

제주 연안에 서식하는 검정망둑 *Tridentiger obscurus*의 생식주기

진영석 · 박창범 · 김한준 · 이치훈 · 송영보 · 김병호¹ · 이영돈*

제주대학교 해양과환경연구소, ¹(재)제주하이테크산업진흥원

Reproductive Cycle of Dusky Tripletooth Goby *Tridentiger obscurus* in Jeju Island, Korea

Young Seok Jin, Chang Beom Park, Han Jun Kim, Chi Hoon Lee,
Young Bo Song, Byung Ho Kim¹ and Young Don Lee*

Marine and Environmental Research Institute, Cheju National University, Jeju 690-968, Korea

¹Jeju Hi-Tech Industry Development Institute, Jeju 690-121, Korea

To investigate reproductive cycle of *Tridentiger obscurus* in Jeju, total 408 fish were collected in brackish area (May 2004 to August 2005) and total 271 fish were collected in tidal pool (July 2004 to August 2005), respectively. Water temperature ranged 11.0~21.6°C in brackish area. Water temperature of tidal pool (11.1~24.5°C) in 2005 was similar to that of brackish area although it were highest 30.1~29.2°C from July to August in 2004. In brackish area, female gonadosomatic index (GSI) increased in April and maintained high values from May to August. The reproductive cycle can be grouped into the following successive stages in the ovary: immature (November to May), maturing (March to September), ripe and spawning (May to September), and degenerating (July to December). In the tidal pool, female GSI rapidly increased in April and maintained high values until July in 2005. However, it has been low in July 2004 when water temperature was highest. The reproductive cycle can be grouped into the following successive stages in the ovary: immature (August to April), maturing (March to August), ripe and spawning (March to July), and degenerating (July to August 2004 and August 2005). Fecundity of mature female ranged from 1,214 to 12,109 in brackish and ranged from 2,427 to 13,892 in tidal pool area. The fecundity of fish in the tidal pool was significantly higher than that of fish in brackish area. Fecundity was correlated positively with total length and body weigh. Although the large group (> 111 mm total length) in brackish area observed only in spawning season, one in the tidal pool observed from October 2004 until next spawning season. Frequency of the large group was 0 to 12% and 11.4 to 57.9% in brackish area and tidal pool, respectively. These results were indicated that gonadal development of *T. obscurus* was affected to water temperature and day length.

Key words : *Tridentiger obscurus*, reproductive cycle, gonadosomatic index (GSI), fecundity, brackish area, tidal pool

*Corresponding author: leemri@cheju.ac.kr

서론

망둑어류는 소형어로 전세계 담수와 기수역 그리고 연안역 등 광범위한 지역에 분포하고 있으며, 환경에 대한 적응력이 우수한 종으로, 분류상 경골어류 전체의 약 10%를 차지하고 있다(Nelson, 1984). 망둑어류의 산란 특성은 종에 따라 다양하지만 일생동안 산란시기의 산란횟수에 따라 세 가지 형태로 구분하고 있다; 일생에 한번만 산란하는 *semelparous type* (Miller, 1979), 일생 동안 산란시기 내 다회 산란하는 *abbreviate iteroparous type*과 일생동안 년주기에 따라 산란시기 내 1~2회 산란하는 *prolonged iteroparous type* (Cole, 1954; Miller, 1984). 이러한 망둑어류의 산란시기는 일장과 수온, 염분, 영양, 서식환경 등과 같은 외부 환경요인의 변화와 밀접하게 관련된다(Breitburg, 1987; Caputo *et al.*, 2000). 검정망둑, *Tridentiger obscurus* (Temminck et Schlegel)은 망둑어과에 속하며, 우리나라 동·남해안과 일본연안에 분포하고 있으며, 특히 제주 기수역의 우점종으로 분포하고 있다(Lee, 1995; Kim *et al.*, 2005). 검정망둑은 산란시기 내 다회산란을 하고 산란 후 대부분 사망하며 수컷이 산란한 알을 보호하는 습성을 가지고 있다(Kaneko and Hanyu, 1985; Kaneko *et al.*, 1986).

최근 제주도는 하천정비 및 연안 개발 그리고 관광산업을 목적으로 각종 시설물들이 하천과 연안지역을 중심으로 설치되고 있어 그에 따른 생태계 교란 현상이 우려되고 있으나, 기수역 및 연안에 서식하는 어류에 대한 생식생태 연구가 부족한 실정이다. 따라서 이 연구는 서식 환경에 따른 검정망둑의 생식주기 및 산란특성을 조사하기 위해, 관광산업의 활성화를 위한 조명시설이 설치 되어있고 제주도 하천의 지질학적 특성상 용천수의 영향을 받는 서귀포 연외천 하구의 기수지역과 전형적인 조간대 지역인 표선의 조수웅덩이에 서식하는 검정망둑의 서식환경, 생식소중량지수의 월별 변화, 배우자 형성 과정, 생식주기, 포란수 그리고 월별 전장 출현빈도를 비교하였다.

재료 및 방법

1. 서식환경 및 실험어

제주연안에 서식하는 검정망둑의 생식특성 및 생식주기를 조사하기 위해, 실험어는 서귀포의 기수지역과 표선 연안의 조수웅덩이에서 투망(망목, 7×7 mm)과 반두(4×4 mm)를 이용하여 기수지역에서는 2004년 5월부터

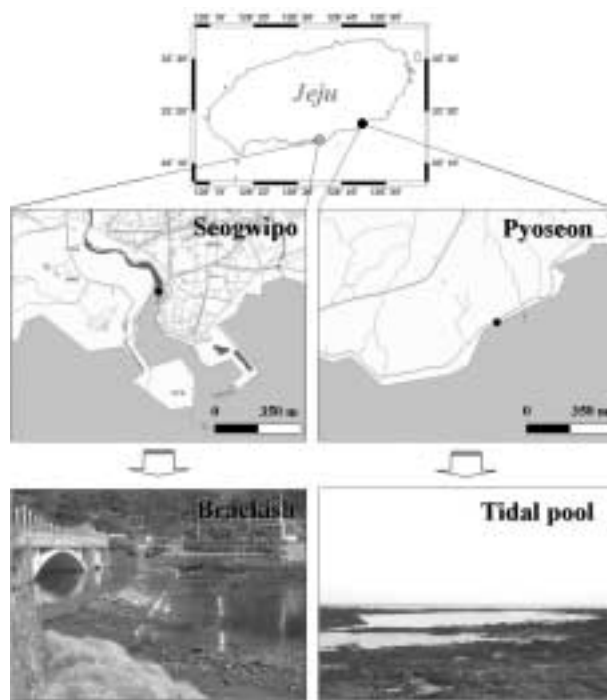


Fig. 1. Maps showing the collecting areas.

2005년 8월까지 매월 15~30마리씩 총 408마리, 조수웅덩이에서는 2004년 7월부터 2005년 8월까지 매월 10~30마리씩 총 271마리를 채집하였다(Fig. 1). 채집된 실험어는 제주대학교 해양과환경연구소로 옮겨 2-phenoxyethanol (Sigma-Aldrich, German) 100 ppm으로 마취 한 후, 버니어캘리퍼스와 전자저울을 이용하여 전장(TL, Total length; 1 mm)과 체중(BW, Body weight; 0.01 g)을 측정하였고, 복부를 절개하여 생식소 외부 특징을 관찰하였다. 또한, 생식소 성숙상태의 월별 변화를 조사하기 위해 생식소를 절취하여 0.01 g까지 측정 후 생식소중량지수(Gonadosomatic index, GSI)는 각각 체중에 대한 중량비를 이용한 다음의 식으로 계산하였다.

$$\text{생식소중량지수} = (\text{생식소중량} / \text{체중}) \times 100$$

조직학적 관찰을 통한 생식소의 내부구조와 발달과정을 관찰하기 위해 적출된 생식소를 Bouin's solution에 고정하였다.

서로 다른 두 지역의 서식환경을 조사하기 위해, 수온은 채집 시마다 야외용 측정 장비(YSI Model 85, USA)로 측정하였고, 일장은 한국천문연구원 자료를 이용하였다.

2. 조직학적 관찰

생식소의 내부구조와 생식소 발달과정을 조직학적으로

로 관찰하기 위해 고정된 생식소를 파라핀절편법에 의해 4~5 μm 두께로 절편을 제작하여, Hansen's hematoxylin과 0.5% eosin으로 비교 염색한 후 광학현미경하에서 관찰하였다. 난소발달과정은 난소 내 난모세포 발달 단계와 크기, 분포도에 따라 미성숙기 (immature stage), 성숙기 (maturing stage), 완숙 및 산란기 (ripe & spawning stage), 퇴행기 (degenerating stage)의 4단계로 구분하였다 (Kaneko and Hanyu, 1985).

3. 포란수와 월별 전장 출현빈도

포란수는 조직학적 관찰을 통해 산란기간 동안 산란에 참가하지 않은 개체 (기수지역: 5월, 조수웅덩이: 4월)만을 선택하여 다음 식으로 산출하였다.

$$\text{포란수} = \frac{\text{난소중량} \times \text{생식소 일부의 포란수}}{\text{생식소의 일부중량}}$$

어체 크기 (전장과 체중)와 포란수 사이의 관계식은 $F = a(X)^b$ (F는 포란수, X는 어체크기)으로 나타내었다 (Elliott, 1995). 월별 전장 분포는 전장 계급을 10mm 단위로 구분하여 각 계급에 따른 암·수 출현빈도를 조사하였다.

4. 통계처리

모든 데이터는 평균과 표준오차를 구하였고, Statistical Analysis (SAS Institute North Caroline, USA)를 이용한 Duncan's multiple range test로 월별 성숙도 평균간의 유의성을 검정하였으며, 포란수는 t-test를 실시하였다 ($P < 0.05$).

결 과

1. 서식 환경

기수지역의 수온은 2004년 5월 (17.2°C)부터 서서히 상승하기 시작하여 8월에 20.9°C였고, 이후 하강하기 시작하여 이듬해 2월에 11.8°C로 최저수온을 보였다. 그 후 4월 (16.7°C)부터 다시 증가하여 2005년 7월에 21.6°C로 연중 최고수온을 보였다. 조수웅덩이의 수온 변화는 2004년 7월에 30.1°C로 조사기간 동안 최고수온을 보였고 9월 (24.2°C)부터 서서히 하강하기 시작하여 이듬해 2월에 11.1°C로 최저수온을 나타냈다. 이 후, 3월 (15.6°C)부터 상승하기 시작하여 2005년 6월에 24.5°C까지 상승하였다가 8월에 21.3°C로 하강하였다. 기수지

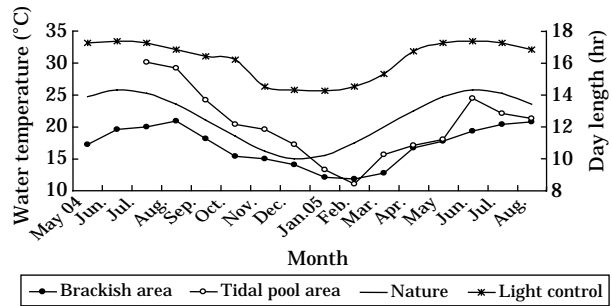


Fig. 2. Monthly changes of water temperature and day length in brackish and tidal pool. Day length data cited from Korea Astronomy & Space Science Institute. Nature, natural day length; Light control, controlled day length by operation of the night illumination.

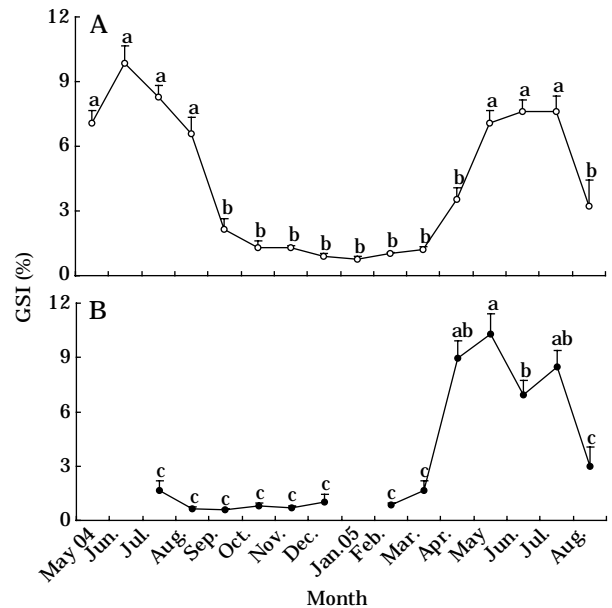


Fig. 3. Monthly changes of gonadosomatic index (GSI) in female *T. obscurus*. A, brackish area; B, tidal pool. Different letters on the bars indicate significant differences among the values ($P < 0.05$). Bar=standard error.

역과 조수웅덩이의 수온변화는 모두 계절적인 변화 양상을 보였으나, 고수온기인 2004년 7월에 두 지역 간의 수온차이는 약 10°C 정도 차이가 있었다 (Fig. 2).

자연조건 하에서 두 지역 간의 일장 변화는 동일하였으나, 기수지역은 관광산업의 활성화를 위한 조명시설이 설치·운영되고 있어서 하절기 (4~10월)에는 일몰~23시까지, 동절기 (11~3월) 일몰~22시까지 점등하고 있었다 (Fig. 2).

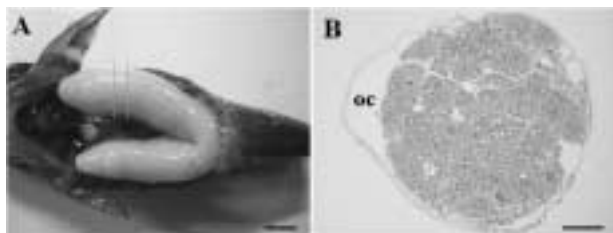


Fig. 4. External shape and structure of ovary in *T. obscurus*; A, Ovary (scale bar=1.2 cm); B, Ectovarian sac type in ovary (scale bar=400 μm); oc, ovarian cavity.

2. GSI의 월 변화

기수지역의 GSI는 수온과 일장이 상승하는 2004년 5월에 7.08 ± 0.60 에서 증가하여 6월에 9.83 ± 0.81 으로 조사기간 동안 최대값을 보였고 수온이 낮아지고 일장이 짧아지는 9월부터 급격히 감소하기 시작하여 이듬해 1월에 0.76 ± 0.13 으로 최소값을 가졌다 (Fig. 3A).

조수용덩이지역의 GSI는 장일과 고수온 시기인 2004년 7월부터 이듬해 3월까지 $0.57 \pm 0.05 \sim 1.67 \pm 0.53$ 으로 낮은 값을 유지하다가 수온이 높아지고 일장이 길어지는 2005년 4월에 8.96 ± 0.97 로 급격히 상승한 후 5월에 10.27 ± 1.12 로 조사기간 동안 최대값을 가졌다. 이후, GSI는 8월까지 서서히 감소하는 경향을 보였다 (Fig. 3B).

3. 생식소의 형태와 구조

검정망둑 암컷의 생식소는 복강 등쪽의 척추골을 따라 부레를 사이에 두고 길이와 폭이 유사한 1쌍의 좌우 대칭형이었고, 성숙시기에는 담홍색을 띠고 있었다 (Fig. 4A). 조직학적 관찰을 통한 난소의 내부구조는 가장자리 부분에 난소강 (ovarian cavity)이 형성되어 있는 낭상형 구조의 ectovarian sac type 이었다 (Fig. 4B).

4. 난 형성 과정

초기 성장기 난소에는 난경 약 12 μm의 난원세포들이 분열증식하고 있었고 (Fig. 5A), 세포의 대부분을 핵이 차지하고 있는 염색인기 난모세포 (15~20 μm)와 세포질과 인이 hematoxylin에 강한 양성 반응을 보이는 주변인기 난모세포들이 (20~80 μm) 분포하였다 (Fig. 5B, C). 이 후, 성장한 난모세포들은 난경 80~130 μm로 증가하면서 난막을 형성하였고 (Fig. 5D), 핵 주변부에 공포상의 유구들이 형성되는 유구기의 난모세포들로 발달하였

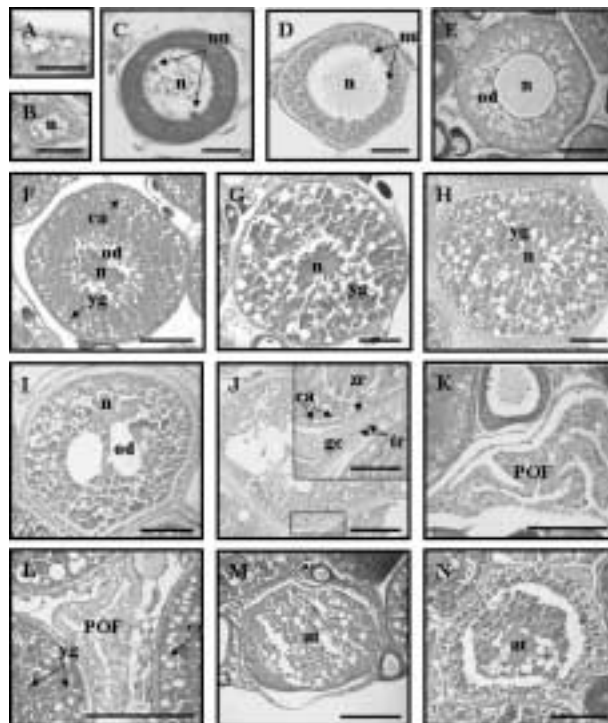


Fig. 5. Oogenesis in *T. obscurus*. A, Oogonia; B, Chromatin-nucleolus stage; C, Early peri-nucleolus stage; D, Late peri-nucleolus stage; E, Oil droplet stage; F, Primary yolk stage; G, Secondary yolk stage; H, Tertiary yolk stage; I and J, Migrated nucleus stage. Insert of J showing theca cell and granulosa cell (scale bar=40 μm); K and L, Post-ovulatory follicle; M, Atresia in spawning season; N, Atresia in degenerating stage. at, atresia; ca, cortical alveolus; gc, granulosa cell; n, nucleus; nu, nucleolus; od, oil drop; tc, theca cell; yg, yolk globule; zr, zona radiata. A-C scale bar=20 μm; D scale bar=30 μm; E-H and K-N scale bar=100 μm; I and J scale bar=200 μm.

다 (Fig. 5E). 난황형성기에 접어든 난모세포들은 세포질 가장자리에 난황구의 수와 크기, 난경 크기에 따라 1차, 2차, 3차 난황구기 난모세포로 구분되었다. 1차 난황구기 난모세포들은 세포질 가장자리에 난황구들이 축적되기 시작하였고, 난막 하부에는 표층포들이 분포하였다 (Fig. 5F). 난황구의 수와 크기가 증가하면서 난경 200~400 μm인 2차 난황구기 난모세포들로 성숙하였고 (Fig. 5G), 3차 난황구기 난모세포들은 난황구들이 세포질의 대부분을 차지하였으며 난경이 400~600 μm까지 증가하였다 (Fig. 5H). 이들 성숙난들의 세포질 내 난황구들은 균질화 되었고 핵은 동물극으로 이동하였으며, 난막 내 협막세포 (theca cell)와 과립막세포 (granulosa cell)들이 발달하였다 (Fig. 5I, J). 산란시기의 난소에는 산란혼

적을 나타내는 잔존 여포세포층들이 성숙한 난모세포들 사이에서 관찰되었고 (Fig. 5K, L), 배란을 하지 못한 성숙한 난모세포들은 퇴행되었다 (Fig. 5M, N). 또한, 산란시기 이후의 난소에는 많은 수의 체세포들이 출현하였다.

5. 생식주기

서로 다른 두 지역에 서식하는 검정망둑 암컷의 생식 주기는 GSI 월 변화와 난 형성 과정을 토대로, 미성숙기 (immature stage), 성숙기 (maturing stage), 완숙 및 산란기 (ripe & spawning stage) 그리고 퇴행기 (degenerating stage)의 4단계로 구분하였다 (Fig. 6).

기수지역인 경우, 미성숙기 (immature stage) 개체들은 2004년 11월~2005년 5월까지, 성숙기 (maturing stage)는 2005년 3~9월, 완숙 및 산란기 (ripe and spawning stage)는 2005년 5~9월, 퇴행기 (degenerating stage) 단계의 개체들은 2005년 7~12월까지 관찰되었다 (Fig. 6A).

조수웅덩이인 경우, 미성숙기 (immature stage)는 2004년 8월~2005년 4월, 성숙기 (maturing stage)는 2005년 3~8월, 완숙 및 산란기 (ripe and spawning stage)는

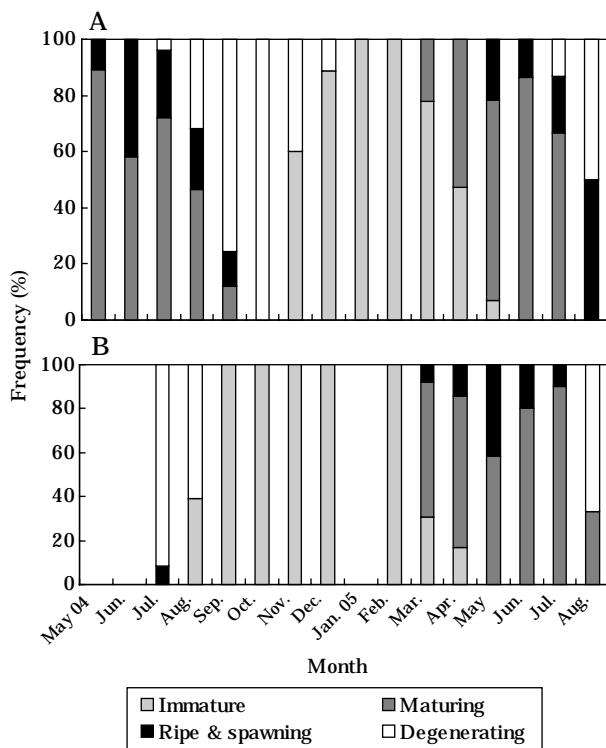


Fig. 6. Changes of relative frequencies of gonadal development in female *T. obscurus*. (A), brackish area; (B), tidal pool.

2005년 3~7월, 퇴행기 (degenerating stage) 단계의 개체들은 2004년 7~8월과 2005년 8월에 관찰되었다 (Fig. 6B).

6. 포란수

검정망둑의 포란수는 산란시기 동안에 산란한 흔적이 없는 성숙한 개체만을 선택하여 (기수지역: 2005년 5월, 조수웅덩이: 2005년 4월) 난경 500 μm 이상의 난모세포수를 계수하였다. 총 38마리 (기수지역: 21마리, 조수웅덩이 지역: 17마리)를 선택하여 조사한 결과, 기수지역과 조수웅덩이의 평균 포란수는 각각 5,393개와 8,292개로 두 지역간의 유의한 차이가 있었다 ($P < 0.05$).

전장에 따른 포란수는 두 지역에서 모두 전장이 증가함에 따라 포란수도 증가하는 경향을 보였고, 기수지역과 조수웅덩이의 전장 (TL)과 포란수 (F) 사이의 관계식은 각각 $F=14.30TL^{2.863}$ ($R^2=0.847$)과 $F=33.73TL^{2.559}$

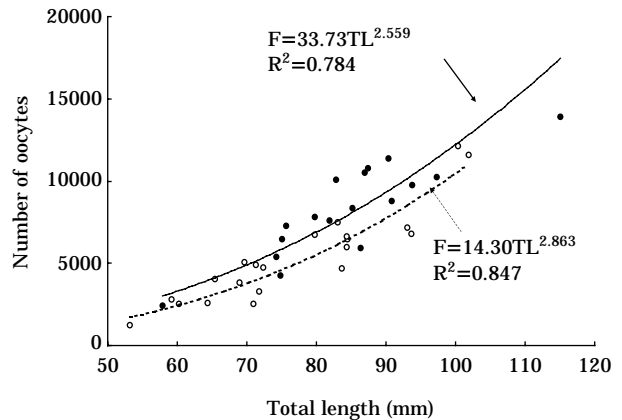


Fig. 7. Relationship between fecundity and total length of *T. obscurus*. (○), brackish area; (●), tidal pool.

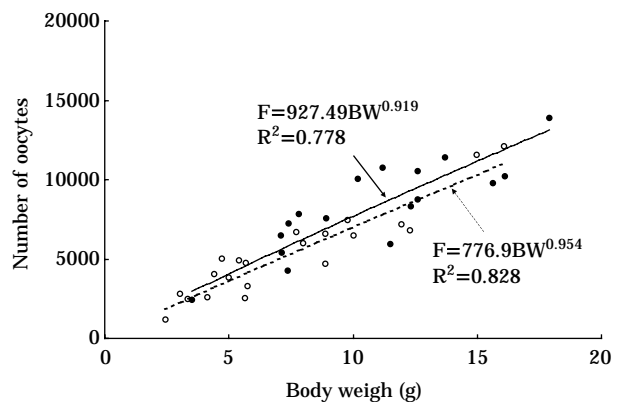


Fig. 8. Relationship between fecundity and body weight of *T. obscurus*. (○), brackish area; (●), tidal pool.

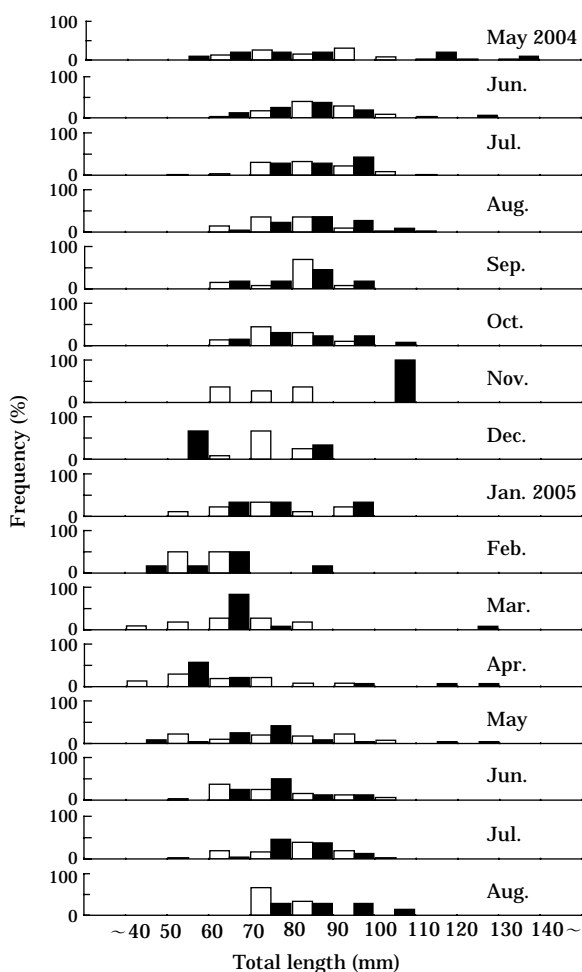


Fig. 9. Total length frequency distributions of females (□), males (■) in brackish area.

($R^2=0.784$)이었다 (Fig. 7).

체중별 포란수도 전장별과 마찬가지로 체중이 증가함에 따라 포란수도 증가하는 경향을 보였고, 기수지역과 조수웅덩이의 체중(BW)에 따른 포란수(F)의 관계식은 각각 $F=927.49BW^{0.919}$ ($R^2=0.778$)와 $F=776.9BW^{0.954}$ ($R^2=0.828$)이었다 (Fig. 8).

7. 월별 전장 분포

조사기간 동안 기수지역에서 채집된 검정망둑의 전장 분포는 암컷 41~130 mm, 수컷 47~135 mm 범위였고, 대부분의 개체들은 전장 41~110 mm의 범위에 분포하였다. 산란시기(5~7월) 동안에 암컷은 전장 100 mm 이상의 개체들이 출현하였고 수컷은 전장 111~135 mm의 개체들이 분포하였다 (Fig. 9).

조수웅덩이의 월별 전장 분포는 암컷의 경우, 전장

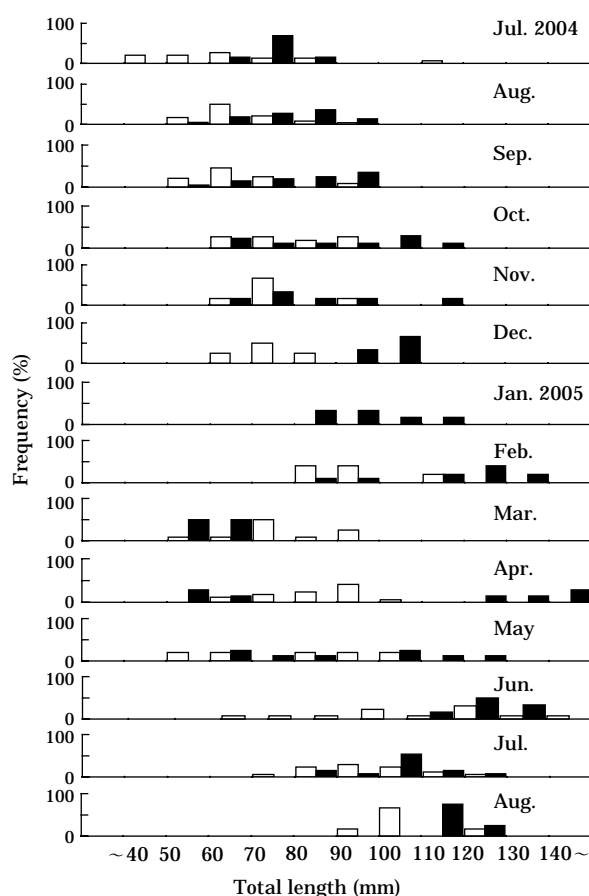


Fig. 10. Total length frequency distributions of females (□), males (■) in tidal pool.

46~139 mm 범위였고 수컷은 전장 55~149 mm 범위의 개체들이 출현하였다. 산란시기인 6~7월에 암컷은 전장 110~139 mm의 개체들이 출현하였고 수컷은 2월부터 전장 111 mm 이상의 개체들이 분포하기 시작하여 4월에 최대 전장 149 mm의 개체가 출현하였다 (Fig. 10).

고 찰

망둑어류의 생식전략은 서식환경 변화에 의해 조절되고 (De Vlaming, 1972; Fishelson, 1989), 특히 수온과 일장은 산란시기에 산란행동을 제어하는 요인으로 깊이 관여하고 있다 (Miller, 1984; Caputo et al., 2000). 온대지역에 서식하는 검정망둑 *T. obscurus*, 날개망둑 *Favonigobius gymnauchen*, 줄망둑 *Acentrogobius pflaumii*, 점망둑 *Chasmichthys dolichognathus*은 수온상승이 산란개시 요인으로 작용하여 각각 5~8월, 6~7월, 5~6월, 4~7월에 산란이 이루어지고, 일장은 산란을 제어하는

요인으로 작용한다 (Baek *et al.*, 1985; Kaneko and Hanyu, 1985; Lee *et al.*, 2000; Baeck *et al.*, 2004). 그러나, 별망둑 *Chaenogobius gulosus*은 수온에 따른 일장이 보상적으로 작용하여, 수온하강에 따른 단일주기가 산란 개시요인으로 작용하고 수온상승과 장일주기가 산란을 제어하는 요인으로 작용 한다 (Kim *et al.*, 2004). 이 연구에서도 검정망둑의 산란은 수온과 일장에 영향을 받아 기수 지역에서는 5~9월까지, 조수웅덩이에서는 3~7월까지 산란한 개체들이 관찰되었다. 특히 조수웅덩이에 서식하는 검정망둑은 고수온시기인 2004년 7월에 채집 개체 중 90% 이상 퇴행하고 있었다. 이것으로 보아, 기수지역보다 수온상승이 빠른 조수웅덩이가 성 성숙이 먼저 일어나고, 고수온(약 25°C)이 산란을 제어하는 요인으로 작용하여 기수지역보다 산란이 일찍 개시되고 종료되었다고 생각된다. 그러나 수온과 일장 같은 서식 환경의 변화가 검정망둑의 생식소 발달과정에 어떻게 작용하는지에 대해서 앞으로 많은 연구가 이루어져야 된다고 사료된다.

경골어류의 난소는 생식 수란관의 구조에 따라 나상형 (gynovarian condition)과 낭상형 (cystovarian condition)으로 구분하며 (Hoar, 1957), 낭상형은 난소의 조직학적 특성에 따라 낭상형 I과 낭상형 II로 구분된다 (Takano, 1989). 검정망둑의 난소는 주머니 모양으로 복강 등쪽에 위치하고, 은어 *Plecoglossus altivelis* (Bang *et al.*, 2000), 별망둑 *C. gulosus* (Kim *et al.*, 2004) 같이 난소가 난소의 가장자리에 형성 되어있는 낭상형 II에 속한다.

망둑어류의 포란수는 종에 따라 다양하게 나타나고, 같은 종이라도 서식처에 따라 포란하는 알의 수가 다르게 나타난다 (Bouchereau and Guelorget, 1997). 또한 이들의 포란수는 체중과 전장이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보인다 (Song and Baek, 2005). 망둑어류인 *Eviota lacrimae*는 100개 이하 (Sunobe and Nakazono, 1995), *Awaous guamensis*는 500,000 이상 (Ha and Kinzie, 1996), *Rhinogobius brunneus*는 151~2,209개 (Song and Baek, 2005), *A. pflaumi*는 3,618~9,733개의 알을 포란한다 (Baek *et al.*, 2004). 이 연구에서 기수지역보다 조수웅덩이에 서식하는 검정망둑이 더 많은 수의 알을 포란하고 있었는데 ($P < 0.05$), 이는 서식 환경에 따른 검정망둑의 번식전략이라고 생각된다. 또한, 두 지역에서 모두 전장과 체중이 증가함에 따라 포란수가 증가하는 보였는데 이는 어체 크기(전장과 체중)와 포란수 간의 밀접한 상관관계가 있다고 판단된다.

대부분의 망둑어류는 *Silhouettea aegyptia*와 *Pomatoschistus marmoratus*같이 산란기 동안 2회 이상의 다회

산란을 한 후 사망하거나 *Gobius roulei*와 같이 산란기에 2회 이상의 산란을 하지 않고 긴 수명을 가지는 종이 있다 (Fouda *et al.*, 1993 Kovačić, 2001). 망둑어류가 산란 후 사망하는 원인은 빈번한 산란에 의한 생식소 조직의 피사와 장상피의 박리현상, 수정된 난 보호숙성에 의한 아사에 있다 (Caputo *et al.*, 2000). 그러나, *Pseudogobius olorum*는 산란기 동안 다회 산란을 하고 사망하는 종이지만, 고수온에 의해 산란에 참가하지 못하면 다음 산란기까지 생존하여 산란한다 (Gill *et al.*, 1996). 서로 다른 두 지역에 서식하는 검정망둑은 산란기에 다회산란을 한 후 사망하였고 생식소의 피사는 기수지역과 조수웅덩이에서 각각 7, 8월부터 관찰되었다. 또한, 두 지역 개체군들의 전장은 산란기 이후부터 감소하는 경향을 보였으나, 조수웅덩이에서는 산란기 이후에도 전장 100 mm 이상의 일부 개체들이 관찰되었다. 이러한 결과들로 보아, 검정망둑은 산란기 동안 내 다회산란을 하고 산란기를 거친 대부분의 개체들은 높은 번식 노력에 의해 사망한다고 생각된다. 기수지역 보다 조수웅덩이에 서식하는 개체군들의 전장이 큰 이유는 고수온 영향으로 인해 산란에 참가하지 못한 개체들이 이듬해 산란기까지 생존하여 산란에 참가한다고 추정된다.

적 요

제주연안에 서식하는 검정망둑 *Tridentiger obscurus*의 생식주기를 조사하기위해 기수지역에서 2004년 5월부터 2005년 8월까지 총 408마리, 조수웅덩이에서 2004년 7월부터 2005년 8월까지 총 271마리를 채집하였다. 기수지역의 수온은 11.0~21.6°C이었다. 조수웅덩이의 수온은 2004년 7~8월에 30.1~29.2°C의 범위였으나, 2005년의 수온변화는 기수지역과 유사하여 11.1~24.5°C로 조사되었다. 기수지역 암컷의 GSI는 4월에 증가하기 시작하여 5~8월에 높은 값을 유지하였다. 기수지역 검정망둑의 생식주기는 미성숙기 (11~5월), 성숙기 (3~9월), 완숙 및 산란기 (5~9월), 퇴행기 (7~12월)로 조사되었다. 조수웅덩이 암컷의 GSI도 4월에 빠르게 증가하기 시작하여 2005년 7월까지 높은 값을 유지하였다. 그러나 고수온 시기인 2004년 7월에는 낮은 값을 나타내었다. 조수웅덩이에 서식하는 검정망둑의 생식주기는 미성숙기 (8~4월), 성숙기 (3~8월), 완숙 및 산란기 (3~7월), 퇴행기 (2004년 7~8월, 2005년 8월)로 조사되었다. 기수지역과 조수웅덩이에 서식하는 검정망둑의 포란수는 각각 1,214~12,109와 2,427~13,892의 범위였고 포란수는 조수웅덩이가 기수지역보다 높았다 ($P <$

0.05). 그리고 두 지역 모두 전장과 체중이 증가할수록 포란수가 증가하는 경향이 있었다. 기수지역에서 전장 111 mm 이상인 개체들은 산란시기에만 관찰된 반면 조수웅덩이에서는 2004년 10월 이후부터 지속적으로 관찰되었다. 그리고 기수지역과 조수웅덩이에서 이러한 개체들의 출현빈도는 각각 0~12%와 11.4~57.9%이었다. 이들 결과로 보아, 검정망둑의 난소 발달은 수온 및 일장의 변화와 밀접한 관련이 있다고 생각된다.

사 사

이 논문은 2004년도 제주대학교 기성회 회계에 의해 수행되었습니다.

인 용 문 헌

- Baek, G.W., J.W. Kim and S.H. Huh. 2004. Maturation and spawning of striped goby (*Acentrogobius pflaumi*) (Teleostei; Gobiidae) collected in the Gwangyang Bay, Korea. *J. Kor. Fish. Soc.*, 37(3) : 226~231.
- 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. Kor. Fish. Soc.*, 18 : 477~483. (in Korean)
- 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*. *J. Aqua.*, 13 : 215~222. (in Korean)
- Bouchereau, J.L. and O. Guelorget. 1997. Comparison of three gobiidae (teleostei) life history strategies over their geographical range. *Oceanologica Acta.*, 21(3) : 503~517.
- Breitbart, D. 1987. Interspecific competition and the abundance of nest sites: factors affecting sexual selection. *Ecology*, 68 : 1844~1855
- 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.
- Cole, L.C. 1954. The population consequences of life history phenomena. *Quar. Rev. Biol.*, 29 : 103~137.
- De Vlaming, V.L. 1972. The effects of diurnal thermoperiod treatments on reproductive function in the estuarine gobiid fish, *Gillichthys mirabilis* Copper. *J. Exper. Mar. Biol. Ecol.*, 9 : 155~163.
- Elliott, J.M. 1995. Fecundity and egg density in the redd for sea trout. *J. Fish. Biol.*, 47 : 893~901.
- Fishelson, L. 1989. Bisexuality and pedogenesis in gobies (Gobiidae: Teleostie) and other fish, or why so many little fish in tropical seas?. *Senckenbergiana maritima*, 20 : 147~169.
- 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, Sues canal. *J. Fish Biol.*, 43 : 139~151.
- Gill, H.S, B.S. Wise, I.C. Potter and J.A. Chaplin. 1996. Biannual spawning periods and resultant divergent patterns of growth in the estuarine goby *Pseudogobius olorum*: temperature-induced? *Marine Biol.*, 125 : 453~466.
- Ha, P.Y. and R.A. Kinzie. 1996. Reproductive biology of *Awaous guamensis*, an amphidromous Hawaiian goby. *Env. Biol. Fish.*, 45 : 383~396.
- Hoar, W.S. 1957. The gonad and reproduction. In: Brown, M.E. (ed.), *The physiology of fishes*. Academic press. New York, pp. 287~321.
- Kaneko, T. and I. Hanyu. 1985. Annual Reproductive cycle of the Chichibu-goby *Tridentiger obscurus*. *Bull. Japanese Soc. Sci. Fisher.*, 51(10) : 1645~1650.
- Kaneko, T., K. Aida and I. Hanyu. 1986. Changes in ovarian activity and fine structure of pituitary gonadotrophs during spawning cycle of the Chichibu-goby *Tridentiger obscurus*. *Bull. Japanese Soc. Sci. Fisher.*, 52(11) : 1923~1928.
- Kim, I.S., Y. Choi, C.L. Lee, Y.J. Lee, B.J. Kim and J.H. Kim. 2005. Illustrated book of korean fishes. Published by Kyo-Hak Publishing Co., Ltd., 442 pp.
- 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). *Korean J. Ichthyol.*, 16 (4) : 261~270.
- Kovačić, 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*. *J. Korean Fish. Soc.*, 33(3) : 219~224. (in Korean)
- Lee, Y.J. 1995. On the Gobiid fishes from Cheju Island, Korea. *J. Res. Sci. Educ. Chonju National Univ. Edu.*, 17 : 31~45.
- Miller, P.J. 1979. Adaptiveness and implications of small size in teleosts. *Zool. Soc. Lon. Sym.*, 44 : 263~306.
- Miller, P.J. 1984. The tokology of gobioid fishes. In: Potts,

- G.W. and Wootton, R.J., (eds.), Fish Reproduction: Strategies and Tactics. Academic Press, London, pp. 118~153.
- Nelson, J.S. 1984. Fishes of the World. 2nd ed. John Wiley and Sons., New York, 523 pp.
- Song H.B. and H.M. Baek. 2005. Population Ecology of the common freshwater goby *Rhinogobius brunneus* (Pisces: Cyprinidae) in Korea. Korean. J. Ichthyol., 17(3) : 195~204.
- Sunobe, T. and A. Nakazono. 1995. Embryonic development and larvae of genus *Eviota* (Pisces: Gobiidae) II. Description of seven species. Nat. Hist. Res., 3 : 152~159.
- Takano, K. 1989. Oogenesis and structure of ovary. In: Takeshim and Hanyu, (eds.), Monographs on aquaculture science vol. 4, Reproductive Biology of Fish and Shellfish. Tokyo, pp. 3~34.

Received: July 11, 2006
Accepted: August 1, 2006