

점농어, *Lateolabrax maculatus*의 생식소 발달과 성분화

이원교^{1†} · 곽은주¹ · 양석우¹ · 김정우²

¹여수대학교 수산생명과학부, ²서남대학교 의과대학

The Gonadal Development and Sex Differentiation in the Spotted Sea Bass, *Lateolabrax maculatus*

Won-Kyo Lee^{1†}, Eun-Joo Kwak¹, Seok-Woo Yang¹ and Jung-Woo Kim²

¹Division of Aqualife Science, Yosu National University, Yosu 550-749, Korea

²College of Medicine, Seonam University, Namwon 590-711, Korea

요약: 점농어, *Lateolabrax maculatus*의 성분화 과정을 밝히기 위해 부화 직후부터 365일령까지 생식소의 분화 및 발달을 조사하였다. 원시생식세포와 생식용기는 부화 후 30일령(전장: 11.7~13.2 mm)에 나타났으며, 40일령 자어(12.5~14.0 mm)에서 서로 융합되어 미분화 생식소를 형성하였다. 60일령 치어(23.6~27.0 mm)에서는 생식소 양쪽 끝의 체세포조직이 분열·신장되어 난소의 분화가 개시되었고, 80일령 치어(33.1~42.5 mm)에서는 완전한 난소강이 나타났다. 70일령 치어(24.8~31.6 mm)에서는 생식소 중앙에 정소관 원기가 출현하여 정소의 분화가 시작되었다. 168일령 치어(88.0~115.4 mm)의 난소내 생식세포는 감수분열을 시작하였으며, 287일령 치어(175.1~233.6 mm)에서는 염색인기와 주변인기의 난모세포가 출현하였다. 245일령 치어(124.4~168.3 mm)에서는 정소내 생식세포의 감수분열이 시작되었고, 365일령 치어(162.5~253.8 mm)의 세정관은 정자로 충만되었다. 암·수 성비는 1:1.38이었으며 성분화 양상은 자웅이체형 중 분화형이었다.

ABSTRACT: Sex differentiation process of the spotted sea bass, *Lateolabrax maculatus*, was investigated by histological method. The fish samples were collected from just after hatching to 365 days later. The primordial germ cells and genital ridge were appeared separately hanging under air bladder in 30-day larva (total length: 11.7~13.2 mm), and were unified into the undifferentiated gonads in 40-day larva (12.5~14.0 mm). The ovarian differentiation was started in 60-day juvenile (23.6~27.0 mm). The somatic tissues were elongated in tip of both ends of undifferentiated gonad and were fused each other. The complete ovarian cavity was appeared in 80-days juvenile(33.1~42.5 mm). The testicular differentiation was initiated in 70-day juvenile (24.8~31.6 mm). The rudiment of sperm duct was appeared in the center of the undifferentiated gonad. The meiosis of germ cells in the ovary was started in 168-day juvenile (88.0~115.4 mm). In 287-day juvenile (175.1~233.6 mm), the ovary was filled with both of chromatin stage and perinucleofus stage oocytes. The meiosis of male germ cells was started in 245-day juvenile (124.4~168.3 mm). However, the seminiferous tubules of testis were filled with numerous sperm in 365-day juvenile (162.5~253.8 mm). The sex ratio of male and female was 1:1.38. Considering these results, the spotted sea bass was showed differentiated type in sex differentiation and gonochorism in sexuality.

Key words: *Lateolabrax maculatus*, Gonadal development, Sex differentiation.

서론

어류에서 성의 표현은 암·수의 생식소가 각각 다른 개체에 나타나는 자웅이체(gonochorism)형과 동일 개체에 출현하는 자웅동체(hermaphroditism)형으로 크게 나뉘어진다. 자웅이체형은 미분화기 생식소가 난소와 유사한 형태로 발달한 후 난소 또는 정소로 분화되는 미분화형(undifferentiated)과

직접 난소 또는 정소로 발달되는 분화형(differentiated)이 있다(Yamamoto, 1969; Reinboth, 1970). 자웅동체형은 정소와 난소의 발달 및 출현 양상에 따라 동시성 자웅동체(synchronous hermaphroditism), 웅성선숙(protoandrous) 및 자성선숙(proto-gynous)으로 세분된다(Yamamoto, 1969; Reinboth, 1970). 이처럼 다양한 성의 표현 양상을 보이는 어류의 성분화는 다른 척추동물처럼 유전자에 의해 결정된다. 그러나 개체발생 초기의 여러 가지 요인에 의해 유전자형과 상반되는 성을 가지게 되는 경우도 있다(山崎, 1989). 즉, 유전적 성(genetic sex)과 생리적 성(physiological sex)이 다르게 나타날 수도 있다. 어류의 성전환은 다른 척추동물에 비해 용이하게 유도되

[†]교신저자: 전남 여수시 국동 195, 여수대학교 수산생명과학부 (우) 550-749 (전) 061-640-6214, 011-646-6701 (팩) 061-640-6217 e-mail: wklee@info.yosu.ac.kr

며, 자웅동체형 뿐만 아니라, 자웅이체에 있어서도 인위적 성 전환이 가능한 것으로 알려졌다. 어류양식에 있어서 인위적 성 전환은 수온 조절, pH 조절 또는 호르몬 처리 등에 의해 전 암컷 또는 전 수컷의 경제성 높은 단성집단(monosexual population)을 생산하고자 수행되었다(Conver & Kynard, 1981; Conver & Fleisher, 1986; Rubin, 1985; Nakamura, 1975; Johnstone et al., 1979). 대부분의 종에서 인위적 성 전환 유도 시 발생 초기 단계인 미분화 생식소기에 성 전환 유도물질을 처리하는 것이 가장 효과적인 것으로 보고되었다(Yamamoto, 1969; Nakamura, 1984). 그러나 성분화 시기는 어종에 따라 다르며, 동일 종일지라도 사육수온에 따라 차이가 있는 것으로 알려졌다(Matsuura et al., 1994; Davies & Takashima, 1980).

점농어, *Lateolabrax maculatus*는 농어목, Perciformes, 농어아목, Percoidae, 농어과, Moronidae, 농어屬, *Lateolabrax*에 속하며 일본의 有明海, 長崎 이남, 동중국해 및 대만에 분포한다(Yamada et al., 1995; 강, 2000). 최근 주요 양식 대상으로 각광 받는 고급어종이며, 성장이 빠른 것으로 알려졌다. 더욱이 암컷은 수컷보다 빠른 성장을 보여 양식산업에서 전 암컷 집단의 생산이 절실히 요구되고 있다. 그러나 지금까지 점농어의 성분화 양상에 대해서는 밝혀지지 않았다. 따라서 인위적 성 전환 유도를 위한 기초 연구로서 성의 표현 양상과 생식소의 분화 및 발달에 대해 조사하였다.

재료 및 방법

점농어, *Lateolabrax maculatus* 어미로부터 인공채란한 수정란을 20°C에서 부화하였다. 부화 후 135일까지는 20°C에서 사육하면서 5일 간격으로 7마리씩 무작위로 표본하였다. 이후 해상 가두리에 입식된 치어는 230일 동안은 7일 간격으로 7마리씩 무작위로 채집하였다. 채집된 자치어는 전장을 측정하고, Bouin's solution에 24시간 고정하였으며, 33.0 mm 이상의 개체는 두부와 내장을 제거한 다음 고정하였다. 고정된 표본은 paraffin 상법에 따라 포매하여 미세조직 절편기로 5~7 μm 의 연속 절편을 만들었다. Hematoxylin과 eosin으로 이중 염색하여 조직 표본을 만들어 광학현미경 하에서 원시생식세포의 출현 및 생식소 분화과정을 조사하였다.

결 과

1. 미분화 생식소

부화 후 25일령까지의 자어에서는 원시생식세포(primitive germ cell)와 생식융기(genital ridge)가 나타나지 않았다.

30일령 자어(전장: 11.7~13.2 mm)에서 처음으로 원시생식세포와 생식융기가 출현하였다. 자어의 전반부에서는 원시생식세포와 생식융기가 간격을 유지한 채로 부레 밑의 장간막에 붙어 있었다(Fig. 1a). 말단부에서는 원시생식세포와 생식융기가 거의 근접되어 있었고, 중신관(mesonephric duct) 밑의 장간막(mesentery)에 위치하였다(Fig. 1b). 생식세포(직경: 5.0~11.3 μm)의 형태는 구형이었으며, 체세포들보다 크고 세포질은 강한 호산성의 염색성을 보였다. 40일령 자어(12.5~14.0 mm)에서는 전·후반부 모두에서 원시생식세포와 생식융기가 융합되었고(Fig. 1c), 후반부에서는 생식세포의 활발한 분열·증식을 보였다. 50일령에서는 치어(19.2~22.5 mm)에 도달하였고, 생식소에 혈관들이 발달되었으며(Fig. 1d), 55일령의 치어(19.8~24.5 mm)에서는 생식세포의 분열·증식이 더욱 활발히 진행되었으나 생식소는 미분화 상태였다.

2. 난소의 분화

60일령 치어(23.6~27.0 mm)의 7마리 중 4개체의 생식소는 미분화상태였으나 나머지 개체에서는 전반부와 중반부의 생식소 양쪽 끝 체세포가 신장되어 돌기를 형성하였으며(Figs. 2a & 2b), 후반부에서는 신장된 체세포 돌기가 융합되어 강을 형성함으로써 난소로 분화되기 시작하였다(Fig. 2c). 이후 80일령에 이르러 난소의 모든 부분에서 난소강이 형성되어 암컷으로의 분화가 완료되었다. 85일령부터 161일령까지 치어(35.8~113.2 mm)의 난소는 체세포의 활발한 분열·증식으로 비후되었으나, 난원세포의 분열은 보이지 않았다. 168일령 치어(88.0~115.4 mm)의 난소에서는 감수분열에 의해 난모세포의 cyst가 형성하기 시작하였고 중앙에 난소강이 뚜렷이 나타났(Figs. 2d & 2e). 287일령 치어(175.1~233.6 mm)의 난소는 주로 염색인기와 주변인기 난모세포(78.6~123.2 μm)로 채워져 있었으며(Fig. 2f), 이후 365일령까지 난모세포의 발달 양상은 뚜렷한 변화를 보이지 않았다.

3. 정소의 분화

65일령까지 미분화 생식소는 체세포의 증식으로 비후되었다. 70일령 치어(26.4~33.5 mm)에서는 생식소 중앙에 정소관(sperm duct)의 원기가 나타나는 개체들이 출현하여 정소의 분화가 시작되었다(Fig. 3a). 이후 정소의 발달양상은 뚜렷한 변화를 보이지 않았으나 154일령 치어(84.9~100.3 mm)에 이르러 정원세포의 수가 증가하기 시작하였다(Fig. 3b). 이후 210일령 치어(119.3~154.2 mm)에서 완전한 세정관이 나타났으며, 세정관내에 정모세포의 소낭은 245일령 치어(124.4~

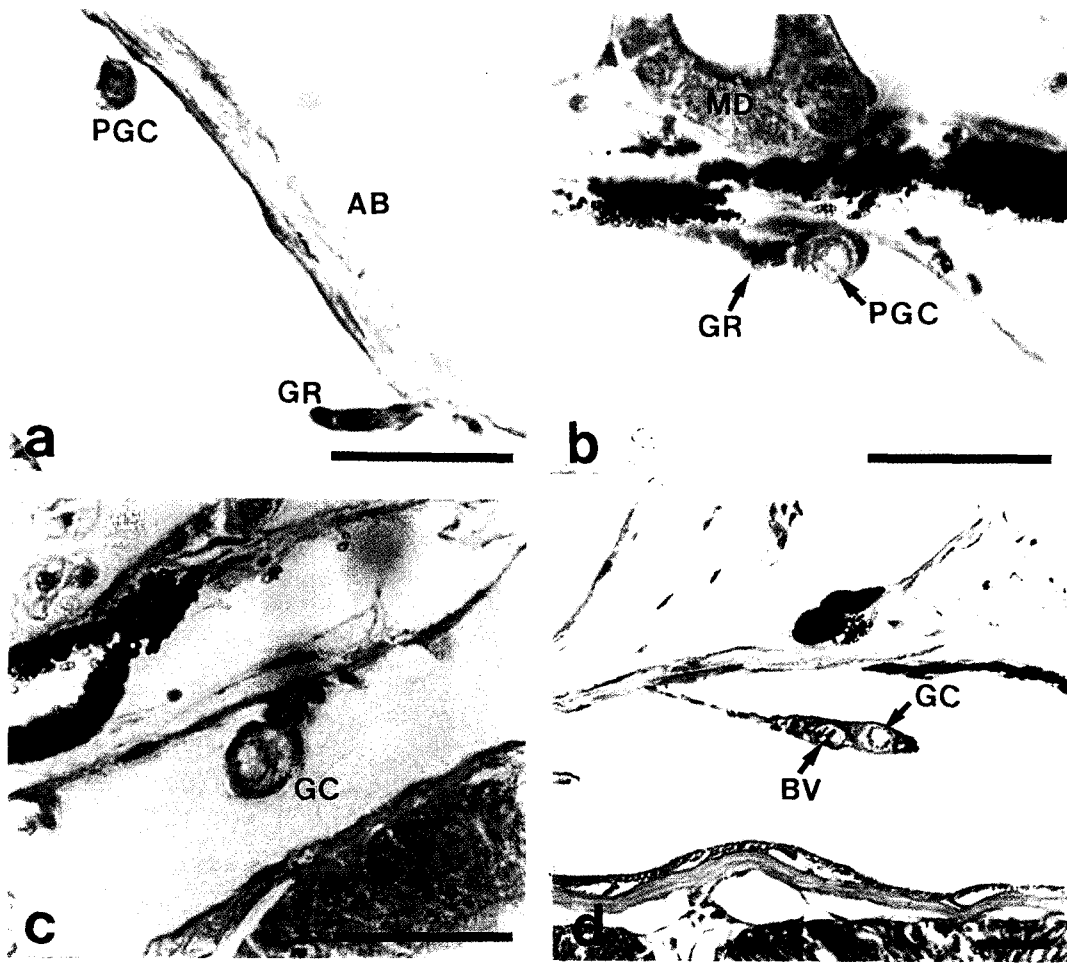


Fig. 1. Undifferentiated stage in the spotted sea bass. (a) Anterior region of 30-day larva (total length: 11.7~13.2 mm). The primordial germ cell and genital ridge were appeared separately hanging under air bladder. (b) Posterior region of 30-day larva. Primordial germ cell and genital ridge were closed to each other. (c) Undifferentiated gonad of 40-day larva (12.5~14.5 mm). The primordial germ cell and genital ridge were unified. (d) Undifferentiated gonad of 50-day larva (19.2~22.5 mm). Blood vessels had differentiated at the base of gonad. Abbreviations: AB, air bladder; BV, blood vessel; GC, germ cell; GR, genital ridge; MD, mesonephric duct; PGC, primordial germ cell. Each scale bar indicates 30 μ m.

168.3 mm)에서, 정세포의 소낭은 266일령 치어(133.5~173.1 mm)에서 처음으로 출현하였다(Fig. 3c). 이후 365일령 치어(229.3~247.6 mm)에서는 정자형성이 활발하게 진행되어 세정관에는 정모세포와 정세포의 cyst와 더불어 정자로 가득 차 있었다(Fig. 3d).

4. 성비 조성

부화 직후부터 365일령까지 자·치어에 대한 조직학적인 성비조사 결과는 Table 1에 나타내었다. 55일령 치어(3.8~19.2 mm)에서는 모든 개체에서 미분화 생식소를 가지고 있었다. 난소의 분화가 시작되는 60일령부터 정소로 분화가 시작된 70일령까지의 치어 21마리(22.2~26.4 mm) 중에서 7마리는 미분화 시기였으며, 12마리는 암컷으로 그리고 2마리는

수컷으로 분화하였다. 암컷과 수컷으로 완전히 분화된 75일령 이후의 치어 322마리(32.9~256.2 mm) 중 암컷은 135마리, 수컷이 187마리로 암·수의 성비는 1:1.38이었다.

고 찰

원시생식세포의 출현 시기 및 위치는 종에 따라 다른 것으로 알려졌다. 틸라피아, *Tilapia zillii* (Yoshikawa & Oguri, 1978)는 부화 직후에, 무지개 송어, *Salmo gairdneri* (Takashima et al., 1980)는 36일령에 중신관 아래에 원시생식세포가 나타나며, 버들치, *Rhynchocypris oxycephalus* (Park et al., 1998)는 8일령에 부레 밑의 장간막 양측면에 원시생식세포가 출현한다. 점농어에서는 부화 후 30일째에 원시생식세포가

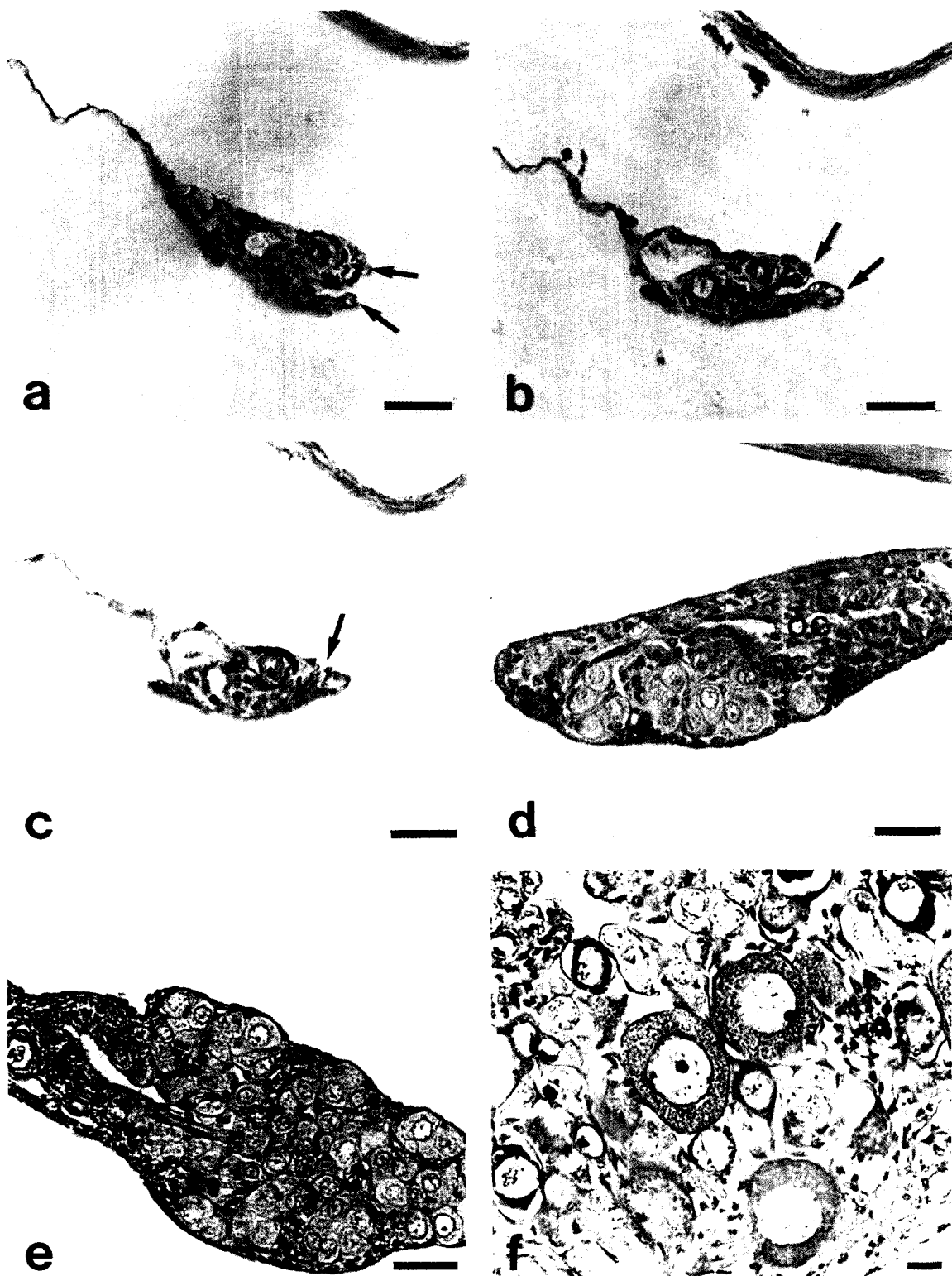


Fig. 2. Differentiation of the ovary in the spotted sea bass. (a) Anterior region of the gonad in 60-day juvenile (23.6~27.0 mm). The somatic tissues were elongated in the tip of both ends of undifferentiated gonad. (b) Middle region of the gonad in 60-day juvenile. (c) Posterior region of the gonad in 60-day juvenile. The elongated somatic tissues were fused each other. (d) & (e) Ovary in 168-day juveniles (88.0~115.4 mm). The meiosis of germ cells in the ovary was started. (f) Ovary in 284-day juvenile (175.1~233.6 mm). The ovary was filled with both of chromatin stage and perinucleolus stage oocytes. Abbreviations: OC, ovarian cavity; OG, oogonia. Each scale bar indicates 30 μ m.

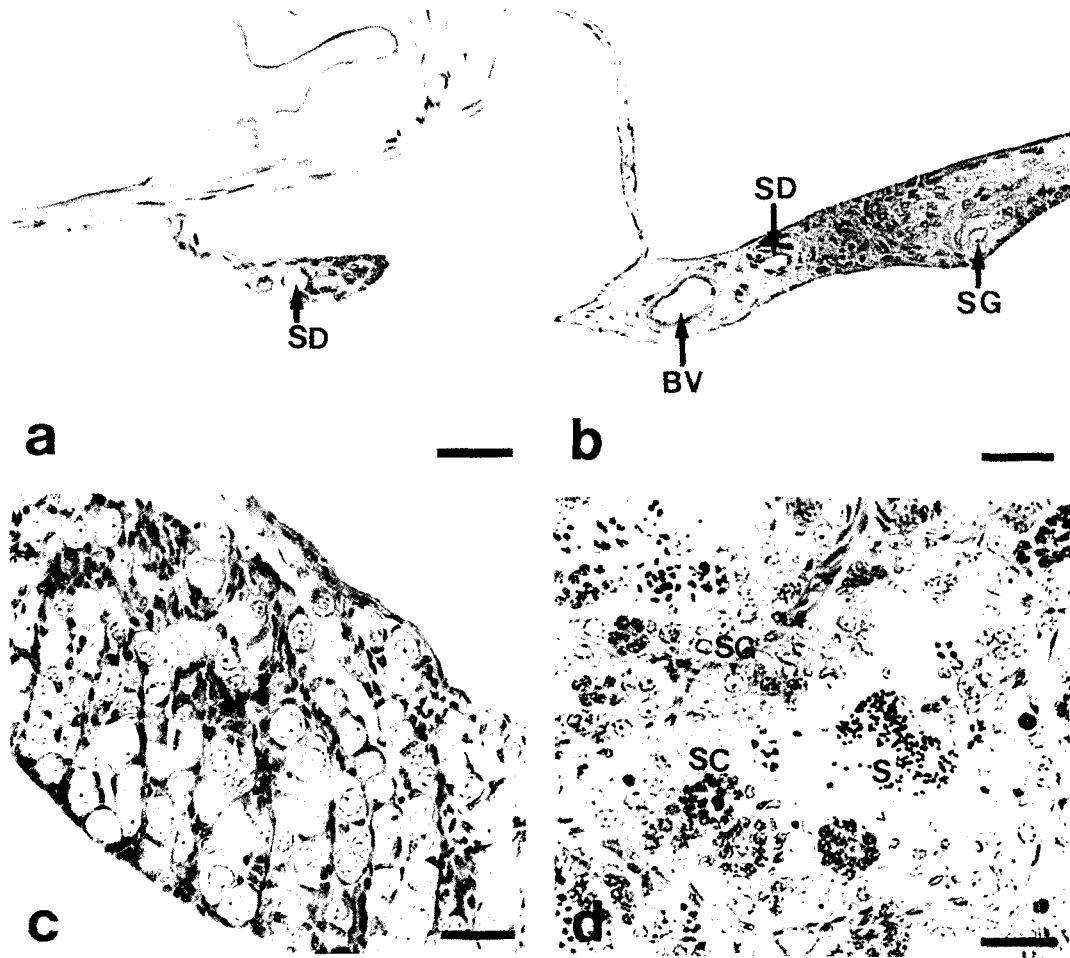


Fig. 3. Differentiation of the testis in the spotted sea bass. (a) Gonad in 70-day juvenile (26.4~33.5 mm). The rudiment of sperm duct appeared in the center of the undifferentiated gonad. (b) Testis in 154-day juvenile (84.9~100.3 mm). The number of spermatogonia began to increase. (c) Testis in 245-day juvenile (124.4~168.3mm). The meiosis of male germ cells was started. (d) Testis in 365-day juvenile (162.5~259.8mm). The seminiferous tubules of testis were filled with numerous sperm. Abbreviations: BV, blood vessel; SC, spermatocyte; SD, sperm duct; SG, spermatogonia; S, sperm. Each scale bar indicates 30 μ m.

Table 1. Sex ratio and gonadal development of juvenile and larva in the spotted sea bass

Days after hatching	Total length(mm)	No. of fish examined	Stage of gonad		
			Undifferentiated	Female	Male
1~ 55	3.8~ 19.2	84	84	0	0
60~ 70	22.2~ 26.4	21	7	12	2
75~365	32.9~256.2	322	0	135	187

생식용기와 융합되지 않은 채로 부레 밑의 장간막에 나타나 그 위치가 버들치와 유사하였다.

어류의 생식소 분화과정에서 미분화 생식소에서 난소 또는 정소로의 분화는 서로 다른 내강 형성 양상으로 판별된다. 난소로 분화할 때는 생식소의 양쪽 끝에 위치한 체세포

가 신장하여 돌기를 형성한 다음 융합하여 난소강이 되고, 정소는 생식소 안쪽에 정소강이 형성되어 정소관으로 발달한다(Nakamura & Nagahama, 1985; Nakamura et al., 1998). 점농어에서는 60일령에 생식소의 양쪽 끝에서 체세포 돌기가 나타나 난소강을 형성하기 시작하여 80일령에 이르러 완전

한 난소강이 형성되었다. 정소의 분화는 70일령에 생식소의 중앙에 정소강이 나타나기 시작되었다(Figs. 2a, 2b, 2c & 3a). 망상어, *Diterma temmincki* (Lee & Lee, 1996) 등 일부 어류에서는 정소의 분화가 먼저 시작되지만 대부분의 어류에서 정소보다는 난소의 분화가 일찍 일어난다(Nakamura et al., 1974; Takashima et al., 1980). 점농어 경우도 난소의 분화가 빨리 시작되었다.

난소의 분화 및 발달 양상은 종에 따라 차이가 있는 것으로 알려졌다. 홍송어, *Salvelinus lencomaenis* (Nakamura, 1982)는 난소의 분화가 전반부에서 먼저 시작되어 후반부로 진행되며 자주복, *Takifugu rubripes*(Matsuura et al, 1994)은 전·후반부에서 동시에 시작되어 중앙부로 이행된다. 넙치, *Paralichthys olivaceus* (申中, 1987)와 문치가자미, *Limanda yokohamae* (鈴木 等, 1992)는 후반부에서 시작되어 전반부로 진행되는 것으로 알려졌다. 점농어는 생식소의 후반부에서 먼저 난소강이 형성되기 시작하여 전반부로 진행됨으로 넙치와 문치가자미와 같은 양상을 보였다.

대부분의 어류에서 성적 성숙은 수컷이 빠른 것으로 밝혀졌다. 점농어 수컷은 365일령 치어에서 세정관에 정자가 충만되어 있었으나, 암컷의 난소는 염색인기와 주변인기 난모세포들만이 나타났다(Figs. 2e & 3d). 점농어 역시 수컷이 성적 성숙에 도달하는 시기가 빨랐다. 어류에서 성의 표현 양상은 다양한 것으로 알려졌다. 점농어는 정소와 난소가 동일 개체에 존재하는 경우는 없었으며, 성장에 따른 단성현상도 나타나지 않았다. 따라서 점농어는 자웅이체형 중에서 분화형인 것으로 생각된다. 앞으로 본 연구 결과를 토대로 인위적 성전환 유도 시 적정처리 시기 및 기간을 결정할 수 있을 것이다.

인용문헌

- Convert DO, Kynard BE (1981) Environmental sex determination: Interaction of temperature and genotype in a fish. *Science* 213: 577-579.
- Convert DO, Fleisher MH (1986) Temperature-sensitive period of sex determination in the Atlantic silverside, *Menidia menidia*. *Can J Fish Aquat Sci* 43: 514-520.
- Davies PR, Takashima F (1980) Sex differentiation in common carp, *Cyprinus carpio*. *J Tokoy Univ Fish* 66: 191-199.
- Johnstone R, Simpson TH, Walker F (1979) Sex reversal in salmonid culture part III. The production and performance of all-female populations of brook trout. *Aquaculture* 18: 241-252.
- Lee JS, Lee YD (1996) Early gonadogenesis and sex differentiation in the viviparous teleost, *Diterma temmincki*. *J Korean Fish Soc* 29: 35-43.
- Matsuura S, Naiyo T, Shincho M, Yoshimura K, Matsuyama M (1994) Gonadal sex differentiation in tiger puffer, *Takifugu rubripes*. *Jap J Ichthyol* 42: 619-625.
- Nakamura M, Takahashi H, Hiroi O (1974) Sex differentiation in the masu salmon, *Oncorhynchus masou*. *Sci Rep Hokkaido Salmon Hatchery* 28: 1-8.
- Nakamura M (1975) Dosage-dependent changes in the effect of oral administration of methyltestosterone on gonadal sex differentiation in *Tilapia mossambica*. *Bull Fac Fish Hokkaido Univ* 26: 99-108.
- Nakamura M (1982) Gonadal sex differentiation in white spotted char, *Salvelinus leucomaenis*. *Jap J Ichthyol* 28: 431-436.
- Nakamura M (1984) Effects of estradiol-17 β on gonadal sex differentiation in two species of salmonids, the masu salmon, *Oncorhynchus masou*, and the chum salmon, *O. keta*. *Aquaculture*. 43: 83-90.
- Nakamura M, Nagahama Y (1985) Steroid producing cells during ovarian differentiation of tilapia, *Sarotherodon niloticus*. *Dev Growth Differ* 27: 701-708.
- Nakamura M, Kobayashi T, Chang XT, Nagahama Y (1998) Gonadal sex differentiation in teleost fish. *J Exp Zool* 281: 362-372.
- Park IS, Kim JH., Bang IC, Kim DS (1998) Histological study of the early gonadal development and sexual differentiation in *Rhynchocypris oxycephalus*. *Dev Reprod* 2: 69-74.
- Reinboth R (1970) Intersexuality in fishes. *Mem Soc Endocrinol* 18: 515-543.
- Rubin DV (1985) Effect of pH on sex ratio in cichlids and a poeciliid (Teleostei). *Copeia* 1985: 233-235.
- Takashima F, Patino R, Nomura M (1980) Histological studies on the sex differentiation in rainbow trout. *Bull Jap Soc Sci Fish* 46: 1317-1322.
- Yamada U, Shirai S, Irie T, Tokimura M, Deng S, Zheng Y, Li C, Kim YU, Kim YS (1995) Names and illustrations of fishes in the East China Sea and the Yellow Sea-Japanese · Chinese · Korea-Overseas fishery cooperation foundation. Nihon Shiko Printing Co Ltd Nakasaki p 288.
- Yamamoto T (1969) *Fish Physiology*. Vol. III, ed. by Hoar WS,

- Radall DJ, Academic Press. New York, pp 117-158.
- Yoshikawa H, Oguri M (1978) Sex differentiation in a cichlid, *Tilapia zilli*. Bull Jap Soc Sic Fish 44: 313-318.
- 강충배 (2000) 한국産 농어속 어류의 분류학적 연구. 부경대학교 박사학위논문 p 131.
- 山崎文雄 (1989) 性の分化とその制御. 「水族繁殖學」(隆島史夫・羽生 功 編). 綠書房 141-165.
- 田中秀樹 (1987) ヒラメの生殖線の性分化過程. 養植研報 11: 7-19.
- 鈴木伸洋, 田村正之, 大内一郎松和親, 杉原拓朗 (1992) マコガレイ生殖線の性分化過程. 水産増殖 40: 189-199.