

바닥문절 (*Sagamia geneionema*) 암컷의 생식주기

허상우 · 김성준 · 송영보 · 이치훈 · 임봉수 · 노 섬¹ · 백혜자² · 김형배³ · 이영돈*
제주대학교 해양과환경연구소, ¹제주대학교 해양과학부, ²부경대학교 자원생물학과
³강원도립대학 해양생물자원개발과

Reproductive Cycle of Female Hairychin Goby *Sagamia geneionema*

Sang Woo HUR, Sung Jun KIM, Young Bo SONG, Chi Hoon LEE, Bong Soo LIM,
Sum RHO¹, Hea Ja BAEK², Hyung Bae KIM³ and Young Don LEE*
Marine and Environmental Research Institute, Cheju National University, Jeju 690-968, Korea
¹Faculty of Applied Marine Science, Cheju National University, Jeju 690-756, Korea
²Department of Marine Biology, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea
³Department of Marine Bio-resources, Gangwon Provincial University, Gangnung 210-804, Korea

This study investigated the reproductive cycle of the female hairychin goby, *Sagamia geneionema*, histologically. The fecundity of female hairychin goby ranged from 1,002 to 1,240 eggs when they reached a total length of 9.1-10.0 cm. Fecundity is related to total length. The gonadosomatic index (GSI) increased from December (1.87 ± 0.46) and reached a maximum in April (11.57 ± 1.92). The histological changes in the ovary were correlated with the GSI. Oocytes at the chromatin-nucleolus and peri-nucleolus stages were observed in the ovary year-round. In December, oocytes containing yolk appeared in the ovaries of a few fish. Most oocytes appearing in January were at the yolk globule stage. The frequency of oocytes appearing at the yolk globule stage from January to March was higher than in other months. Subsequently, empty follicles and atretic oocytes were observed in the ovaries in May. Based on the histological observations of gonad development and the monthly change in the GSI, the reproductive cycle was classified into the following successive stages: growing (October to November), mature (December to January), ripe and spawning (February to April), and degenerative and resting (May to September) stages. The histological observations of ovaries during the spawning period indicate that this species is a multiple spawner with abbreviated iteroparity based on the developmental pattern of oocytes.

Key words: *Sagamia geneionema*, Gobiidae, Abbreviate iteroparity, GSI, Reproductive cycle

서 론

바닥문절 *Sagamia geneionema*은 농어목 망둑어과 바닥문 절속에 속하는 어류로서 조간대 모래질 바닥에 무리를 지어 서식하는 연안 정착성 어류이다. 망둑어과 어류는 농어목 중 에 가장 큰 분류군 중의 하나이며 환경에 대한 적응력이 우수한 종으로 해수와 기수, 담수역 등 광범위한 지역에 서식 한다(Nishikawa et al., 1974; Nelson, 1984). 한국에서는 담수와 기수 및 천해역에 40여 종이 분포하는 것으로 알려져 있다 (Kim et al., 1987). 제주도 조간대 해역에서 서식하는 망둑어과 어류는 금줄망둑, *Pterogobius virgo*, 비단망둑, *Istigobius hoshinonis*, 점망둑, *Chasmichthys dolichognathus*, 제주모치망 둑, *Mugilogobius fontinalis*, 별망둑 *Chasmichthys gulosus* 등 많은 종들이 서식하고 있다.

최근 제주도 연안지역은 육상의 생활하수와 오염물질의 대량 유입으로 생태환경의 변화를 겪고 있으며 연안개발로 인한 각종 시설물들과 하천 정비사업 등이 조간대 연안지역을

중심으로 설치되고 있어 연안 생태계의 교란현상이 우려되지 만 제주 연안에 서식하는 어류에 대한 생식생태에 관한 연구 는 부족한 실정이다. 따라서 이 연구는 제주 연안에 서식하는 바닥문절 암컷을 대상으로 번식특성을 구명하기 위해 생식소 발달과 생식주기를 조직학적으로 조사하였다.

재료 및 방법

이 실험에 사용된 실험어는 제주도 북제주군 함덕리 연안에 서 2002년 1월부터 2002년 12월까지 낚시를 이용하여 매달 채집하였다. 채집한 실험어는 실험실로 옮긴 후 각각 전장과 체중을 측정하였다. 생식소와 간은 즉시 적출하여 무게를 측 정한 후 Bouin액에 고정하였다. 생식소중량지수(GSI)는 다음 의 “생식소 중량(GW)×100/체중(BW)”의 식으로 구하였다. GW와 BW는 각각 생식소중량과 체중이다. 간 중량(LW; g)을 측정하고 간중량지수(HSI)는 간 중량(LW)×100/체중(BW)의 식으로 구하였다.

조직학적 관찰을 위해 Bouin액에 고정한 조직으로 파라핀 절편법에 의해 두께 5 μm의 절편을 제작한 후, Hansen's

*Corresponding author: leemri@cheju.ac.kr

haematoxylin과 0.5% eosin (HE)으로 비교 염색하였다. 난경 조성은 디지털 카메라를 이용하여 난소의 절편을 촬영한 후, Image scope 2.3 (Image Line, Inc.)으로 핵이 절단된 난모세포의 크기를 측정하여 조사하였으며, 포란수 계산은 Bagenal and Braum (1978)의 습중량법을 사용하였다. 채집지역의 환경변화를 조사하기 위해 월 평균수온과 광주기는 국립수산과학원과 제주기상청의 관측자료를 사용하였다.

결 과

난소의 형태와 구조

바다문절 암컷 생식소의 외부 형태는 낭상형으로 양쪽 등쪽 체강 간막에 붙어서 확장되는 구조를 가지는 한 쌍의 생식소가 관찰되었다. 난소표면상피는 생식관을 형성하면서 복강의 최후단부까지 확장되어 생식공에 도달하기 전 후부에서 연결되었다(Fig. 1A). 난소는 담홍색을 띠며, 난소강이 난소의 가장자리에 형성되는 ectovarian sac type이었다(Fig. 1B).

포란수

1월부터 4월까지 채집된 개체 중 성숙한 개체의 난소만을 이용하여 전장 및 체중에 따른 포란수를 조사하였다. 평균 포란수는 914.0±14.0 - 1,121.0±84.8개였고, 전장이 증가함에 따라 포란수도 증가하는 경향을 보였다(Table 1).

GSI와 HSI의 월별 변화

GSI는 12월(1.87±1.45)부터 증가하여 4월(11.57±1.92)에 연중 최대값을 보였다가 5월에 0.59±0.16로 급격히 감소하여 6월부터 11월(0.26-0.93)까지 낮은값을 유지하였다(Fig. 2).

HSI는 1월부터 6월(3.24-4.93)까지 높은 값을 유지하다가 7월(0.93±0.07)에 감소하여 8월(0.48±0.02)에 최소값을 보였다. HSI는 9월에 다시 증가하여 10월에서 12월까지 2.47-3.16 사이를 유지하였다(Fig. 2).

생식소 발달의 조직학적 변화

초기 성장기 난소에서는 난경이 10-20 μm의 염색인기 난모세포와 50-150 μm의 주변인기 난모세포들이 관찰되었으며, 일부에서 150-250 μm 범위의 유구기 단계의 난모세포가 나타나기 시작하였다(Fig. 3A). 난모세포가 성장함에 따라 세포질에는 난황구와 유구들이 축적되기 시작하여 난경 250-450 μm에 달하였다(Fig. 3B). 난경 450-700 μm의 성숙란은 세포질에 다수의 난황구들이 균등하게 분포하였으며, 핵은 100 μm 범위였다(Fig. 3C). 난경 800-1,000 μm 사이의 성숙란은 세포질에 난황구와 유구들로 가득 차있고 핵이 동물극쪽으로 이동하였다(Fig. 3C). 산란한 뒤에 잔존 여포세포층은 장축과 단축이 각각 150과 100 μm에 달하였다(Fig. 3D). 방란되지 않은 난모세포들이 퇴행됨에 따라 난소는 급속하게 수축되었으며, 그 후에 난원세포와 어린 난모세포들이 난소표면상피에 재배치되었다(Fig. 3D).

난모세포 조성의 계절적 변화

바다문절 암컷의 난모세포 조성에서 주변인기 난모세포들은 연중 관찰되었고, 유구기 난모세포들은 10월부터 출현하기 시작하여 11월까지 18.3%로 계속 증가하다가 12월부터 난모세포의 발달로 그 비율이 낮아지는 경향을 보였다. 난황구기 난모세포들은 11월(2.3%)부터 분포하기 시작하여 12월

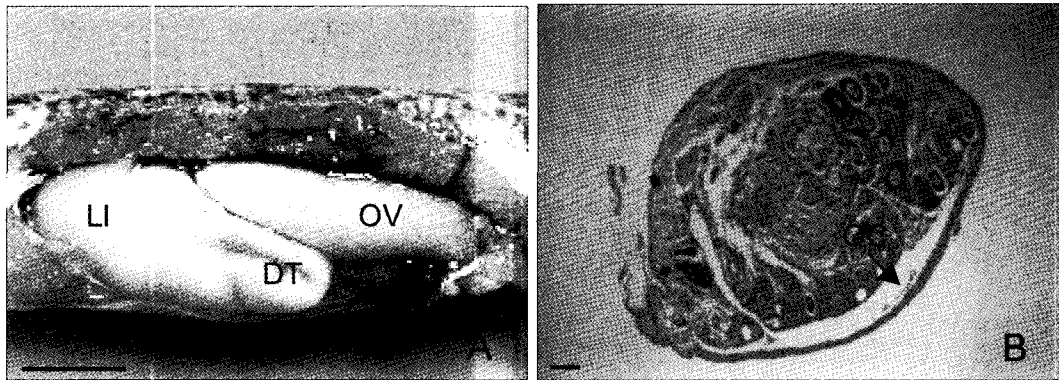


Fig. 1. External and histological observation of the ovary of female *Sagamia geneionema*. A, External morphology of the ovary. Scale bar, 1 cm; B, Ectovarian sac type in ovary. Scale bar, 100 μm; DT, Digestive tract; LI, Liver; OC, Ovarian cavity; OV, Ovary.

Table 1. Relationship between fecundity and total length in female *Sagamia geneionema*

Total length (cm)	Number of eggs		Number of fish examined
	Range	Mean ± S.E	
7.1 - 8.0	900-928	914.0±14.0	2
8.1 - 9.0	976-1,204	1,076.0±95.2	3
9.1 -10.0	1,002-1,240	1,121.0±84.8	4

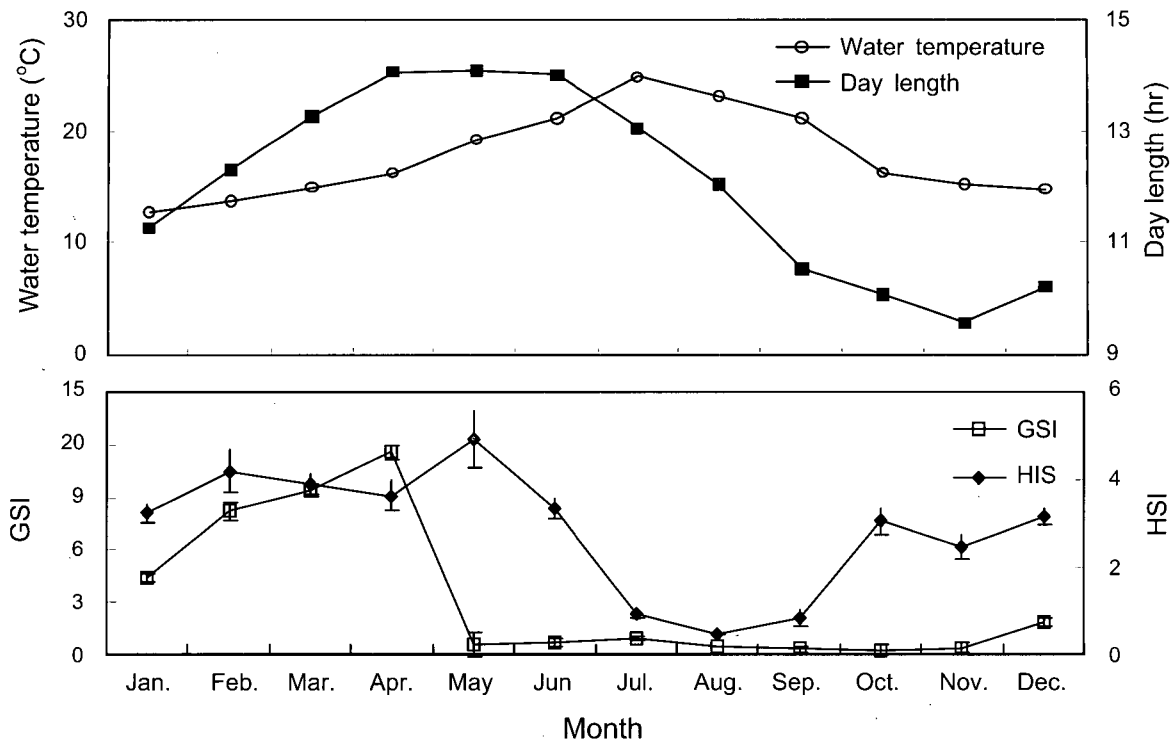


Fig. 2. Monthly changes of water temperature, day length gonadosomatic index (GSI) and hepatosomatic index (HSI) in female *Sagamia geneionema*. Vertical bars represent the standard error.

에 10.3%로 연중 출현비율이 가장 높았고 완숙 난모세포들은 12월에 0.8%로 처음 출현하기 시작하여 4월에 53.1%로 그 비율이 가장 높았다. 바닥문절 암컷의 발달 단계별 난모세포의 빈도는 Fig. 4에 나타내었다.

생식주기

생식소 발달의 조직학적 관찰과 생식소중량지수의 변화를 종합하여 볼 때, 바닥문절의 난소 발달단계는 4 개의 단계를 가진다.

성장기(growing stage)

성장기 개체는 11월부터 처음으로 관찰되었다. 주변인기 난모세포의 수는 점차적으로 증가하였으며 유구기 단계의 난모세포가 난소막에서 출현하였다.

성숙기(mature stage)

12월부터 유구기 난모세포들을 포함한 과립상 난황구를 축적한 난황주기 난모세포가 출현하였다.

완숙 및 산란기(ripe and spawning stage)

GSI는 4월에 가장 높이 나타났다. 잔존 여포세포층이 관찰되었으며, 완숙 및 산란단계의 개체들은 2월에서 4월까지 출현하였다.

퇴행 및 휴지기(degenerative and resting stage)

GSI는 5월에 급격히 감소하였다. 난소내에는 주로 미성숙 난모세포와 퇴화된 난모세포들이 관찰되었다. 휴지기 및 회

복기의 개체들은 5월에서 9월까지 출현하였다.

고찰

경골어류의 난소는 난소강 형식에 따라 난소의 중앙에 난소강이 형성되는 entovarian sac type과 난소의 가장 자리에 난소강이 형성되는 ectovarian sac type으로 구분되는데(Lee et al., 1996), 바닥문절 암컷의 난소는 은어 *Plecoglossus altivelis* (Bang et al., 2000), 큰 가시고기 *Gasterosteus aculeatus* (Shimizu and Takahasi, 1980), 틸라피아 *Tilapia zillii* (Yoshikawa and Oguri, 1978) 같이 난소강이 난소 가장 자리에 형성되는 ectovarian sac type이다. 바닥문절 암컷의 포란수는 어류에 있어서 전장과 체중이 증가함에 따라 난소내 포란수가 상대적으로 증가하는 것과 마찬가지로 관찰되었다. 현재까지 어류의 생식생태학적인 것에 대한 많은 연구보고들을 살펴보면 어류들의 생식리듬을 제어하는 주요 외부환경요인으로 다른 여러 가지 요인들도 관여하지만 특히 서식지역의 수온과 광주기가 가장 큰 영향을 끼치고 있다고 보고하고 있다(Bromage et al., 2001; Razani and Hanyu, 1996; Santos et al., 1986; Asahina and Hanyu, 1983). 많은 어종이 수온과 광주기에 따라 자손이 생존하기에 유리한 계절에 산란하는 것으로 알려져 있다. 바닥문절 암컷은 이중에서도 낮의 길이가 짧고 저수온기인 12월 (1.87±0.46)부터 생식소가 발달하기 시작하여 일장과 수온이 상승하기 시작하는 4월(11.57±1.92)에 GSI가 최대값을 보였

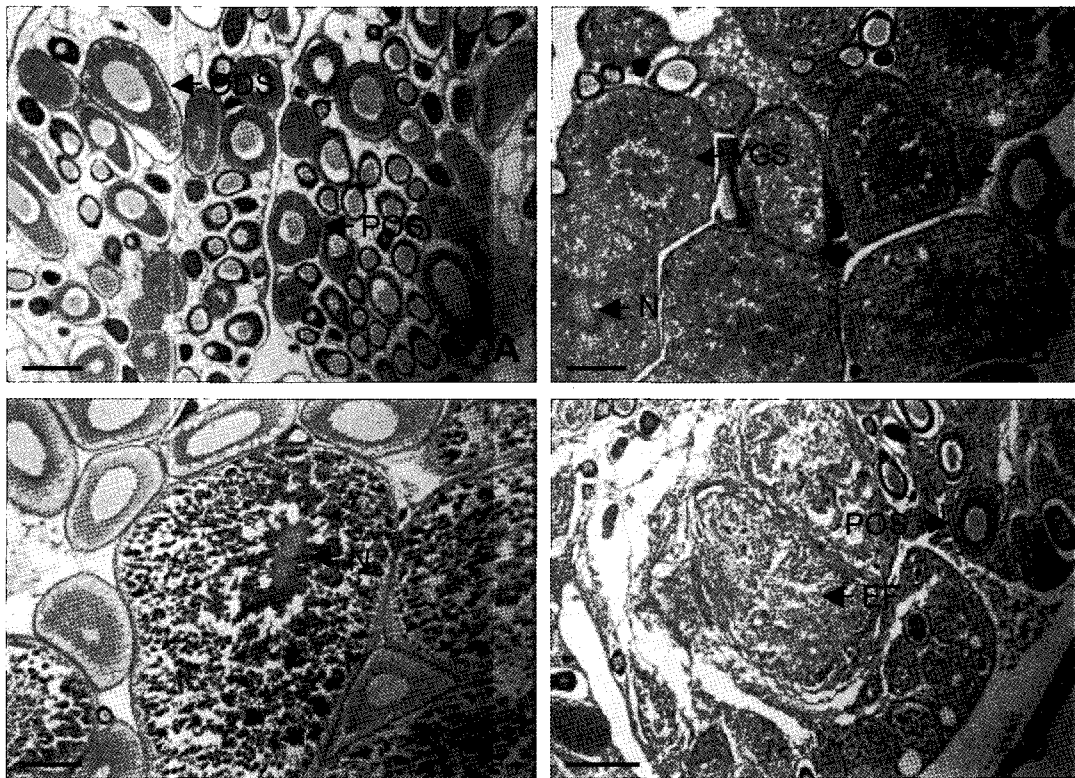


Fig. 3. Photomicrographs of ovarian developmental stage female *Sagamia geneionema*. A, early growing stage. Scale bar, 100 μ m; B, mature stage. Scale bar, 100 μ m; C, ripe and spawning stage. Scale bar, 100 μ m; D, degenerative and resting stage. Scale bar, 100 μ m; EF, empty follicle; N, nucleus; ODS, oil droplet; POS, peri-nucleolus; Yg, yolk granule.

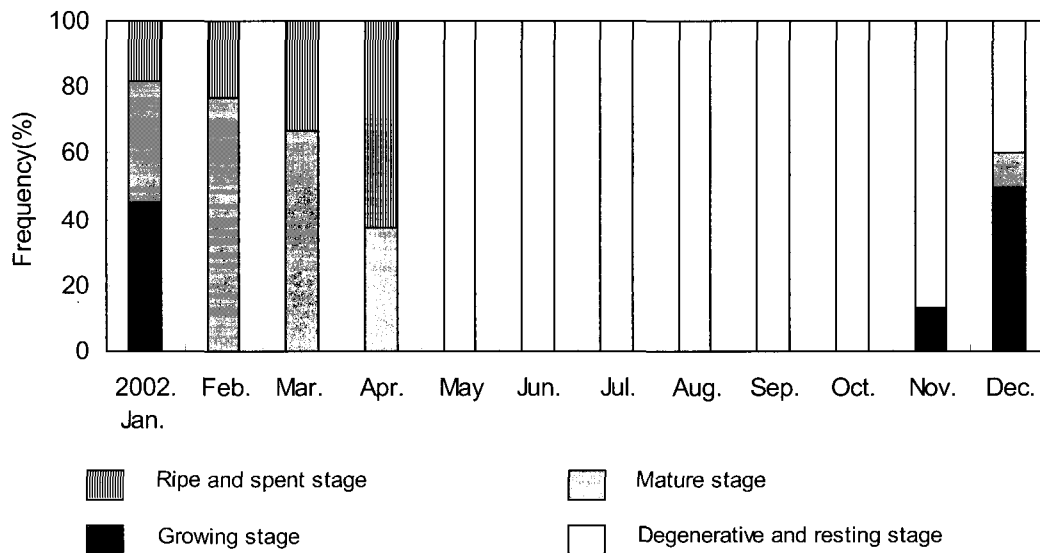


Fig. 4. Frequency of gonadal developmental phase of female *Sagamia geneionema* from January to December 2002.

다. 성숙과 산란시기의 암컷의 HSI는 GSI의 변동과 같은 경향을 보였다. HSI는 간에서 난황전구물질이 합성되는 난황형성기에 해당하는 2월에서 5월 사이에 비교적 높은 값을 보였다.

이러한 결과들로 바닥문질 암컷은 일장이 증가하고 수온이 비교적 낮은 2-4월에 산란하는 종으로 생각된다. 이러한 형으로는 황아귀, *Lophius litulon* Jordan (Park et al., 1999), 조피볼락,

Sebastes schlegeli (Baek et al., 2000), 별망둑, *Chasmichthys gulosus* (Guichenot) (Kim et al., 2004) 등이 있다. 망둑어과 어류는 생식 형태에 따라 Cole (1954)에 의해 동기발달형 semelparity type (Miller, 1979)과 비동기발달형 iteroparity type 두개로 구별된다. Iteroparity type은 계절적 생식 전략에 따라 Miller (1989)에 의해 두가지로 구별되는데 *Pomatoschistus* (Bouchereau et al., 1989; Fouda et al., 1993) 의 일부 중, *Knipowitschia* 그리고 *Economidichthys*에서 볼 수 있는 짧은 수명과 산란기 동안에 다회 산란을 하는 abbreviate iteroparous type과 망둑어속 어류(Miller, 1961; Joyeux et al., 1992)에서 볼 수 있는 긴 수명과 함께 산란기 내에 한번 성 성숙하고 산란하는 prolonged iteroparous type으로 구분된다. 이 연구에서 바닥물질 암컷의 생식패턴은 abbreviated iteroparous type이라 생각되며, 이러한 유형은 성숙 또는 이에 가까운 단계로부터 염색인기까지 모든 발달단계의 난모세포가 존재하며, 적어도 성숙이 다된 난모세포는 1군을 이루어 배란된다. 산란기는 일반적으로 길고 그 사이에 전난황형성기 이하의 미발달 난모세포로부터 난황형성기로의 보충이 일어나며 보통 산란기 동안 여러번 산란한다. Rock goby, *Gobius paganellus* (Miller, 1961), red sea goby, *Silhouettea aegyptia*와 marbled goby, *Pomatoschistus marmoratus* (Fouda et al., 1993), 그리고 transparent goby, *Aphia minuta* (Caputo et al., 2000), 별망둑, *Chasmichthys gulosus* (Guichenot) (Kim et al., 2004) 등이 이 형에 속하고 있는 것으로 알려져 있다.

사 사

이 논문은 2004년도 제주대학교 두뇌한국(BK)21사업과 해수관상어 양식기술 개발연구 사업에 의하여 지원되었습니다.

참 고 문 헌

- Asahina, K. and I. Hanyu. 1983. Role of temperature and photoperiod in annual reproductive cycle of the rose bitterling, *Rhodeus ocellatus ocellatus*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52, 965-969.
- Baek, J.M., C.H. Han, D.J. Kim, C.W. Park and K. Aida. 2000. Reproductive cycle of a rockfish, *Sebastes schlegeli*. J. Kor. Fish. Soc., 33, 431-438.
- Bagenal, T.B. and E. Braum. 1978. Eggs and early life history. In: Methods for Assessment of Fish Production in Fresh Water, Ricker, W.E., ed. Blackwell Scientific Publication, London, U.K., 165-201.
- Bang, I.C., S.Y. Park, Y.A. Lee, C.H. Lee, S.Y. Kim and K.K. Kim. 2000. Early gonadogenesis and sex differentiation in sweet fish, *Plecoglossus altivelis*. Kor. J. Aquacult., 13, 215-222.
- Bouchereau, J.L., J.C. Joyeux, J.A. Tomasini and J.P. Quignard. 1989. Cycle sexual, fecondité et condition de *Pomatoschistus microps* (Kroier, 1838) (Gobiidae) dans la lagune de Maguio, France. Bulletin d'Ecologie, 20, 193-202.
- Bromage, N., M. Portor and C. Randall. 2001. The environmental regulation of maturation in farmed finfish with special reference to the role of photoperiod and melatonin. Aquaculture, 197, 63-98.
- Caputo, V., G. Candi, M. La Mesa and E. Arneri. 2000. Pattern of gonad maturation and the question of semelparity in the pedomorphic goby, *Aphia minuta*. J. Fish. Biol., 58, 656-669.
- Cole, L.C. 1954. The population consequences of life history phenomena. Quart. Rev. Biol., 29, 103-137.
- Fouda, M.M., M.Y. Hanna and F.M. Fouda. 1993. Reproductive biology of a Red Sea goby, *Silhouettea aegyptia* and a Mediterranean goby, *Pomatoschistus marmoratus*, in Lake Timsah, Suez Canal. J. Fish. Biol., 43, 139-151.
- Joyeux, J.C., J.A. Tomasini and J.L. Bouchereau. 1992. Modalites de la reproduction de *Gobius niger* (Teleostei, Gobiidae) dans une lagune Meditteraneenne. Vie Mil., 42, 1-13.
- Kim, I.S., Y.J. Lee and Y.U. Kim. 1987. Ataxonomic revision of the subfamily Gobiinae (Pisces, Gobiidae) from Korea. Bull. Kor. Fish. Soc., 20, 529-542.
- Kim, S.Y., C.B. Park, J.W. Kang, Y.C. Choi, S. Rho, H.J. Bawk, H.B. Kim and Y.D. Lee. 2004. Gonadal development and reproductive cycle of gluttonous goby *Chasmichthys gulosus* (Guichenot). Kor. J. Ichthyol., 16, 261-270.
- Lee, Y.D., S. Rho, Y.J. Chang, H.J. Baek and C.M. An. 1996. Sex differentiation of rockfish, *Sebastes schlegeli*. Bull. Kor. Fish. Soc., 29, 44-50.
- Miller, P.J. 1961. Age, growth and reproduction of the goby *Gobius paganellus* L. in the Isle of Man. J. Mar. Biol. Assoc. U.K., 41, 737-769.
- Miller, P.J. 1979. Adaptiveness and implications of small size in teleosts. Zool. Soc. Lon. Sym., 44, 263-306.
- Miller, P.J. 1989. The tokology of gobioid fishes. In: Fish Reproduction Strategies and Tactics. Potts, G.W. and R.J. Wootton, eds. Academic Press, New York, 118-153.
- Nelson, J.S. 1984. Fishes of the World. 2nd ed. Wiley Interscience, New York, 523.
- Nishikawa, S., K. Amaoka and K. Nakanishi. 1974. A comparative study of chromosomes of twelve species of gobioid fishes in Japan. Jap. J. Ichthyol., 21, 61-71.
- Park, Y.C., B.Y. Cha and H.K. Cha. 1999. Maturation and spawning of the yellow goosefish, *Lophius litulon*

- (Jordan) in Korean waters. J. Kor. Soc. Fish. Res., 2, 84-91.
- Razani, H. and I. Hanyu. 1996. Annual reproductive cycle of 2-3 years old female goldfish and its artificial modification by manipulations of water temperature and photoperiod. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52, 965-969.
- Santos, A.J., G.K. Bando, K. Aida and I. Hanyu. 1986. Photoperiodic determination of preovulatory gonadotropin surge onset time in the carp *Cyprinus carpio*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52, 1167-1172.
- Shimizu, M. and H. Takahasi. 1980. Process of sex differentiation of gonad and gonoduct of three spined stickleback, *Gasterosteus aculeatus* L. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 31, 137-148.
- Yoshikawa, H. and M. Oguri. 1978. Sex differentiation in a cichlid, *Tilapia zillii*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 44, 313-318.
-
- 2006년 7월 14일 접수
2006년 10월 10일 수리