

날개망둑 (*Favonigobius gymnauchen*)의 생식주기 및 생식소 발달

이정식 · 김재원* · 강주찬** · 신윤경*** · 진 평*
여수대학교 어병학과, *부경대학교 해양생물학과
부경대학교 수산생명의학과, *국립수산진흥원 남해수산연구소

Reproductive Cycle and Gonadal Development of the Naked-Headed Goby, *Favonigobius gymnauchen* (Teleostei : Gobiidae)

Jung Sick LEE, Jae Won KIM*, Ju-Chan KANG**,
Yun Kyung SHIN*** and Pyung CHIN*

Department of Fish Pathology, Yosu National University, Yosu 550-749, Korea
*Department of Marine Biology, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea
**Department of Aquatic Life Medicine, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea
***South Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and Development Institute, Yosu 550-120, Korea

Reproductive biology of the naked-headed goby, *Favonigobius gymnauchen* was investigated by means of histological methods. The ovary was consisted of several ovarian lamellae and the oogonia originated from the inner surface of the ovarian lamella. The testis was seminiferous tubule type in internal structure. Seminiferous tubule was consisted of many testicular cysts which contained numerous germ cells in a same developmental stage. The size of group maturity was 4.5 cm in total length. Gonadosomatic index (GSI) of the female and male was the highest in June and July, respectively. Reproductive cycle could be classified into the growing (January~March), maturation (April~May), ripe and spent (June~July), and recovery and resting (August~December). Oocyte development was group-synchronous, and yolk nucleus was observed in the early growing oocyte.

Key words: *Favonigobius gymnauchen*, Group maturity, GSI, Gonad development, Reproductive cycle

서 론

경골어류의 생식생태에 관한 연구는 자원증식 및 기초생물학적 측면에서 중요한 과제라고 할 수 있겠다. 이를 위해서는 우선 자연상태에서 그들의 정확한 생식주기, 생물학적최소형, 포란수 및 생식활동을 지배하는 요인 등을 구명하여야 할 것이다.

날개망둑은 하구나 기수지역의 조간대 모래밭이나 자갈밭에 주로 서식하는 정착성 소형 어류이다.

망둑어 종류의 생식과 관련된 연구로는 rock goby, *Gobius paganellus*의 생식과 연령 (Miller, 1961), sand goby, *Gobius minutus*의 생식소 발달과 포란수 (Healey, 1971), 점망둑, *Chasmichthys dolichognathus*의 성성숙과 산란 (Baek et al., 1985), chichibu-goby, *Tridentiger obscurus*의 생식주기 동안 뇌하수체 성호르몬 분비세포의 변화 (Kaneko et al., 1986), common goby, *Pomatoschistus microps* 암컷의 생식 (Rogers, 1988), Red Sea goby, *Silhouettea aegyptia*와 Mediterranean goby, *Pomatoschistus marmoratus*의 생식생물학적 연구 (Fouda et al., 1993), 그리고 endemic goby, *Lentipes concolor*의 생식 (Way et al., 1998) 등 많은 보고를 찾아볼 수 있으나, 날개망둑의 생식에 관한 보고는 찾아보기 힘들다.

본 연구는 날개망둑, *Favonigobius gymnauchen*의 생식생태를 밝히기 위하여 생식소중량지수의 월 변화, 군 성숙도, 생식주기 및 이에 따른 생식소의 구조와 조직학적 변화를 조사하였다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 재료는 1999년 1월부터 1999년 12월까지 부산 다대포 인근 해역에서 채집한 암컷 282 개체, 수컷 232 개체이다. 채집된 재료는 활어상태로 실험실에 옮겨 측정자와 전자식 저울을 이용하여 전장 및 체중을 각각 0.1 mm, 0.1 g까지 측정하였다.

그 후 생식소 무게를 0.01 g까지 측정된 다음, Bouin's solution에 일정시간 고정하여 파라핀절편법에 의해 4~6 μm 두께로 연속 절편하여 조직표본을 만들었다. 제작된 조직표본은 Mayer's hematoxylin과 0.5% eosin의 비교염색과 Mallory 삼중염색을 실시하였다.

생식소중량지수 (gonadosomatic index: GSI)는 성어를 대상으로 "생식소 무게×100/전중-생식소 및 내장 무게"의 식으로 구하였다. 군 성숙도 (group maturity)는 전장 1.0 cm 간격으로 같은 크기에 속하는 개체 가운데 성적으로 성숙한 조직상을 나타내는 빈도가 50.0% 이상인 최소 크기로 정하였다.

결 과

1. 생식소의 형태 및 구조

난소와 정소는 각각 한 쌍의 원추형으로 소화관과 등쪽 체벽사이에서 신장과 함께 나란히 어체의 후방으로 신장되어 있다. 난소

내부는 난소의외막으로부터 시작된 결체성조직의 난소박판 (ovarian lamella)으로 구성되며, 이곳에서 난원세포가 유래한다. 정소의 내부는 다수의 정세관 (testicular tubule)으로 구성되며, 각각의 정세관은 여러 개의 소낭 (cyst)구조를 가진다 (Fig. 3, A). 각 소낭 내의 생식세포들은 같은 단계의 발달상태를 보이는데, 생식주기에 따라 소낭과 정세관 내강에서 각각 정모세포, 정세포 및 정자를 관찰할 수 있었다.

2. 군 성숙도

생식에 참여할 수 있는 개체의 크기를 알아보기 위해 4월부터 8월까지 암컷 161개체, 수컷 141개체의 생식소를 조직학적으로 분석한 결과는 Table 1과 같으며, 이들의 군 성숙에 도달하는 크기는 암·수 모두 전장 4.5 cm로 나타났다.

Table 1. Maturity with size of the naked-headed goby, *Favonigobius gymnauchen*

Total length (cm)	Female			Male		
	Examined individual	Matured individual	Maturity (%)	Examined individual	Matured individual	Maturity (%)
2.1~3.0	9	-	-	7	-	-
3.1~4.0	18	4	22.2	29	12	41.4
4.1~5.0	31	19	61.3	28	24	85.7
5.1~6.0	39	33	84.6	26	26	100
6.1~7.0	32	32	100	23	23	100
7.1~8.0	22	22	100	19	19	100
8.1~9.0	7	7	100	8	8	100
9.1~10.0	3	3	100	6	6	100

3. 생식소중량지수 (GSI)의 월 변화

1999년 1월부터 1999년 12월까지 조사된 암·수 GSI의 월 변화는 Fig. 1과 같다.

암컷의 GSI는 1월부터 작은 폭으로 증가하다가, 4월부터는 큰 폭으로 증가하여 6월에는 7.86으로 가장 높은 값을 나타냈다. 그후 7월부터는 계속 감소하여 12월에는 0.46으로 가장 낮은 값을 나타냈다. 수컷의 GSI는 2월부터 차츰 증가하기 시작하여 7월에는 1.20

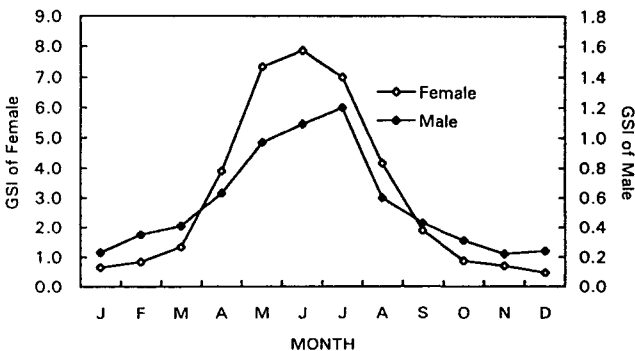


Fig. 1. Monthly change of gonadosomatic index (GSI) of the naked-headed goby, *Favonigobius gymnauchen*.

으로 가장 높은 값을 나타냈으며, 그후 감소하여 11월에서 1월 사이에는 0.23내외의 낮은 값을 보였다.

4. 생식소의 조직학적 변화

1) 난 소

11월과 12월의 휴지기의 난소에서는 주로 난소박판 내부의 결체성 조직에서 난원세포들과 난황축적이 시작되기 전 염색인기단계의 초기 난모세포들이 관찰되었다. 난원세포는 핵이 세포의 대부분을 차지하며 핵질에는 불규칙한 염색사들이 분포한다. 염색인기단계의 초기 난모세포들은 세포질에 대한 핵의 비율이 차츰 감소되며 핵막 근처의 핵질에서는 인이 관찰되었다 (Fig. 2, A).

이후 2~3월 성장기의 난소에서 난모세포들은 크기가 증가하면서, 핵내에는 인의 수가 많아졌으며, 세포질 피질부에서는 난황핵 (yolk nucleus)이 관찰되었다 (Fig. 2, B). 난모세포들은 성장하면서 세포질 피질부에 난황물들이 축적되며, 여포세포층은 차츰 발달하게 된다 (Fig. 2, C).

4월 이후 성숙기에 접어들면서 난모세포들의 여포세포층은 더욱 발달하게 되며, 핵막은 불규칙하게 되고, 세포질은 수질부 일부를 제외하고 대부분 호산성의 난황구로 채워진다 (Fig. 2, D).

5월말~7월초의 완숙기 난소의 대부분은 장경 500 μm 내외의 완숙 난모세포들이 차지한다. 핵은 세포질의 한쪽에 치우쳐 있으며, 세포질의 대부분은 호산성의 난황과립으로 채워지며, 잘 발달된 방사대의 관찰이 가능하다 (Fig. 2, E).

7월말부터 산란 직후의 난소 내부에서는 주로 방란 흔적을 나타내는 배란후의 여포와 잔존 완숙란 및 초기 난모세포들이 주로 관찰되었다 (Fig. 2, F).

이후 8~9월 회복기의 난소에서는 잔존 완숙란의 퇴화·흡수 그리고 잔존 초기 난모세포의 재배치와 함께 폐쇄여포들이 관찰되었다 (Fig. 2, G).

2) 정 소

11월과 12월의 정소에는 정세관의 상피에서 유래된 간기의 정원세포들이 주로 관찰되는데, 이들의 크기는 직경 10 μm 내외이며, 세포질의 반 정도를 차지하는 커다란 핵을 가진다 (Fig. 3, B).

이후 정소는 정세관의 내강에 유사분열상을 보이는 정원세포들로 가득 채워진 분열중식기의 단계를 거치게 된다 (Fig. 3, C).

2~3월 성장기의 정소에서는 정세관 내부의 소낭구조가 차츰 확인되면서 대부분의 소낭은 정모세포군으로 채워지며, 핵질과 세포질이 응축된 정세포로 채워진 일부 소낭들이 관찰되었다 (Fig. 3, D).

성숙기로 접어들면서 정세관 소낭과 정세관 내강의 대부분은 염기성염료에 진하게 염색되는 정세포군으로 채워지며 (Fig. 3, E), 정모세포군으로 채워진 일부 소낭과 정자들의 관찰이 가능하였다.

6월~7월의 완숙기 정소에서 소낭구조는 관찰되지 않았으며, 염기성염료에 진하게 염색되는 완숙정자군들이 정세관의 내강에서 관찰되었다 (Fig. 3, F).

방정 후 정세관과 수정관의 내강에서는 방정후의 잔존정자

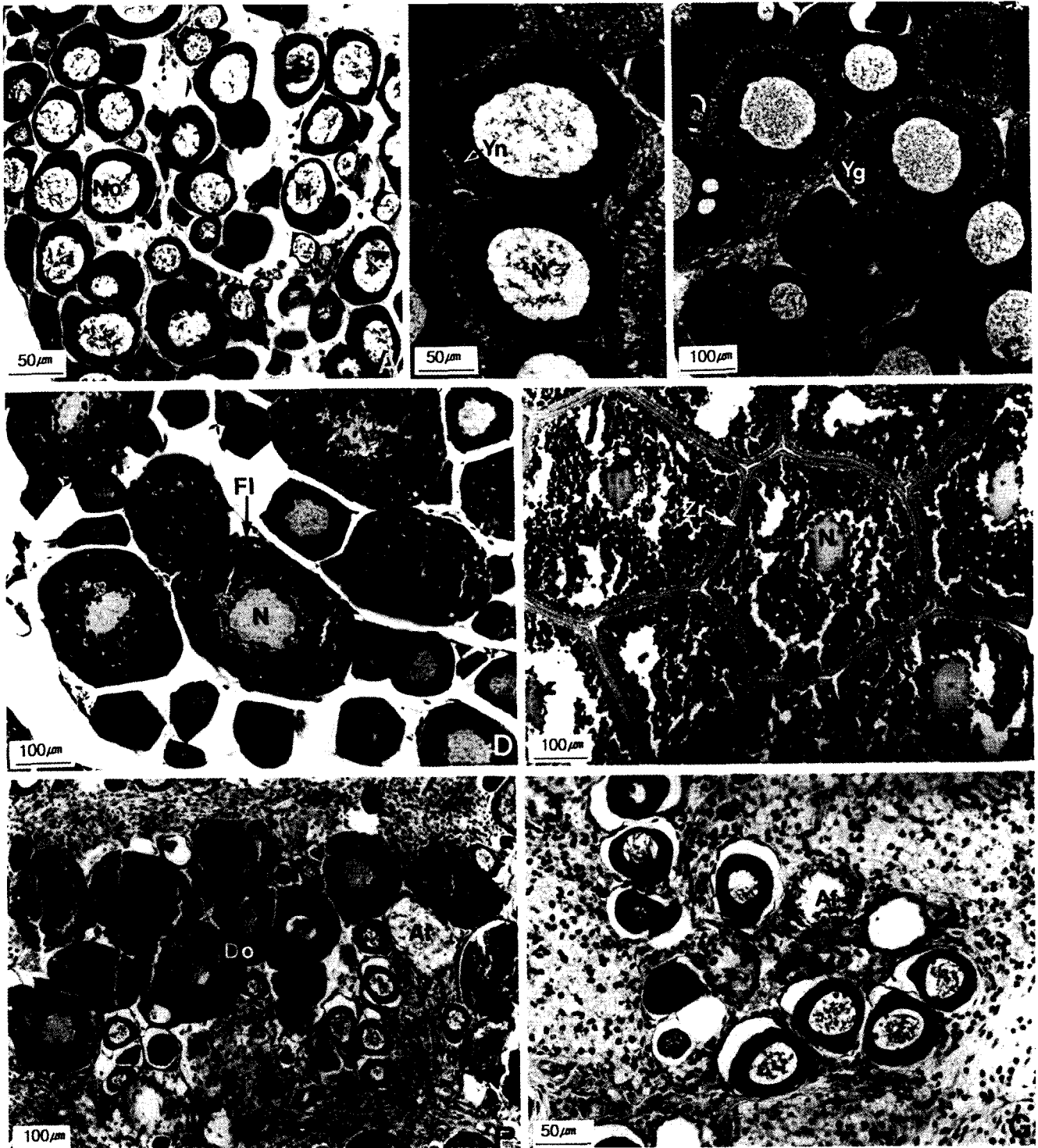


Fig. 2. Photomicrographs of developmental stage of ovary in the naked-headed goby, *Favonigobius gymnauchen*. A. Section of resting stage showing the oogonia and oocytes of chromatin nucleolus stage. B. Early growing stage. Note the yolk nucleus. C. Growing stage. Note the yolk granules in cortical cytoplasm of oocyte. D. Section of maturing oocyte showing the breakdown of germinal vesicle and well-developed follicle layer. E. Ripe stage. Note the well-developed zona radiata of ripe oocytes. F. Degenerating stage after spawning. G. Recovery stage. Af: atretic follicle, Do: degenerating oocytes, Fl: follicle layer, N: nucleus, No: nucleolus, Yg: yolk granules, Yn: yolk nucleus, Zr: zona radiata.

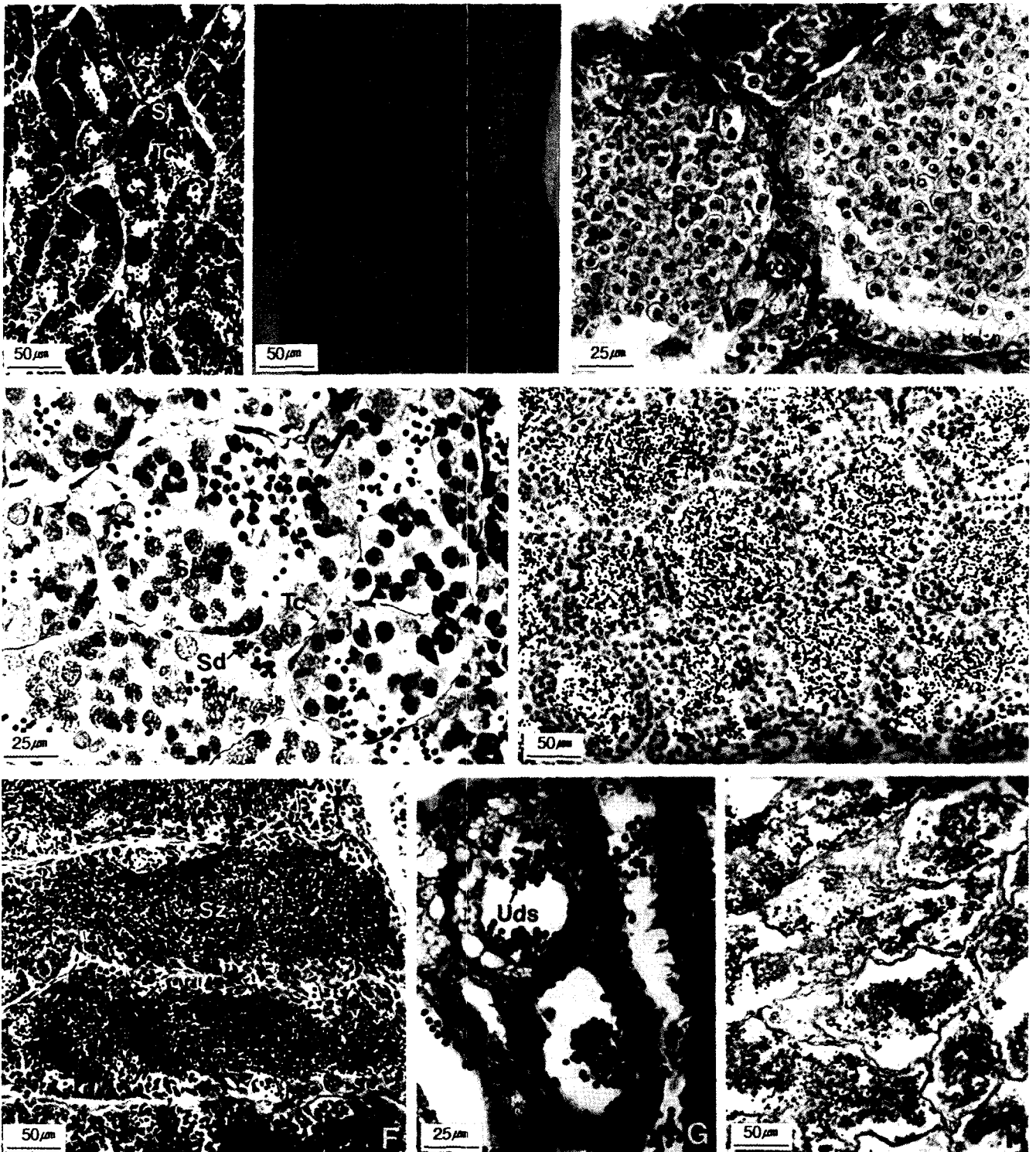


Fig. 3. Photomicrographs of developmental stage of testis in the naked-headed goby, *Favonigobius gymnauchen*. A. Section of testis showing the internal structure of tubule type. B. Resting stage filled with spermatogonia of interphase. C. Section of multiplicative stage showing the spermatogonia of mitotic division. D. Growing stage. E. Maturing stage. Note the disappearance of testicular cyst. F. Ripe stage. G. Undischarged spermatozoa within the efferent duct. H. Degenerating stage. Sc: spermatocytes, Sd: spermatids, Sg: spermatogonia, St: Seminiferous tubule, Sz: spermatozoa, Tc: testicular cyst, Uds: undischarged spermatozoa.

(Fig. 3, G)와 성장 및 성숙이 증진된 생식세포들이 퇴화·흡수되는 조직상이 관찰되었다 (Fig. 3, H).

5. 생식주기

매월 채집된 개체의 생식소 조직상의 발달단계는 Fig. 4와 같이 도표화 할 수 있었으며, 이 결과와 함께 생식소중량지수의 월 변화를 기초로 날개망둑의 생식주기는 암·수 모두 성장기 (1~3월), 성숙기 (4~5월), 완숙 및 산란기 (6~7월) 그리고 회복 및 휴지기 (8~12월)로 나눌 수 있었다.

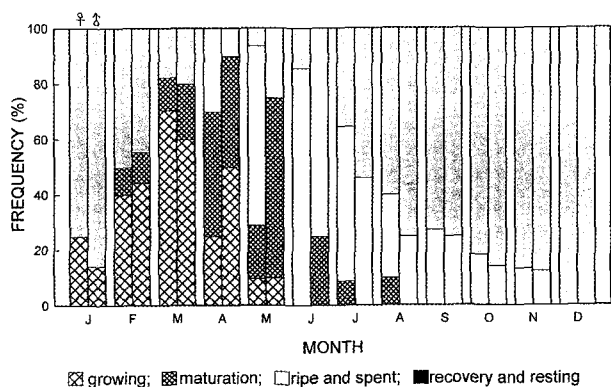


Fig. 4. Monthly change in frequency of gonad developmental stage of the naked-headed goby, *Favonigobius gymnauchen*.

고 찰

날개망둑 난소의 내부구조는 노래미, *Agrammus agrammus* (Chung and Lee, 1985)와 점망둑, *Chasmichthys dolichognathus* (Baek et al., 1985) 등 대부분의 경골어류에서 볼 수 있는 것처럼 결체성 조직인 난소박판으로 구성되며, 이곳에서 난원세포들이 유래된다.

경골어류 정소의 내부 조직학적 구조는 크게 소엽형 (lobule type)과 세관형 (tubule type)으로 구분된다 (Billard et al., 1982).

소엽형의 정소를 가지는 어류로는 노래미 (Chung and Lee, 1985), 자리돔, *Chromis notatus* (Lee and Lee, 1987), 참돔, *Pagrus major* (Matsuura et al., 1987) 등이 있으며, 세관형의 정소를 가지는 어류로는 쏨뱅이, *Sebastes marmoratus* (Mizue, 1958), *Sebastes paucispinis* (Morser, 1967), *Cymatogaster aggregata* (Wiebe, 1968), 누루시블락, *Sebastes vulpes* (Sasaki and Igarashi, 1974), *Micrometrus minimus* (Grier, 1981), 불블락, *Sebastes thompsoni* (Lee et al., 1997) 등이 있다.

날개망둑 정소의 외부형태는 경골어류 정소의 일반적인 형태와 유사하며, 정소의 내부조직상은 다수의 정세관으로 구성되고 이들 정세관은 여러 개의 소낭구조를 가짐으로써 세관형에 속한다.

날개망둑의 난모세포의 난황축적 전에 난세포질에서 난황핵이 관찰되는데, 난황핵이 관찰되는 종으로는 감성가자미, *Liopsetta*

obscura (Yamamoto, 1956), 전어, *Konosirus punctatus* (Kim and Lee, 1984), 노래미 (Chung and Lee, 1985), 점망둑 (Baek et al., 1985), 자리돔 (Lee and Lee, 1987), 망상어, *Ditrema temmincki* (Lee et al., 1995), 불블락 (Lee et al., 1997) 등이 있으며, 이 가운데 날개망둑의 난황핵은 전어, 노래미, 점망둑, 불블락에서처럼 난황축적과 깊은 관계가 있는 것으로 생각된다.

Wallace and Selmen (1981)은 경골어류의 난모세포 발달양식을 동기발달형 (synchronous), 난군동기발달형 (group-synchronous), 비동기발달형 (asynchronous)의 세 가지로 구분하였다.

날개망둑의 난모세포 발달양식은 성숙 난소내에서 크게 초기 난모세포군과 성숙 난모세포군 두 무리로 나눌 수 있으며, 초기 난모세포군은 여러 단계로 구분되므로 난군동기발달형에 속하는 것으로 판단된다. 그리고 산란회수는 완숙 및 산란기 난소조직상을 기초로 볼 때 산란기 동안 1회 산란하는 것으로 판단된다.

완숙난 산란 후 잔존 난모세포의 운명은 난모세포의 발달단계에 따라 다소 차이가 있는데 그물코쥐치, *Rudarius ercodes* (Lee and Hanyu, 1984)와 노래미 (Chung and Lee, 1985)의 경우에는 여포세포의 형성과 난황축적이 시작된 난모세포는 모두 퇴화·흡수되는 것으로 보고되어 있다.

본 연구에서 날개망둑의 경우에는 여포세포의 발달과 난황축적이 시작된 난모세포의 경우에는 퇴화·흡수가 관찰되었으나, 그 전 단계의 초기 난모세포의 경우에는 퇴화·흡수과정이 관찰되지 않는 점으로 보아 이들은 잔존하여 휴지기를 거쳐 다음 해의 난소발달 과정에 참여하는 것으로 생각된다.

망둑어류 가운데 조건대 지역에 서식하는 소형종들의 생식에 관한 연구들 (Baek and Lee, 1985; Kaneko and Hanyu, 1985; Fouda et al., 1993)에서 이들의 군 성숙도 및 산란기가 보고되었다.

군 성숙도는 chichibu-goby, *Tridentiger obscurus*의 경우에는 암·수 각각 전장 35 mm, 45 mm로 보고되었으며 (Kaneko and Hanyu, 1985), Red Sea goby, *Silhouettea aegyptia*는 암·수 각각 체장 25 mm, 21 mm이며, Mediterranean goby, *Pomatoschistus marmoratus*는 암·수 각각 체장 26 mm, 24 mm로 보고 (Fouda et al., 1993)되어, 날개망둑의 암·수 모두 전장 45 mm와는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

그리고 앞의 보고에서 인용된 종들과 점망둑의 산란기는 주로 봄에서 초여름 사이로 보고되고 있다. Baek and Lee (1985)는 점망둑의 생식기구에 관한 실험적 연구에서 생식소를 활성화시켜 성숙축진을 유도하는 요인은 춘계의 수온상승이 필수적이고 장일화는 보상적으로 작용하며, 산란을 유도하는 요인은 고 수온이라고 하였다. 본 연구에서 날개망둑의 주 산란기는 6월부터 7월로 조사되어 점망둑과 같은 요인이 작용하였으리라 추측되나, 생식기구 해명에 필요한 구체적인 결론을 얻기 위해서는 실험적 연구가 필요하리라 본다.

요 약

난소의 내부는 결체성 조직인 다수의 난소박판으로 구성되며, 이곳에서 난원세포가 유래한다. 정소조직상은 정세관 형태이며,

각각의 정세관은 여러 개의 소낭구조를 가진다. 각 소낭내의 생식 세포들은 같은 단계의 발달상태를 보인다. 군 성숙도에 도달하는 크기는 암·수 모두 전장 4.5 cm이다. 암컷의 GSI는 6월에 가장 높은 값을 나타냈으며, 수컷의 GSI는 7월에 가장 높은 값을 나타냈다. 생식주기는 성장기 (1~3월), 성숙기 (4~5월), 완숙 및 산란기 (6~7월) 그리고 회복 및 휴지기 (8~12월)로 나눌 수 있었다. 난모세포 발달양식은 난군동기발달형에 속하며, 초기 성장기 난모세포의 세포질에서 난황핵이 관찰되었다.

사 사

본 연구는 해양수산부에서 시행한 수산특정연구개발 사업의 현장애로 연구비 지원으로 수행된 결과의 일부이며, 연구지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- Baek, H.J. and T.Y. Lee. 1985. Experimental studies on the mechanism of reproductive cycle in the longchin goby, *Chasmichthys dolichognathus* (Hilgendorf). Bull. Korean Fish. Soc., 18, 243~252 (in Korean).
- Baek, H.J., H.B. Kim, T.Y. Lee and B.Y. Lee. 1985. On the maturity and spawning of the longchin goby, *Chasmichthys dolichognathus* (Hilgendorf). Bull. Korean Fish. Soc., 18, 477~483 (in Korean).
- 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.
- 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).
- 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.
- Grier, H.J. 1981. Cellular organization of the testis and spermatogenesis in fishes. Am. Zool., 21, 345~357.
- Healey, M.C. 1971. Gonad development and fecundity of the sand goby, *Gobius minutus*. Trans. Amer. Fish. Soc., 3, 520~526.
- Kaneko, T., K. Aida and I. Hanyu. 1986. Ultrastructural changes in the pituitary gonadotropes during the annual reproductive cycle of the female chichibu-goby *Tridentiger obscurus*. Cell Tissue Res., 246, 1, 137~144.
- Kaneko, T. and I. Hanyu. 1985. Annual reproductive cycle of the chichibu-goby *Tridentiger obscurus*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 51, 1645~1650.
- 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., C.M. An and S.H. Huh. 1998. Reproductive cycle of the gold-eye rockfish, *Sebastes thompsoni* (Teleostei: Scorpaenidae). J. Korean Fish. Soc., 31, 8~16 (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, T.Y. and I. Hanyu. 1984. Reproductive cycle of small filefish, *Rudarius ercodes*. Bull. Korean Fish. Soc., 17, 423~435 (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.
- Miller, P.J. 1961. Age, growth, and reproduction of the rock goby, *Gobius paganellus* L., in the Isle of Man. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 41, 737~769.
- Mizue, K. 1958. Studies on a scorpaenous fish, *Sebastes 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.
- Rogers, S.I. 1988. Reproductive effort and efficiency in the female common goby, *Pomatoschistus microps* (Kroyer) (Teleostei: Gobiidae). J. Fish Biol., 33, 109~119.
- 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.
- Wallace, R.A. and K. Selmen., 1981. Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. Am. Zoo., 21, 325~343.
- Way, C.M., A.J. Burky, J.M. Harding, S. Hau and W.K.L.C. Puleloa. 1998. Reproductive biology of the endemic goby, *Lentipes concolor*, from Makamaka'ole Stream, Maui and Waikolu Stream, Moloka'i. Environ. Biol. Fish., 51, 53~65.
- Wiebe, J.P. 1968. The reproductive cycle of the viviparous seaperch, *Cymatogaster aggregata* Gibbon. Can. J. Zool., 46, 1221~1234.
- Yamamoto, K. 1956. Studies on the formations in fish eggs. I. Annual cycle in the developmental of ovarian eggs in the flounder, *Liosepssetta obscura*. J. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser., 6, 362~373.

2000년 2월 18일 접수

2000년 5월 9일 수리