

광양만에서 채집된 줄망둑 (*Acentrogobius pflaumi*)의 성숙과 산란

백근욱 · 김재원^{1*} · 허성희
부경대학교 해양학과, ¹부경대학교 자원생물학과

Maturation and Spawning of Striped Goby (*Acentrogobius pflaumi*) (Teleostei; Gobiidae) Collected in the Gwangyang Bay, Korea

Gun Wook BAECK, Jae Won KIM^{1*} and Sung-Hoi HUH
Department of Oceanography, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea
¹Marine Biology, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

Maturation and spawning of *Acentrogobius pflaumi* were studied using samples collected from the Gwangyang Bay, Korea, from January to December, 1999. The gonadosomatic index (GSI) of the female was the highest in May. The spawning season lasted from May to June. There was a significant difference in the 1 : 0.59 sex ratio between males and females ($p < 0.01$). The percentage of sexually mature females was over 50% for the size group between 4.5 cm and 4.9 cm, and 100% for the size group over 5.5 cm in body length. The size of eggs spawned was between 0.4 to 0.6 mm, and the spawning occurred once a year. Fecundity varied between 3,600 and 9,700 eggs. The relationship between the fecundity and body length of the fish was expressed in the fecundity equation as; $F = 0.294 \times 10^3 BL^{1.899}$. The first spawning length was 4 cm BL.

Key words: *Acentrogobius pflaumi*, Maturation, Spawning, Gonadosomatic index (GSI), Gwangyang Bay

서 론

줄망둑 (*Acentrogobius pflaumi*)은 우리나라를 비롯하여 일본, 필리핀 등지의 하구나 기수역의 조간대에 주로 정착해서 서식하는 저서성 소형 어류이다 (Chyung, 1977; Nakabo, 1993). 어류 가운데 가장 큰 분류군을 가지고 있는 망둑어과 어류는 전세계의 연안과 기수역에서 아주 흔하게 발견되며, 우리나라에는 33속 60종 및 아종이 출현한다 (Nelson, 1984; Lee, 1995). 망둑어과 어류는 피부호흡을 하며 염수와 반염수에 서식하는 등 생태가 매우 특이하여 전세계의 많은 학자들에게 흥미로운 연구대상이 되고 있는 어종이다. 해변가 바위사이나 갯벌에 30 cm 정도 깊이의 산란장소를 만들어 산란을 하는 등 산란생태 또한 매우 특이하여 산란생태에 관한 연구는 전세계적으로 많이 이루어져 있다 (Mittal and Munshi, 1971; Washio et al., 1993). 하지만 우리나라 남해 연안, 특히 광양만에서 많이 출현하는 것으로 알려진 (Yoo and Cha, 1988; Cha and Park, 1997; Huh and Kwak, 1997; Huh and Kwak, 1998) 줄망둑의 산란생태에 관한 연구는 거의 없다.

본 연구는 광양만에 서식하는 줄망둑의 성숙과 산란을 연구하기 위하여 체장분포, GSI, HSI 및 CF의 월변화, 성비 및 군성숙도, 난소발달과 난경분포 그리고 포란수를 조사하였다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 줄망둑의 시료는 1999년 1월부터 12월까

지 광양만 대도 주변해역의 4개 정점에서 매월 채집하였다 (Fig. 1). 어류 채집에 사용된 어구는 소형 기선저인망이었는데, 어구의 크기는 길이 15 m, 망폭 3 m, 높이 1.5 m였으며, 망목의 크기 (mesh size)는 1 cm였다. 각 정점별로 약 2 km/hr의 속도로 30분간 예인하였다. 따라서 1회 예인 면적은 3000 m² 정도였다. 채집된 시료는 10% 중성포르말린에 보관하여 실험실로 운반하였다. 실험실에서 각 개체의 암수를 구분하였고, 체장 (0.1 cm)과 체중 (0.1 g)을 측정하였으며, 생식소와 간을 추출하여 생식소중량과 간중량을 0.01 g 단위까지 측정하였다. 생식소중량지수 (gonadosomatic index, GSI), 간중량지수 (hepatosomatic index, HSI)와 비만도지수 (condition factor, CF)는 다음의 식을 이용하여 계산하였다.

$$\begin{aligned} \text{GSI}(\%) &= \text{GW}(\text{g}) \times 10^2 / \text{BW}(\text{g}) & \text{GW}(\text{g}) &= \text{생식소의 무게} \\ \text{HSI}(\%) &= \text{LW}(\text{g}) \times 10^2 / \text{BW}(\text{g}) & \text{LW}(\text{g}) &= \text{간의 무게} \\ \text{CF} &= ((\text{BW}(\text{g}) - \text{LW}(\text{g})) \times 10 / \text{BL}(\text{cm}))^3 & \text{BW}(\text{g}) &= \text{어류의 체중} \\ & & \text{BL}(\text{cm}) &= \text{어류의 체장} \end{aligned}$$

난의 직경은 10% 중성포르말린에 보관된 난을 물에 세척한 후 0.1 mm 단위까지 측정하였다. 포란수는 난의 무게를 이용한 중량법 (gravimetric method)을 사용하여 산정하였다. 조직표본 제작은 추출된 생식소를 Bouin's solution에 24시간 고정 한 후 수세를 하였다. 이후 파라핀으로 포매한 뒤 4-6 μm 두께로 연속절편을 만들었고 Mayer's Hematoxylin과 0.5% Eosin으로 비교염색하였으며, 조직표본의 관찰과 사진촬영은 Olympus BX-50 현미경 하에서 이루어졌다.

*Corresponding author: kjw01@hanmail.net

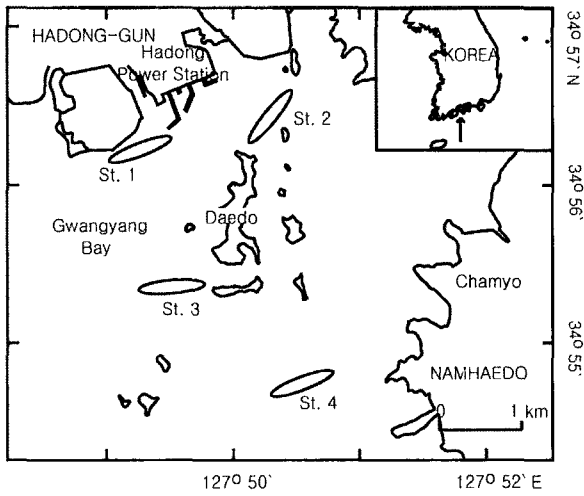


Fig. 1. Location of the sampling area.

결과 및 고찰

체장 분포

조사기간 동안 채집된 줄망둑의 총 개체수는 3,552개체였으며, 체장 분포는 2.0-7.2 cm 범위였다 (Fig. 2). 줄망둑은 연중 출현하였으나, 봄과 여름에 많은 개체가 채집되었으며, 가을과 겨울에는 비교적 적은 수의 개체가 채집되었다.

생식소중량지수 (GSI), 간중량지수 (HSI)와 비만도지수 (CF)의 월변화

Fig. 3은 1999년 1월에서 12월까지 1년 동안 매월 조사된 줄망둑 암컷의 월별 GSI 변화를 보여준다. 암컷의 GSI는 3월에 0.89였던 값이 그 이후 큰 폭으로 증가하여 4월에 4.73의 값을 보였으며, 5월에는 가장 높은 13.79의 값을 보였다. 그러나 6월 이후부터 감소하기 시작하였으며, 9월에 1년 중 가장 낮은 0.49의 값을 보였다. 이와같은 GSI의 월변동 양상으로 보아 줄망둑의 주산란기는 5-6월경으로 판단된다.

줄망둑의 암컷의 월별 간중량지수 (HSI)와 비만도지수 (CF)를 조사해 본 결과 (Fig. 4) 모두 4월에 가장 높은 값을 보이다가 주 산란시기인 5월부터 급격히 감소하는 경향을 나타내었다. 이러한 현상은 산란을 위하여 높은 영양상태를 유지하다가 산란이 시작되면서 정상시의 영양상태로 돌아가는 것으로 생각된다.

무늬망둑 (*Bathygobius fuscus*), 밀어 (*Rhinogobius Brunneus*), 날개망둑 (*Favonigobius gymnauchen*) 등 우리나라에 서식하는 망둑어속에 속하는 어류 대부분이 줄망둑과 동일하게 봄과 여름에 산란을 한다고 보고된 바 있다 (Chyung, 1977). 그리고 다른 온대해역에 서식하는 *Aphia minuta* (Caputo et al., 2000), *Gobius roulei* (Kovacic, 2001) 그리고 *Pomatoschistus microps* (Pampoulie et al., 2000) 역시 봄과 여름에 산란을 한다고 알려져 있어, 온대해역에 서식하는 망둑어과 어류 중 많은 종이 봄과 여름에 산란을 하고 있음을 알 수 있다.

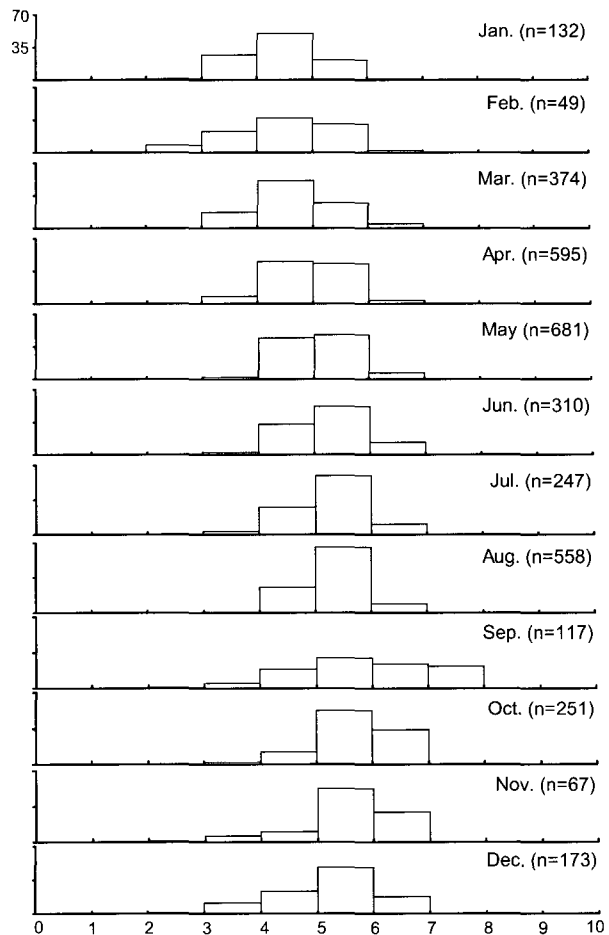


Fig. 2. Monthly variation in body length-frequency distribution of *Acentrogobius pflaumi* collected by an otter trawl in Gwangyang Bay in 1999.

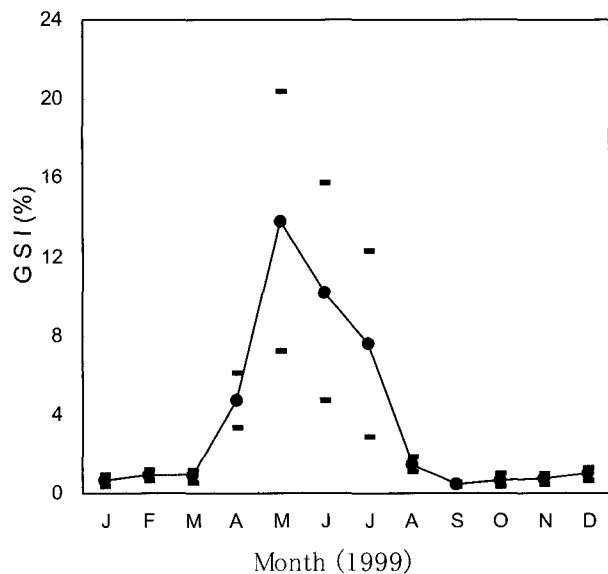


Fig. 3. Monthly change of gonadosomatic index of female *Acentrogobius pflaumi*.

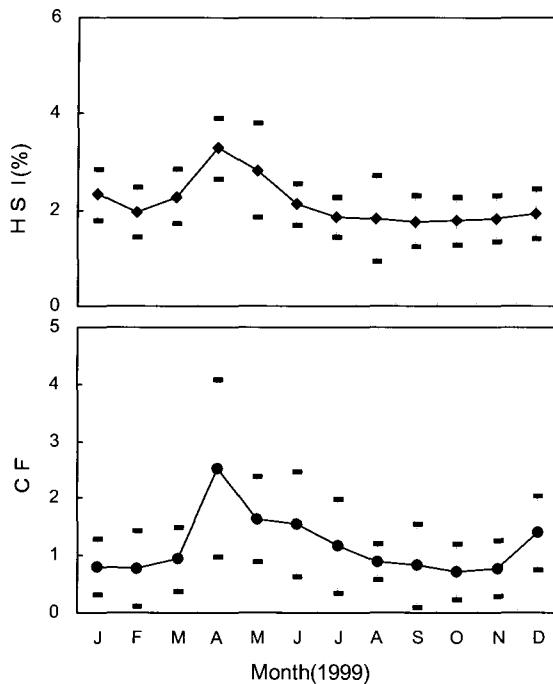


Fig. 4. Monthly changes in mean values of hepatosomatic index (HSI) and condition factor (CF) of *Acentrogobius pflaumi* female.

성비 및 군성숙도

Table 1은 산란기간 동안의 성비와 체장별 성숙된 암컷의 비율을 보여준다. 4.0 cm 이하의 소형 개체는 생식소가 발달하지 않아 성을 구분하지 못하였다. 그러나 명확히 성이 구분된 체장 4.0 cm 이상에서의 군성숙율이 50% 이상을 보이는 크기군은 4.5-4.9 cm였으며, 암컷과 수컷의 성비는 1:0.59로 유의한 차를 보였다 ($p < 0.01$) (Table 2). 다른 망둑어과 어종인 *Silhouettea aegyptia*, *Pomatoschistus marmoratus* (Fouada et al., 1993) 그리고 *Gobius roulei* (Kovacic, 2001)를 포함한 많은 망둑어과 어종에서 암컷의 비율이 수컷보다 높게 나타난 점으로 보아 이같은 현상은 망둑어과 어류의 일반적인 특성으

Table 1. Maturity with size classes of *Acentrogobius pflaumi* female

Size classes SL (cm)	Females		
	n	Immature (%)	Mature (%)
2.5-2.9	2	100	-
3.0-3.4	11	100	-
3.5-3.9	31	100	-
4.0-4.4	15	60	40
4.5-4.9	48	39.6	60.4
5.0-5.4	55	5.4	94.6
5.5-5.9	58	-	100
6.0-6.4	28	-	100
6.5-6.9	7	-	100
7.0-7.2	3	-	100
Total	258		

Table 2. Sex ratios of *Acentrogobius pflaumi* (>4.5 cm body length)

Month (1999)	Female n	Male n	Total n	Sex ratio (F/(F+M))
Jan.	20	13	33	0.61
Feb.	13	7	20	0.65
Mar.	15	9	24	0.63
Apr.	28	17	45	0.62
May	26	19	45	0.58
Jun.	23	16	39	0.59
Jul.	27	20	47	0.57
Aug.	30	25	55	0.55
Sep.	7	4	11	0.64
Oct.	4	2	6	0.67
Nov.	6	4	10	0.60
Dec.	17	11	28	0.61
Total	199	138	337	0.59

로 보여진다.

이상의 결과로 보아 줄망둑은 체장 4.0 cm부터 산란에 참가하며, 군성숙도는 4.5 cm 이상부터 이루어짐을 알 수 있다. 망둑어과 어류 내에서 줄망둑과 비슷한 체장 분포를 가지는 *F. gymnauchen* (Lee et al., 2000)과 *Gobius roulei* (Kovacic, 2001)은 줄망둑과 동일한 4.5 cm 체장에서 군성숙을 보였다.

난소발달과 난경분포

11월과 12월의 휴지기의 난소 내에 10-25 μm 내외의 초기 난모세포들을 포함하고, 이들 세포의 핵은 세포의 대부분을 이루고 있으며 적은 섬유상의 염색질이 핵 내 고르게 나타나며 haematoxylin에 농염되는 다수의 인들이 관찰되었다 (Fig. 5,A). 1-2월의 초기 성장기 난소에는 난소소낭 내의 결체성 조직 사이에 관찰되는 40-80 μm 주변인기 난모세포들이 대부분을 차지하며 여포세포층이 미약하게 발달하고 있다 (Fig. 5,B). 3월의 후기 성장기는 난모세포가 더욱 성장하여 난세포질의 주변으로부터 난황포 사이에 난황구가 형성되기 시작하고 난경이 200-250 μm 전후가 된다. 핵은 불규칙한 형상으로 되고, 세포질에는 난황이 축적되기 시작하며, 여포세포층은 차츰 발달하게 된다 (Fig. 5,C). 4월 이후 성숙기에 접어들면서 핵막은 불규칙하게 되고 세포질은 수질부 일부를 제외하고 대부분 호산성의 난황구로 채워지며, 조직 표본상에서 난경이 350-450 μm 내외의 범위로 균일하게 증대되어 있다 (Fig. 5,D). 5-7월의 완숙기 난소의 대부분은 난경 500-600 μm 의 완숙 난모세포들이 차지한다. 핵은 세포질의 한쪽에 치우쳐 있으며, 세포질의 대부분은 호산성의 난황으로 채워진다 (Fig. 5,E). 8월 이후 퇴화흡수기의 난소는 완숙기의 완숙란이 산란을 마치면 완숙란을 싸고 있던 여포대가 남아서 산란 흔적을 남기고, 방란을 마친 난소의 난소소낭 내에 잔존하는 미방출 난은 세포질의 붕괴가 일어나면서 퇴화 흡수되기 시작한다 (Fig. 5,F).

산란기간 동안 체장이 유사한 개체를 대상으로 GSI 값에 따른 난의 크기 변화를 조사해 본 결과 높은 GSI 값을 지닌

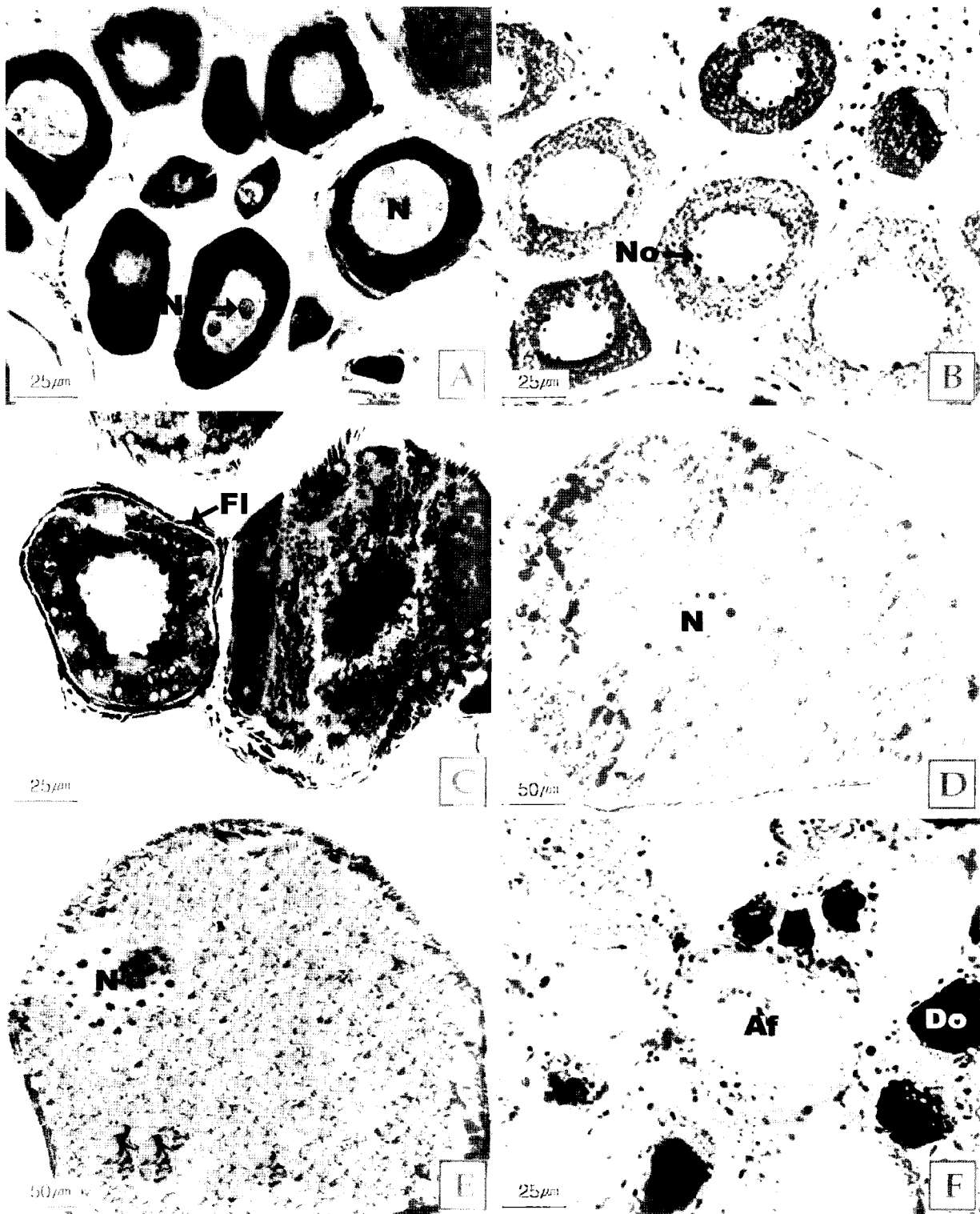


Fig. 5. Photomicrographs of ovary development in the striped goby (*Acentrogobius pflaumi*). A Resting stage, Note oocytes with chromatin nucleolus; B, Early growing stage. Note many nucleoli distributed along the periphery of the nuclear membrane; C, Late growing stage. Note follicle layer and full of yolk granules in the cytoplasm of oocyte; D, Maturing stage. Note numerous yolk materials in the cytoplasm; E, Ripe stage. Note the nucleus migrates toward the cell membrane; F, Degenerating stage. Note empty follicle after spawning and degenerating oocytes. Abbreviations: Af, atretic follicle; Do, degenerating oocytes; Fl, follicle layer; N, nucleus; No, nucleolus; Yg, yolk granule.

개체일수록 난의 직경이 크게 관찰되었다. 그리고 암컷들이 매우 높은 GSI 값을 보인 5, 6월에 난의 직경이 가장 큰 것으로 나타났다. 줄망둑의 난 크기는 산란 직전에 0.4-0.6 mm의 범위를 보였다. 망둑어과 어류 중에서 온대성 어종이 열대성 어종보다 큰 체장과 큰 난을 가진다고 보고된 바 있으며 (Privitera, 2001), 온대해역에 서식하는 망둑어과 어류의 산란직전 난 크기는 0.2-0.6 mm의 범위로 줄망둑과 유사한 크기를 보였다 (Miller, 1961; Ebert and Turner, 1962; Dotu and Tsukahara, 1964; Gibson, 1970; Mashiko, 1976; Marconato et al., 1989; Economou et al., 1994; Swenson, 1997).

Cole (1954)은 망둑어과 어류의 산란방식은 일생 동안 여러 번 산란을 하는 종과 단 한번만 산란하는 종으로 구분된다고 하였다. 그리고 Miller (1989)는 일생 동안 여러 번 산란하는 종은 일년에 한번씩 산란하며 여러 해를 사는 종과 일년 동안 여러 번 산란하는 종으로 구분된다고 하였다. 산란기간 동안에 난 크기를 조사해 보면 여러 번 산란하는 어종의 경우에는 난소에 들어있는 난의 크기가 다양하지만 일년에 한번 산란하는 종은 난소에 들어있는 난의 크기가 거의 유사하다. 그런데 산란기간 중 줄망둑의 난 크기는 모든 난이 유사한 크기를 보인 점으로 보아 줄망둑은 일년에 단 한번만 산란을 하는 종으로 판단된다.

포란수

Fig. 6과 7은 산란기인 5월과 6월에 채집된 줄망둑 암컷의 크기와 체중에 따른 포란수의 관계를 보여준다. 줄망둑의 개체당 포란수는 3,618-9,733개의 범위를 보였으며, 평균 포란수는 6,746개 였다.

체장별 포란수를 보면, 체장 4 cm에서는 평균 5,356개의 난을 포란하였으며, 체장 5 cm에서는 7,463개, 6 cm에서는 9,069개의 난을 포란하여 체장이 증가함에 따라 포란수가 증가하는 경향을 보였다. 산란기간 동안 줄망둑의 체장과 포란수와의 관계식은 $F = 0.294 \times 10^3 BL^{1.899}$ 로 나타났다.

체중별 포란수를 보면, 체중 1.0-1.9 g에서는 평균 4,916개의 난을 포란하였으며, 2.0-2.9 g에서는 6,571개, 3.0-3.9 g에서는

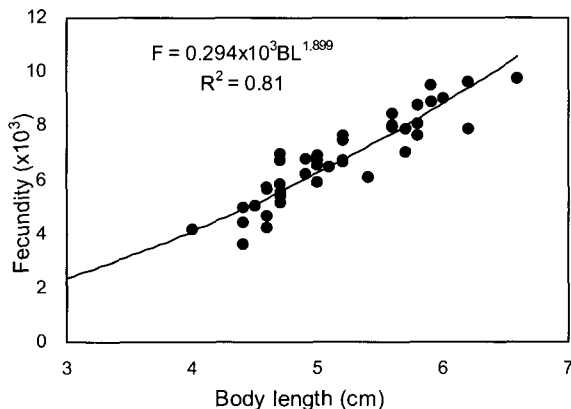


Fig. 6. Relationship between the body length and fecundity of *Acentrogobius pflumi*.

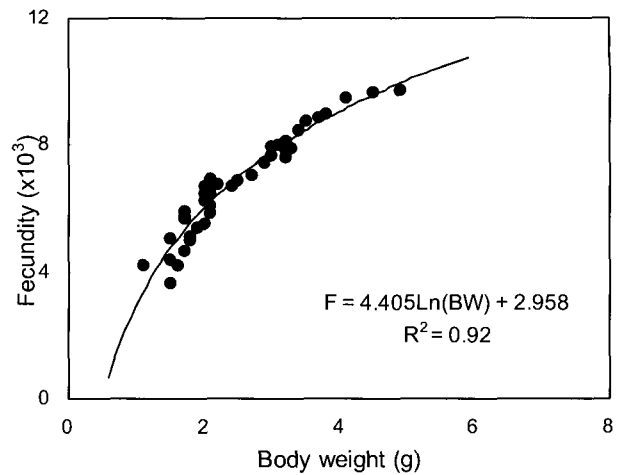


Fig. 7. Relationship between the body weight and fecundity of *Acentrogobius pflumi*.

8,209개 그리고 4.0-4.9 g에서는 9,624개의 난을 포란하여 체중이 증가함에 따라 포란수가 증가하는 경향을 보였다. 산란기간 동안 줄망둑의 체중과 포란수와의 관계식은 $F = 4.405 \text{Ln}(BW) + 2.958$ 로 나타났다.

Sakai (1996)는 암컷의 체장과 포란수와의 밀접한 관련이 없다고 하였지만, Wootton (1990)은 암컷의 크기가 증가함에 따라 포란수가 증가한다고 보고한 바 있다. 본 연구 결과에 의하면 줄망둑은 Wootton (1990)이 주장하였던 것과 같이 암컷의 체장과 포란수가 밀접한 관계가 있는 것으로 밝혀졌다.

망둑어과 어류의 포란수는 종에 따라 100개 이하부터 500,000개 이상까지 매우 큰 차이를 보인다고 보고된 바 있다 (Privitera, 2001). *Silhouettea aegyptia*와 *Pomatoschistus marmoratus* (Fouda et al., 1993)는 각각 152-782개와 293-1,300개, *Synechogobius hasta* (Choi et al., 1996)는 8,600-49,000개를 포란하였으며, *Gobius roulei* (Kovacic, 2001)는 1,200-8,000개를 포란하였다. 따라서 줄망둑의 포란수는 *Gobius roulei*와 유사한 것으로 나타났다.

참고 문헌

- Caputo, V., G. Candi, M. La Mesa and E. Arneri. 2000. Pattern of gonad maturation and the question of semelparity in the paedomorphic goby *Aphia minuta*. J. Fish. Biol., 58, 656-669.
- Cha, S.S. and K.J. Park. 1997. Seasonal changes in species composition of fishes collected with a bottom trawl in Kwangyang Bay, Korea. Kor. J. Ichthyol., 9(2), 235-243. (in Korean)
- Choi, Y., I.S. Kim, B.S. Ryu and J.Y. Park. 1996. Ecology of *Synechogobius hasta* (Pisces: Gobiidae) in the Kum River Estuary, Korea. J. Kor. Fish. Soc., 29(1), 115-123.

- Chyung, M.K. 1977. The Fishes of Korea. Ilji-sa, Seoul, pp. 727.
- Cole, L.C. 1954. The population consequences of life history phenomena. *Quar. Rev. Biol.*, 29, 103-137.
- Dotu, Y. and H. Tsukahara. 1964. The life history of the eleotrid fish, *Mogurnda obscura* Temminck & Schlegel. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 30, 335-342. (in Japanese)
- Ebert, E.E. and C.H. Turner. 1962. The nesting behavior, eggs and larvae of the bluespot goby. *Calif. Fish Game.*, 48, 249-252.
- Economou, A.N., C. Daoulas, Psarras and R. Barbieri-Tseliki. 1994. Further data on the reproduction and development of *Knipowitschia caucasica* (Gobiidae). *J. Fish Biol.*, 45, 360-362.
- 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.
- Gibson, R.N. 1970. Observations on the biology of the giant goby *Gobius cobitis* (Pallas). *J. Fish Biol.*, 2, 281-288.
- Huh, S.H. and S.N. Kwak. 1997. Species composition and seasonal variations of fishes in eelgrass (*Zostera marina*) bed in Kwangyang Bay. *Kor. J. Ichthyol.*, 9(2), 202-220. (in Korean)
- Huh, S.H. and S.N. Kwak. 1998. Seasonal variations in species composition of fishes collected by an otter trawl in the coastal water off Namhae Island. *Kor. J. Ichthyol.*, 10(1), 11-23. (in Korean)
- Kovacic, M. 2001. The biology of Roule's goby in the Kvarner area, northern Adriatic Sea. *J. Fish Biol.*, 59, 795-809.
- Lee, J.S., J.W. Kim, J.C. Kang, Y.K. Shin and P. Chin. 2000. Reproductive cycle and gonadal development of the naked-headed Goby, *Favonigobius gymnauchen* (Teleostei: Gobiidae). *J. Kor. Fish. Soc.*, 33(3), 219-224. (in Korean)
- Lee, Y.J. 1995. On the gobiid fishes from Cheju Island, Korea. *J. Res. Sci. Educ.*, 17, 31-45. (in Korean)
- Marconato, A., A. Bisazza and G. Marin. 1989. Correlates of male reproductive success in *Padogobius martensi* (Gobiidae). *J. Fish Biol.*, 34, 889-899.
- Mashiko, K. 1976. Ecological study on breeding of an eleotrid goby, *Odontobutis obscurus* (Temminck et Schlegel), under rearing conditions. *Jap. J. Ichthyol.*, 26, 91-100.
- Miller, P.J. 1961. Age, growth and reproduction of the goby *Gobius paganellus* L. in the Isle of Man. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, 41, 737-767.
- Miller, P.J. 1989. The ecology of gobioid fishes. Academic Press. New York, pp. 482.
- Mittal, A.K. and J.S. Munshi. 1971. A comparative study of the skin of certain air-breathing fresh-water teleosts. *J. Zool.*, 63, 515-532.
- Nakabo, T. 1993. Fishes of Japan with pictorial keys to the species. Tokai Univ. Press. Tokyo, pp. 1474.
- Nelson, J.S. 1984. Fishes of the World. 2nd ed. John Wiley & Sons. New York, pp. 523.
- Pampoulie, C., J.L. Bouchereau, E. Rosecchi, G. Poizat and A.J. Crivelli. 2000. Annual variations in the reproductive traits of *Pomatoschistus microps* in a Mediterranean lagoon undergoing environmental changes: evidence of phenotypic plasticity. *J. Fish Biol.*, 57, 1441-1452.
- Privitera, L.A. 2001. Characteristics of egg and larval production in captive bluespotted gobies. *J. Fish Biol.*, 58, 1211-1220.
- Sakai, Y. 1996. Fecundity of female angelfish, *Centropyge ferrugatus*, independent of body size: field collection of spawned eggs. *Ichthyol. Res.*, 43, 186-189.
- Swenson, R.O. 1997. Sex-role reversal in the tide-water goby, *Eucyclogobius newberryi*. *Envi. Biol. Fish.*, 50, 27-40.
- Washio, M., S. Komiya and T. Takita. 1993. Maturation of the mudskipper *Boleophthalmus pectinirostris* distributed in the mud flats of the Midori River, Kumamoto Prefecture. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59(4), 575-580.
- Wootton, R.J. 1990. Ecology of Teleost Fishes. Chapman and Hall. London, pp. 404.
- Yoo, J.M. and S.S. Cha. 1988. Variation of abundances of ichthyoplankton in Kwangyang Bay. *Ocean Res.*, 10(1), 79-84. (in Korean)

2004년 4월 29일 접수

2004년 6월 28일 수리