서는 출산후 2~3년된 전장 35 cm, 체중 1 kg 이상되는 成魚를 친어로 사용하여 12월 이후부터 早期出産을 시도하는 곳이 많지만 훌륭한 성과를 거두지 못하고 있는 실정이다. 보다 안정된 조기 종묘 생산을 실현하기 위해서는 조피볼락의 群成熟度, 교

미·수정시기, 體內仔魚의 발달과 영양, 그리고 출산 시기 등에 따른 번식생리학적인 연구가 선행되어야 할 것으로 생각된다.

要 約

조피볼락 (*S. schlegeli*)의 성분화 과정을 구명하기 위해 始原生殖細胞의 출현과 原始生殖巢 形成, 그리고 암·수의 성분화 과정을 조직학적으로 조사하였다. 始原生殖細胞는 출산후 2일, 전장 6.3 mm 개체에서 腸管과 中腎사이의 纖維性 間充織에 묻혀 식별되었다. 출산 65일 전장 5.2~5.9 cm 개체에서, 생식소의 주변 부위에 강 (cavity)을 형성하고 다수의 생식원세포로 구성된 생식소는 난소로 발달한다. 이 시기에 體細胞들이 曲精細管을 형성하는 생식소는 정소로 분화된다. 출산후 115일, 전장 7.0~7.2 cm 치어들에서, 생식소는 흑색소를 함유하는 정소와 흑색소가 없는 난소로 구분된다. 따라서 조피볼락은 초기 성분화 단계에 雌相을 거치지 않고 난소와 정소로 분화되는 分化形의 雌雄異體에 속한다. 출산후 12개월된 개체들의 성비는 1:1이었다.

참 고 문 헌

- Bae, H.C. 1993. Reproductive cycle and embryonic development within the maternal body of marbled rockfish, *Sebastes marmoratus* from the coastal area of Cheju Island. M.S. thesis, Cheju Nat'l. Univ., pp. 1~38 (in Korean).
- Combs, R.M. 1969. Embryogenesis, histology and organology of the ovary of *Brevoortia patronus*. Gulf Res. Report., 2(4), 333~436.
- Davies, P.R. and F. Takashima. 1980. Sex differentiation in common carp, *Cyprinus carpio*. J. Tokyo Univ. Fish., 66(2), 191~199.
- Fukayama, S. and H. Takahasi. 1983. Sex differentiation and development of the gonad in the sand lamprey, *Lampetera reissneri*. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 34(4), 279~290.

- Hoshiai, G. 1977. Larvae and juveniles of the Scorpaenid fish, *Sebastes schlegeli*. Japan. J. Ichthyol., 24(1), 35~42 (in Japanese).
- Hyun, C.H. 1994. Studies on the early growth of rockfish, *Sebastes schlegeli*. M.S. thesis, Cheju Nat. Univ., pp. 1~38 (in Korean).
- Jensen, G.L. and W.L. Shelton. 1983. Gonadal differentiation in relation to sex control of grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Pisces : Cyprinidae). Copeia, 749~755.
- Kim, Y.K. and K.H. Han. 1991. The early life history of rockfish, *Sebastes schlegeli*. Korean J. Ichthyol. 3(2), 67~83 (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(5), 413~431 (in Korean).
- Lee, Y.D. and T.Y. Lee. 1990. Sex differentiation and development of the gonad in the flounder, *Paralichthys olivaceus*. Bull. Mar. Res. Inst. Cheju Nat'l. Univ., 14, 61~86 (in Korean).
- Malison, J.B. T.B. Kayes, C.D. Best and C.H. Amundson. 1986. Sexual differentiation and use of hormones to control sex in yellow perch, *Perca flavescens*. Can. J. Fish. Aqua. Sci., 43, 26~35.
- Michael, J.B., 1992. Annual reproductive cycle of oocytes and embryos of yellowtail rockfish *Sebastes flavidus* Fish. Bull. U.S., 90(2), 231~242.
- Nakamura, M. 1982. Gonadal sex differentiation in whitespotted char, *Salvelinus leucomaenis*. Jap. J. Ichthyol., 28(4), 431~436.
- Park, S. 1992. Spawning habit and early growth of rockfish, *Sebastes schlegeli*. M.S. thesis, Cheju Nat'l. Univ., pp. 1~35 (in Korean).
- Robertson, J.C. 1953. Sex differentiation in the Pacific salmon, *Oncorhynchus keta* (Walbaum). Can. J. Zool., 31, 73~79.
- Shimizu, M. and H. Takahashi. 1980. Process of sex differentiation of the gonad and gonoduct of the three-spined stickleback, *Gasterosteus aculeatus* L. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 31 (1), 137~148 (in Japanese).
- Takahashi, H. and M. Shimizu. 1983. Juvenile intersexuality in a cyprinid fish, the Sumatra barb, *Barbus tetrazoa tetrazoa*. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 34(2), 69~78.
- Takahashi, H. 1977. Juvenile hermaphroditism in the zebrafish, *Brachydanio rerio*. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 28(2), 59~65.
- Takashima, F., R. Patino and M. Nomura. 1980. Histological studies on the sex differentiation in rainbow trout. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 46(11), 1317~1322.
- Takemura, A., T. Kazunori and T. Hiroya. 1987. Reproductive cycle of a viviparous fish, the white edge rockfish, *Sebastes taczanowskii*. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 38(2), 111~123.
- Tuzuki, E., N. Egami and Y. Hyodo. 1966. Multiplication and sex differentiation germ cell during development in the medaka, *Oryzias latipes*. Jap. J. Ichthyol., 13(4~6), 175~182 (in Japanese).
- Wyllie, E.T. 1987. Thirty-four species of California rockfishes: maturity and seasonality of reproduction. Fish. Bull. U.S., 85(2), 229~249.
- Yamada, J. and M. Kusakari. 1991. Staging and the time course of embryonic development in kurosoi, *Sebastes schlegeli*. Env. Bull. Fish, 30, 103~110.
- Yamamoto, T. 1969. Fish Physiology. Vol. III, ed. by W.S. Hoar and D.J. Randall. Academic Press. New York, pp. 117~158.
- Yoshikawa, H. and M. Oguri. 1978. Sex differentiation in a Cichlid, *Tilapia zilli*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 44(4), 313~318.

1995년 4월 27일 접수

1996년 1월 6일 수리