

석사학위논문

제주연안에 서식하는 검정망둑,  
*Tridentiger obscurus*의 생식주기와  
산란리듬



제주대학교 대학원

수산생물학과

진영석

2005년 12월

제주연안에 서식하는 검정망둑,  
*Tridentiger obscurus*의 생식주기와  
산란리듬

指導教授 李 榮 敦

秦 暎 碩

이 論文을 理學碩士 學位論文으로 提出함  
2005年 12月

秦 暎 碩의 理學碩士 論文을 認准함

審査委員長 최 광 식 (인)

委 員 이 경 준 (인)

委 員 이 영 돈 (인)


濟州大學校 大學院

2005年 12月

Reproductive Cycle and Spawning Rhythm of  
Dusky Tripletooth Goby, *Tridentiger obscurus*  
in Jeju

Young-Seok Jin

(Supervised by professor Young-Don Lee)

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF  
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF MASTER OF  
SCIENCE

DEPARTMENT OF MARINE BIOLOGY  
GRADUATE SCHOOL  
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

December 2005

## 목차

Abatract .....	i
I. 서론 .....	1
II. 재료 및 방법 .....	2
1. 채집 및 환경조사 .....	2
2. 생식소의 형태와 중량지수(GSI) 조사 .....	2
3. 생식소 조직표본 제작 및 관찰 .....	4
4. 생식주기 .....	4
5. 산란리듬 .....	4
6. 포란수 .....	5
7. 월별전장조성 .....	5
8. 통계처리 .....	5
III. 결과 .....	6
1. 서식지 환경 .....	6
2. 생식소의 형태와 구조 .....	8
3. GSI의 월변화 .....	10
4. 난형성 과정 .....	12
5. 생식주기 .....	14
6. 산란리듬 .....	18
7. 포란수 .....	24
8. 월별 전장조성 .....	27
IV. 고찰 .....	30
V. 요약 .....	33
VI. 참고문헌 .....	34
감사의 글	

## Abstract

To investigate reproductive cycle and spawning rhythm according to habitat of *Tridentiger obscurus* in Jeju, total 683 fish were collected in brackish area (May 2004 to August 2005) and total 348 fish were collected in tidal pool (July 2004 to August 2005), respectively. Water temperature (WT) ranged 11.0-21.6°C in brackish area. WT 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 June 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 March), maturing (March to May), ripe and spawning (May to September), and degenerating (August to November). 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 (September to February), maturing (March), ripe and spawning (March to July), and degenerating (July to August 2004 and August 2005). The change of GSI and spawning rhythm were not related to lunar cycle in brackish area where a night lighting facility was established. The female GSI of tidal pool was decreasing tendency between full moon and last quarter, and the spawn individuals occurred only at last quarter. 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 WT and day length. Also we suggested that the spawning rhythm of *T. obscurus* has deep connection with lunar cycle.



# I. 서론

망둑어류는 소형어로 전세계 담수와 기수역 그리고 연안역등 광범위한 지역에 분포하고 있으며, 환경에 대한 적응력이 우수한 종으로, 분류상 경골어류 전체의 약 10%를 차지하고 있다(Nelson, 1984).

망둑어류의 산란특성은 종에 따라 다양하지만 산란시기의 산란횟수에 따라 일회산란형(semelparous)과 다회산란형(iteroparous)으로 구분하고 있다(Miller, 1984). 이러한 망둑어류의 산란시기는 외적 환경요인인 일장과 수온, 먹이, 산란장 이용도 등의 변화와 밀접하게 관련된다(Breitburg, 1987; Caputo *et al.*, 2000). 그리고 산란시기에 산란리듬을 제어하는 요인으로 달주기(lunar cycle)와 조석(tide rhythm) 등이 관여하는 것으로 알려져 있다(Fujita *et al.*, 1997; Gibson, 1992; Leatherland *et al.*, 1992). 달주기에 따른 산란리듬을 가지는 어류는 독가시치류인 *Siganus spinus* (Harahap *et al.*, 2001), *S. canaliculatus* (Hoque *et al.*, 1999), *S. guttatus* (Rahman *et al.*, 2000) 그리고 능성어류의 *Epinephelus merra* (Lee *et al.*, 2002) 등이 있다.

검정망둑, *Tridentiger obscurus*은 망둑어과에 속하며, 우리나라 동·남해안과 일본연안에 분포하고 있으며, 특히 제주 기수역의 우점종으로 위치하고 있다(Kim *et al.*, 2005; Lee, 1995). 검정망둑은 산란 후 대부분 사망하고, 산란시기 내에 다회산란을 하며 산란한 알을 보호하는 행동을 한다(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.

이 연구는 서식처 환경에 따른 검정망둑의 번식특성을 조사하기 위해 관광산업의 활성화를 위한 조명시설이 설치되어있고 용천수의 영향을 받는 서귀포 연외천 하구(천지연)의 기수지역과 조명시설과 용천수의 유입이 없는 표선의 조수웅덩이지역에 서식하는 검정망둑의 생식소중량지수의 월변화, 난형성 과정, 생식주기, 산란리듬, 포란수 및 전장분포 등을 비교·조사하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 채집 및 환경조사

검정망둑의 생식주기와 산란리듬을 조사하기 위해 서식지의 환경적 특성이 다른 서귀포의 기수지역(St. I)과 표선 연안의 조수웅덩이지역(St. II)에 서식하는 검정망둑(St. I; 683마리, St. II; 348마리)을 채집하여 연구재료로 사용하였다(Fig. 1). 채집도구로는 투망(망목, 7 × 7 mm)과 반두(4 × 4 mm) 그리고 낚시 등을 이용하였고 조사기간 동안(기수지역; 2004년 5월~2005년 8월, 조수웅덩이지역; 2004년 7월~2005년 8월) 월별 채집을 하였다.

두 서식지의 월별 일장(일출~일몰시각)과 수온의 변화를 조사하기 위해, 일장은 한국천문연구원 자료를 이용하였고 수온은 채집 시마다 야외용 측정 장비(YSI Model 85, USA)로 측정하였다.



### 2. 생식소의 형태와 생식소중량지수(Gonadosomatic index, GSI) 조사

채집된 실험어들은 2-phenoxyethanol (100 ppm)으로 마취하여, 버니어캘리퍼스 와 전자저울을 이용하여 전장(TL, Total length; 1 mm)과 체중(BW, Body weight; 0.01 g)을 측정하였다. 측정된 실험어들은 해부하여 생식소 외부 특징을 관찰하였고 생식소를 적출하여 생식소중량(GW, Gonad weight; 0.01 g)을 측정하였다. 성숙도를 파악하기 위해 생식소 중량지수(GSI)는 다음의 식을 이용하였다.

$$GSI = \frac{GW}{BW} \times 100$$



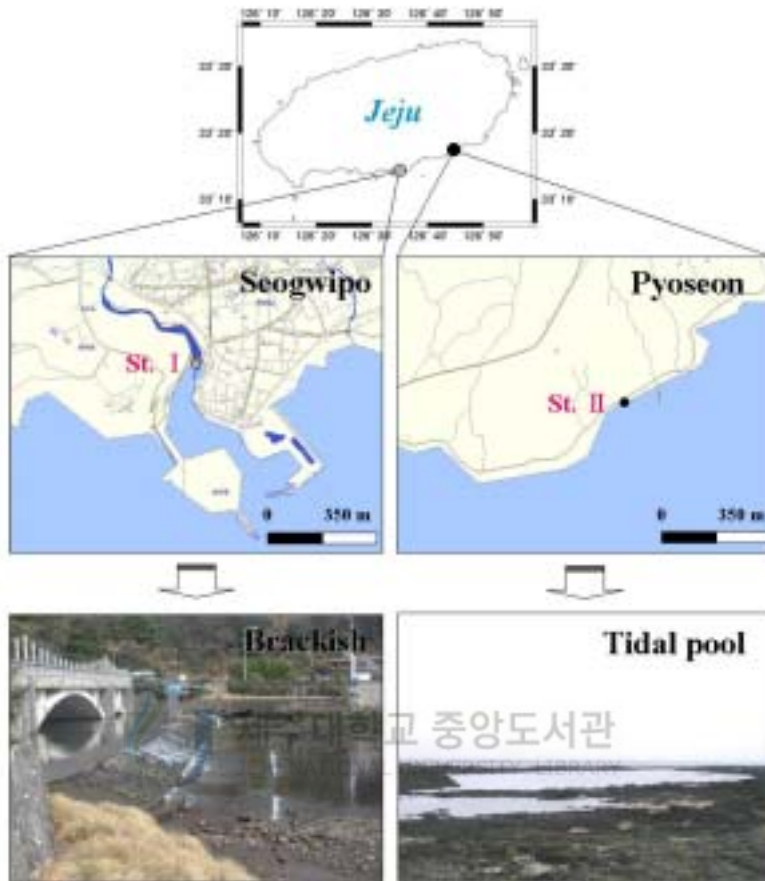


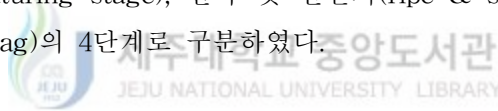
Fig. 1. Maps showing the collecting areas. St. I, brackish area in Seogwipo; St. II, tidal pool in Pyoseon.

### 3. 생식소 조직표본 제작 및 관찰

조직학적 관찰을 통한 생식소 내부구조, 난형성 과정, 생식소발달과정을 조사하기 위해, 적출한 생식소는 Bouin's solution에 고정하여 상법인 파라핀 절편법에 의해 5~6  $\mu\text{m}$  두께의 조직절편을 제작하여 조직표본을 만들었다. 제작된 조직표본은 Hansen's haematoxylin과 0.5% eosin으로 비교염색을 실시하여 광학현미경하에서 검경하였다.

### 4. 생식주기

생식주기는 Kaneko와 Hanyu (1985)의 방법을 이용하여 미성숙기(immature stage), 성숙기(maturing stage), 완숙 및 산란기(ripe & spawning stage), 퇴행기(degenerating stag)의 4단계로 구분하였다.



### 5. 산란리듬

산란리듬을 파악하기 위해서 산란시기로 추정되는 2004년 5~9월, 2005년 4~7월에는 달주기(신월, 상현, 보름 그리고 하현)에 따라 주별 채집을 하였다. 난소 내 난모세포의 발달과 산란혼적인 여포세포층의 유·무를 기준으로 성숙(1~3차 난황구기), 완숙(최종성숙기), 산란(여포세포층의 잔존)의 3계급으로 구분하였다.

## 6. 포란수

포란수는 조직검경 후, 산란에 참가하지 않은 개체(기수지역; 5월, 조수웅덩이 지역; 4월)의 난소를 분리·조사하였다. 포란수(E)는 난소중량(W), 생식소의 일부 중량( $\omega$ ), 생식소 일부의 포란수( $\varepsilon$ )의 중량비를 이용한 다음 식으로 계산하였다.

$$E = \frac{W}{\omega} \times \varepsilon$$

포란수의 증가는  $F = a(TL)^b$  식으로 구하였다.

## 7. 월별 전장조성

전장별 출현빈도의 월 변화를 조사하였다. 채집된 모든 개체들은 성(性)을 파악한 후, 전장 계급을 10 mm 단위로 구분하였으며 각 계급에 따른 출현빈도를 조사하였다.

## 8. 통계처리

Statistical Analysis (SAS Institute North Caroline, USA)를 이용하여 월별 및 주별 성숙도의 차이는 Duncan의 다중검정으로, 두 지역의 포란수는 t-검정으로 유의성( $P < 0.05$ )을 검정하였다.

### Ⅲ. 결과

#### 1. 서식지 환경

서귀포의 기수지역에는 폭이 약 60 m, 높이가 약 2 m 정도의 독이 형성되어 있어 담수지역과의 경계가 뚜렷했다. 하상구조는 현무암으로 되어있고 그 위에 주로 작은 돌이나 자갈들이 있었다. 표선의 조수웅덩이지역에는 직경이 약 10~30 m, 수심이 약 1~2 m인 타원형의 조수웅덩이들이 있었다. 하상구조는 현무암으로 되어있고 그 위에 모래, 자갈, 바위 등이 있었다.

기수지역의 수온은 2004년 5월 17.2℃에서 8월 20.9℃까지 상승한 후 하강하기 시작하여 이듬해 2월에 11.8℃로 최저수온을 나타냈다. 그 후 3월부터 다시 증가한 수온은 7월에 21.6℃로 최고수온을 보인 후 다시 하강하여 8월에 20.8℃를 나타내었다. 반면 조수웅덩이지역의 수온은 2004년에 7월에 30.1℃로 최고수온을 보였고 그 후 하강하기 시작하여 이듬해 2월에 11.1℃로 최저수온을 나타냈다. 그 후, 6월 24.5℃까지 상승하였다가 8월에 21.3℃로 하강하였다. 기수역과 조수웅덩이의 수온변화는 모두 계절적인 변화 양상을 보였으나, 2004년 고수온기인 7~8월에 조수웅덩이의 수온이 30.1℃로 기수역과 비교 시 약 10℃ 이상의 수온차가 났다(Fig. 2).

일장의 변화는 자연광만을 고려하면 동일하였으나(Fig. 2), 기수지역의 서식지는 바로 위에 건설된 칠십리교 난간에 야간조명이 설치·운영되고 있어, 하절기(4~10월)에는 일몰~23시까지, 동절기(11~3월) 일몰~22시까지 점등하고 있었다.

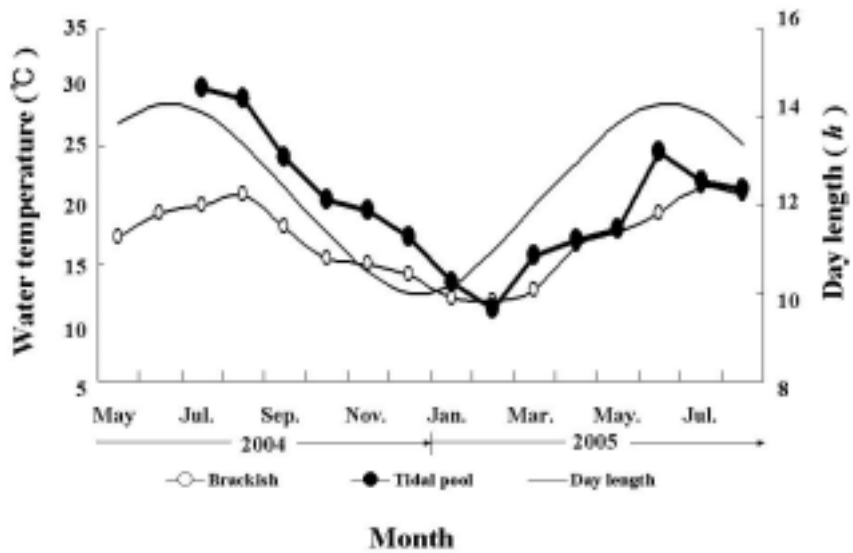


Fig. 2. Monthly changes of water temperature in brackish and tidal pool. Day length data cited from Korea Astronomy & Space Science Institute.



## 2. 생식소의 형태와 구조

검정망둑의 생식소는 복강 등쪽의 척추골을 따라 부레를 사이에 두고있는 형태로 좌우 상칭인 1쌍이 위치하였고 성숙시기의 정소와 난소는 각각 유백색과 담홍색을 띠고 있었다(Fig. 3A,B).

조직학적으로 생식소를 관찰한 결과, 검정망둑의 난소는 난소강이 난소의 가장 자리에 형성되어있는 낭상형(ectovarian sac type)이었다(Fig. 3C). 정소는 다수의 소엽들로 구성되어있고, 소엽벽에는 cyst들이 한 층으로 열거되어 있는 소엽형(lobule type) 이었다(Fig. 3D).



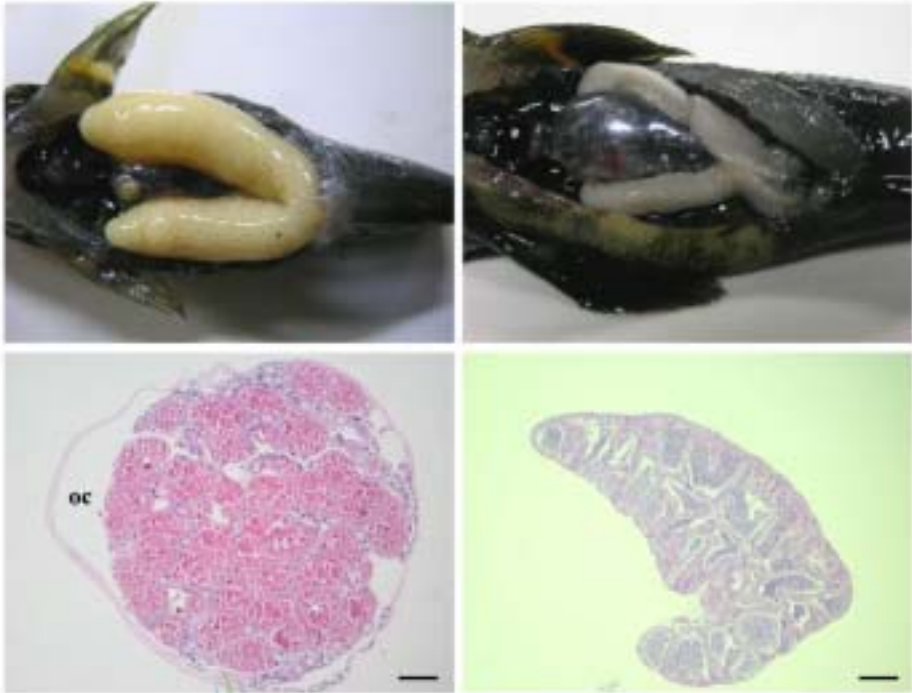


Fig. 3. Gonad structure of *T. obscurus*. A and C, Ectovarian sac type in ovary; B and D, Lobule type in testes. C scale bar = 400  $\mu\text{m}$ ; D scale bar = 200  $\mu\text{m}$ ; oc, ovarian cavity.

### 3. 암컷 GSI의 월변화

기수지역 암컷의 GSI는 2004년 5~8월에  $6.59 \pm 0.75$  이상이었고, 수온이 하강하는 9월에 급격히 감소하여 이듬해 1월에  $0.76 \pm 0.13$ 으로 최소값을 보였다. 최저 수온시기인 2월부터 점진적으로 상승한 GSI 값은 4월에  $3.53 \pm 0.53$ 으로 증가하여 5~7월에  $7.08 \pm 0.58$  이상으로 유지되다가 8월이 되면서  $3.22 \pm 1.22$ 로 감소하였다 (Fig. 4A).

조수웅덩이지역 암컷의 GSI는 최고 수온시기( $30.1^\circ\text{C}$ )인 2004년 7월에  $1.67 \pm 0.53$ 이었고 8월에  $0.64 \pm 0.12$ 로 감소한 후 이듬해 2월까지  $1.03 \pm 0.39$  이하의 낮은 값을 유지하였다. 그 후, 수온이 상승하는 3월부터 급격히 증가한 GSI 값은 4~7월에  $6.92 \pm 0.79$  이상의 값이 유지되다가 8월에  $3.01 \pm 1.04$ 로 감소하였다(Fig. 4B).

기수지역의 GSI는 2004년 5~8월에 높게 유지된 반면, 조수웅덩이지역의 GSI는 7~8월에 상대적으로 낮았다. 한편, 2005년의 GSI의 증가는 조수웅덩이지역 암컷이 한 달이 빠르나, 감소하는 시기는 유사하였다.





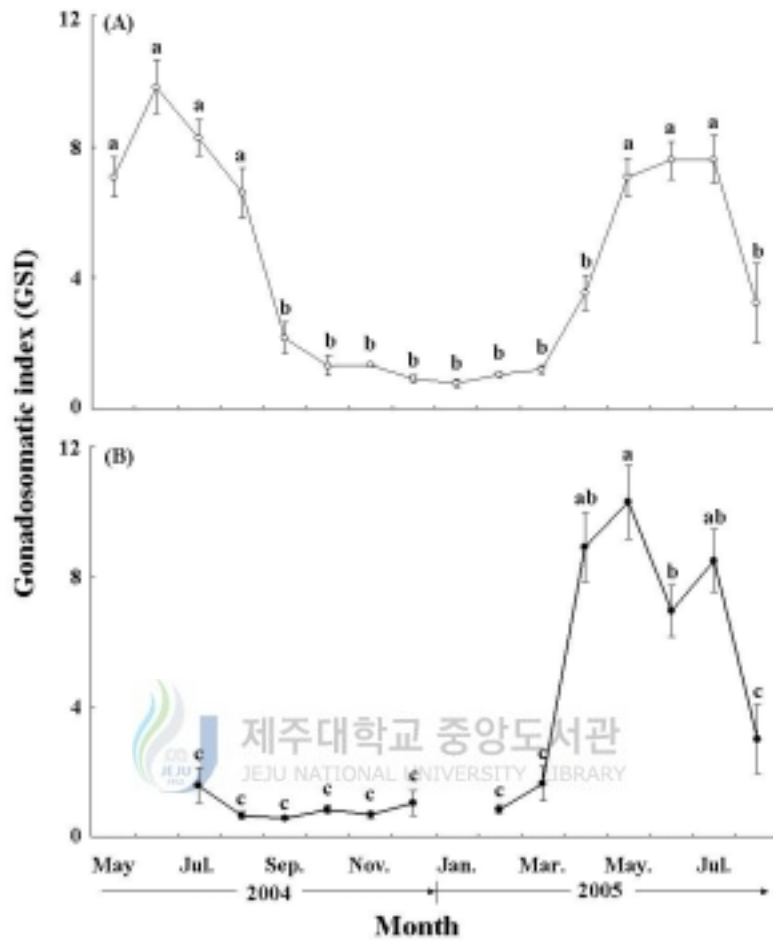


Fig. 4. Monthly changes of gonadosomatic index(GSI) in female *T. obscurus*. (A), brackish area; (B), tidal pool. Different letters on the bars indicate significant differences among the values ( $P < 0.05$ ). Bar = standard error.

#### 4. 난형성 과정

분열 증식 중인 난원세포들은 난경이 약 12  $\mu\text{m}$ 로 세포의 대부분을 핵이 차지하고 있었다(Fig. 5A).

성장을 시작하는 염색인기의 난모세포들은 난경이 15~20  $\mu\text{m}$ 로 아직 세포의 대부분을 핵이 차지하고 있었고 세포질은 약한 호염기성을 띠었다(Fig. 5B). 초기 주변인기의 난모세포들은 난경이 20~80  $\mu\text{m}$ 로 핵 주변부에 heamatoxylin에 농염된 인들이 분포하였고, 세포질은 강한 호염기성을 띠어 heamatoxylin에 짙게 염색되었다(Fig. 5C). 후기 주변인기 단계로 성장한 난모세포들은 난경이 80~130  $\mu\text{m}$ 로 세포질의 염색성이 떨어지면서 난막과 여포세포층을 형성하였다(Fig. 5D).

난황형성 전 단계인 유구기의 난모세포들은 난경이 140~200  $\mu\text{m}$ 로 공포상의 유구들이 핵 주변부에 위치하고 있었으며 난모세포들을 둘러싸고 있는 여포세포층이 발달하였다(Fig. 5E). 난황형성기에 접어든 난모세포들은 다시 1차 난황구기, 2차 난황구기 그리고 3차 난황구기의 난모세포들로 구분하였다. 1차 난황구기 난모세포들은 핵의 거치(鋸齒)화, 세포질의 가장자리에 난황구들의 출현 그리고 핵 주변부와 난막 하부에 각각 유구와 표층포의 분포 등이 특징이었다(Fig. 5F). 2차 난황구기 단계로 성장한 난모세포는 더욱 커져서 난경이 200~400  $\mu\text{m}$ 로 난황구의 수와 크기가 증가하여 세포질 전체에 분포하였다(Fig. 5G). 3차 난황구기의 난모세포는 난경이 400~600  $\mu\text{m}$ 로, 더욱 커진 난황구들이 세포질의 대부분을 차지하고 있었고 공포상의 유구들은 세포질 내에 산재되어 있었다. 그리고 난막을 둘러싸고 있는 과립막세포들은 크기가 신장되었다(Fig. 5H).

핵이동기의 난모세포들은 난경이 600~700  $\mu\text{m}$ 로 핵이 동물극 쪽에 위치했고, 그 핵의 맞은편에 유구들이 커다란 구형으로 분포하였다(Fig. 5I,J).

난모세포들을 둘러싸고 있던 여포세포층은 배란이후에 일그러진 형태로 생식소내에 잔존하였고, 그 주변에 난황을 축적하는 난모세포들이 분포하였다(Fig. 5K,L). 배란과 산란에 참가하지 못한 난모세포들은 퇴행하였다(Fig. 5M,N).

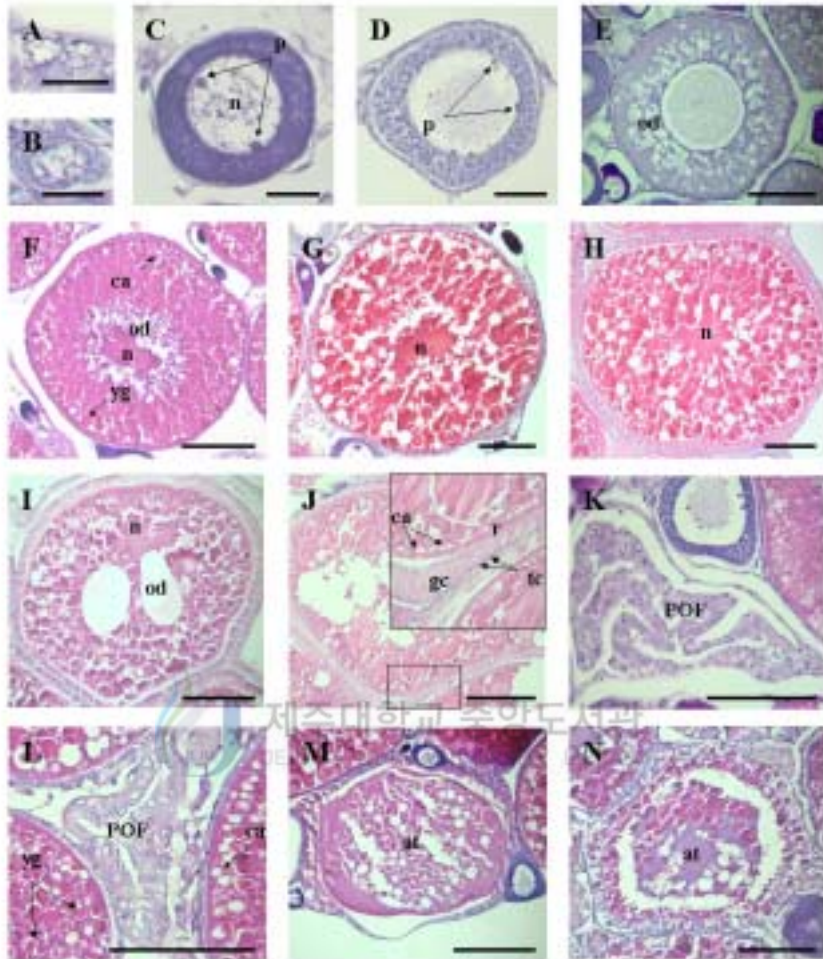


Fig. 5. Oogenesis in *T. obscurus*. A, Oogonia; B, Chromation nucleolus stage; C, Early perinucleolus stage; D, Late perinucleolus stage; E, Oil droplet stage; F, Primary yolk stage; G, Secondary yolk stage; H, Tertiary yolk stage; I and J, Migrated nucleus stage; K and L, Postovulatory follicle; M, Atresia in spawning season; N, Atresia in degenerating stage. at, atresia; ca, cortical alveolus; gc, granulosa cell; n, nucleus; od, oil drop; p, phosphorus; tc, theca cell; yg, yolk globule; zr, zona radiata. A~C scale bar = 20  $\mu$ m; D scale bar = 30  $\mu$ m; E~H and K~N scale bar = 100  $\mu$ m; I and J scale bar = 200  $\mu$ m.

## 5. 암컷의 생식주기

검정망둑 암컷의 생식주기는 성숙도와 난형성 과정을 토대로 하여 미성숙기 (immature stage), 성숙기(maturing stage), 완숙 및 산란기(ripe and spawning stage) 그리고 퇴행기(degenerating stage)의 4단계로 구분하였다.

### 1) 미성숙기(immature stage)

미성숙기의 난소에는 분열 증식중인 난원세포들과 성장을 시작하는 염색인기부터 유구기 난모세포들이 분포하였다(Fig. 6A). 미성숙기의 개체들은 기수지역에서 11~5월, 조수웅덩이지역에서 8~4월에 관찰되었다(Fig. 7).

### 2) 성숙기(maturing stage)

성숙기의 난소에는 난황을 축적하는 1차 난황구기부터 3차난황구기까지의 난모세포들이 분포하였다(Fig. 6B). 성숙기의 개체들은 수온과 GSI가 증가하는 시기에 출현하여 기수지역에서는 3~9월, 조수웅덩이지역에서는 3~8월에 관찰되었다(Fig. 7).

### 3) 완숙 및 산란기(ripe and spawning stage)

완숙 및 산란기의 난소에는 크게 3그룹의 난모세포들로 구분할 수 있었다; 성숙한 난모세포들, 난황을 형성하기 시작하는 난모세포들 그리고 어린난모세포들이 관찰되었다. 특히, 산란 직후의 개체들의 난소 소엽에는 배란 흔적인 여포세포층들이 잔존하였고 그 주변부에 성장 중인 1차 난황구기 난모세포들이 분포하였다(Fig. 6C,D). 완숙 및 산란기 개체들은 기수지역에서는 5~9월, 조수웅덩이지역에서는 3~7월에 관찰되었다(Fig. 7).

#### 4) 퇴행기(degenerating stage)

퇴행기의 난소에는 많은 퇴행난모세포들과 주변인기 단계의 어린난모세포들이 관찰되었다(Fig. 6E). 퇴행기 개체들은 기수지역에서 7~12월에 관찰되었으나, 조수웅덩이지역에서는 퇴행기 개체들이 2004년에 7~8월과 2005년 8월에 관찰되었다(Fig. 7). 또한, 산란시기 이후에는 난소에 생식세포보다 높은 비율의 체세포를 보유하고, 몇몇의 퇴행난모세포가 관찰되는 개체들이 출현하였다(Fig. 6F).



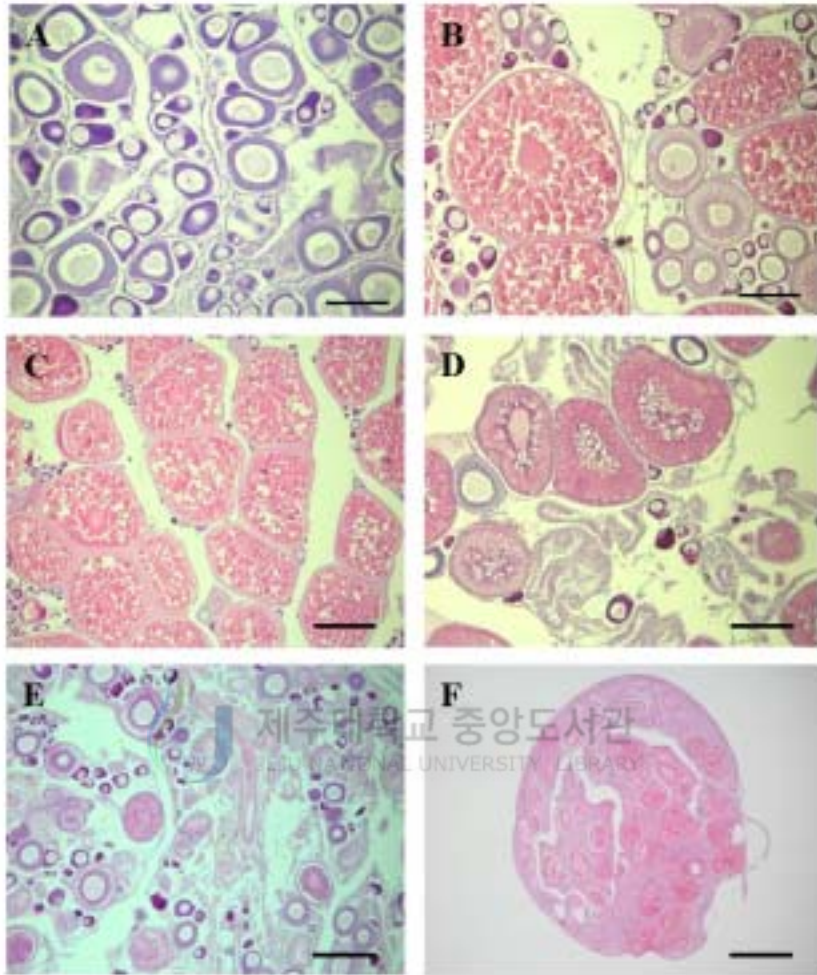


Fig. 6. Ovarian development in *T. obscurus*. A, Immature stage; B, Growing stage; C and D, Matured and Spawning stage; E, Degenerating stage; F, Degenerating stage; note thickness of the ovarian wall and the presence of few atretic eggs. A scale bar = 35  $\mu\text{m}$ ; B, D and E scale bar = 140  $\mu\text{m}$ ; C and F scale bar = 400  $\mu\text{m}$ .

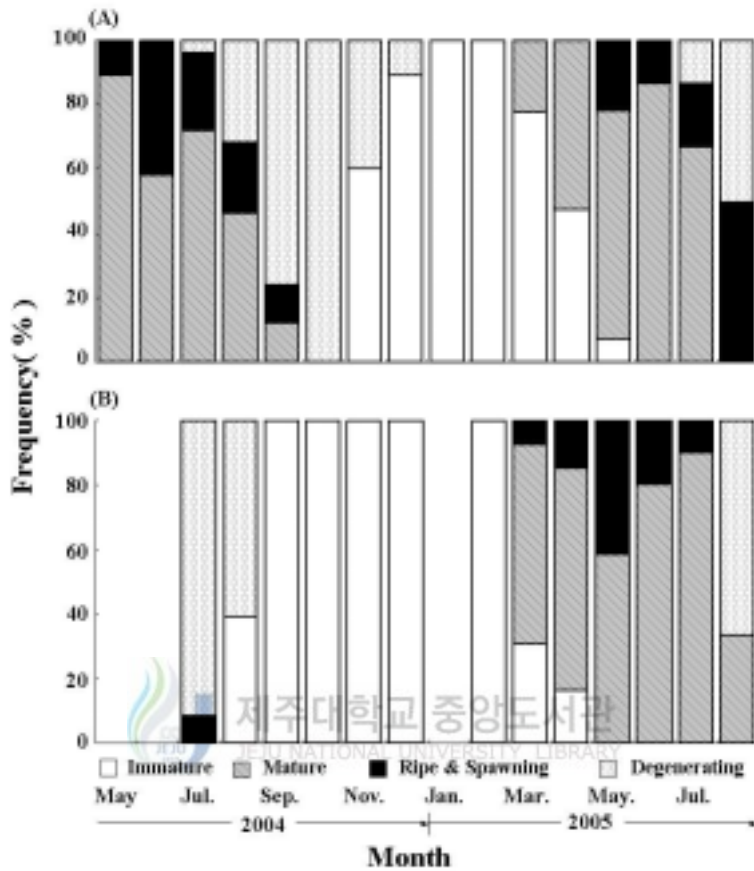


Fig. 7. Changes of relative frequencies of gonadal development in female *T. obscurus*. (A), brackish area; (B), tidal pool.

## 6. 산란리듬

산란시기 전·후에 산란리듬을 조사하기 위해 달주기(신월, 상현, 보름, 하현)를 기준으로 주별 채집하여 GSI의 변화와 조직학적 관찰을 통한 산란흔적을 조사하였다.

기수지역에 서식하는 개체들의 2004년에 GSI는 신월, 보름, 상현에 높았고, 조직학적 관찰을 통한 생식소내 산란흔적이 관찰되는 개체들은 신월, 상현, 하현에 출현하였다(Fig. 8, Table 1). 또한, 2005년의 GSI는 신월, 하현, 상현에 높았고, 조직학적 관찰을 통한 생식소내 산란흔적이 관찰되는 개체들은 신월, 상현, 보름, 하현의 모든 위상에서 출현하였다(Fig. 8, Table 2). 기수지역에 서식하는 개체들은 달주기에 따른 성숙도의 변화와 산란의 관계에 있어 연관성을 찾기 어려웠다.

조수웅덩이지역에 서식하는 개체들의 GSI 변화는 보름인 4월 23일, 5월 23일 그리고 6월 21일에 각각  $9.86 \pm 1.26$ ,  $9.38 \pm 2.00$ ,  $7.27 \pm 0.84$ 에서 하현인 4월 30일, 5월 29일 그리고 6월 29일에 각각  $8.84 \pm 1.42$ ,  $3.02 \pm 0.49$ ,  $6.50 \pm 1.50$ 으로 감소하였다(Fig. 9). 또한, 조직학적 관찰을 통한 생식소내 산란흔적이 관찰되는 개체들은 하현에서만 출현하였다(Table 3).



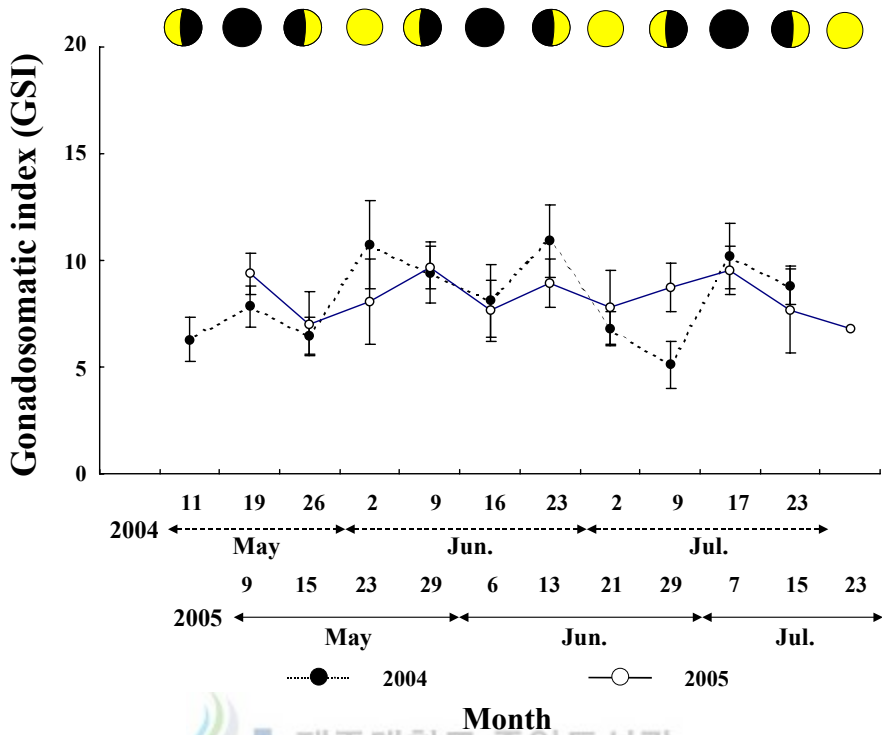


Fig. 8. Weekly changes of gonadosomatic index (GSI) of *T. obscurus* female in brackish area. Bar = standard error.

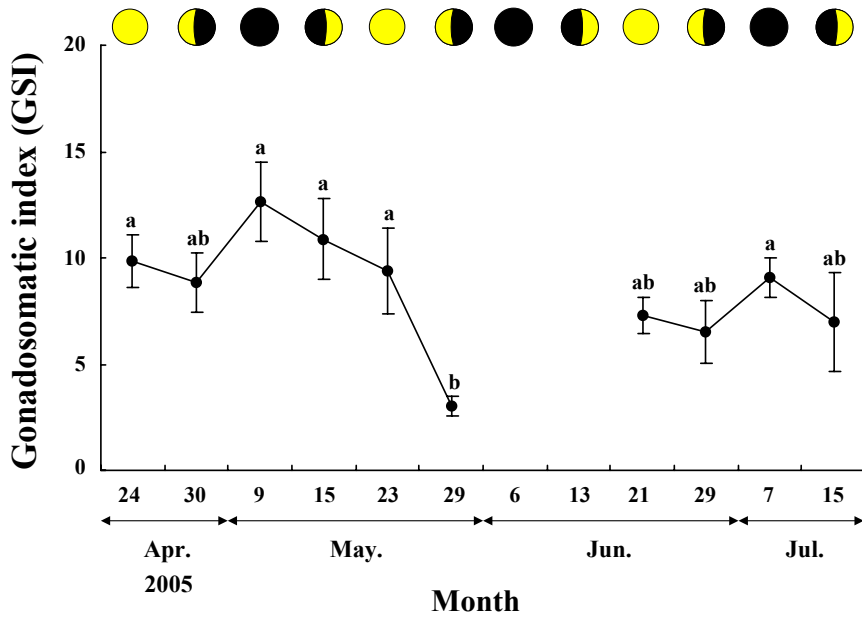


Fig. 9. Weekly changes of gonadosomatic index (GSI) of *T. obscurus* female in tidal pool. Different letters on the bars indicate significant differences among the values ( $P < 0.05$ ). Bar = standard error.

Table 1. Number of *T. obscurus* female in various ovarian states in brackish area during spawning season in 2004

Date	Total number	Ovarian state		
		Maturing	Ripe	Spawn*
Last quarter	7	7	-	-
May New moon	18	16	1	1
First quarter	14	11	1	2
Full moon	8	7	1	-
Jun. Last quarter	9	4	4	1
New moon	9	5	2	2
First quarter	11	5	4	2
Full moon	7	7	-	-
Jul. Last quarter	10	8	-	2
New moon	16	11	5	-
First quarter	10	6	3	1

\*, Just after spawning.

Table 2. Number of female *T. obscurus* in various ovarian states in brackish area during spawning season in 2005

Date	Number of female	Ovarian state			
		Maturing	Ripe	Spawn*	
May	New moon	13(1)	8	4	-
	First quarter	16(1)	11	1	3
	Full moon	14(2)	12	-	-
	Last quarter	13(0)	9	3	1
Jun.	New moon	13(0)	13	-	-
	First quarter	10(0)	9	1	-
	Full moon	16(0)	15	1	-
	Last quarter	16(0)	10	3	3
Jul.	New moon	15(0)	13	2	-
	First quarter	11(0)	7	3	1
	Full moon	10(3)	5	1	1

Values in parentheses indicates the number of females in immature or degenerating stage.

\*, Just after spawning.

Table 3. Number of female *T. obscurus* in various ovarian states in tidal pool during spawning season in 2005

Date	Number of female	Ovarian state			
		Maturing	Ripe	Spawn*	
Apr.	Full moon	17	7	10	-
	Last quarter	8	3	4	1
May	New moon	6	2	4	-
	First quarter	8	3	5	-
	Full moon	5	1	4	-
	Last quarter	2	0	-	2
Jun.	New moon	-	-	-	-
	First quarter	-	-	-	-
	Full moon	6	3	3	-
	Last quarter	5	2	1	2
Jul.	New moon	12	3	9	-
	First quarter	5	2	3	-

\*, Just after spawning.

## 7. 포란수

포란수는 2005년 산란시기(기수지역; 5월, 조수웅덩이지역; 4월)에 채집된 성숙한 개체의 난소에서 3차난황구기 이상의 성숙한 난모세포수를 계수하였다. 총 38마리를 조사한 결과, 기수지역과 조수웅덩이지역의 포란수는 각각 5,393개와 8,292개로 두 서식지간의 포란수는 유의적으로 차이가 있었다( $P < 0.05$ ).

기수지역의 포란수는 최소 1,214개, 최대 12,109개로 측정되었고, 전장을 10 mm의 계급으로 나누어 조사한 결과, 전장 50~59 mm에서 2,022개, 전장 100 mm 이상에서 11,851개였으며, 체중 0~4.9 g에서 3,156개, 체중 15.0~19.9 g에서 12,109개로 전장과 체중이 증가 할수록 포란수가 증가하는 현상이 있었다(Table 4 and 5). 전장(TL)과 체중(BW)에 대한 포란수 증가(F)의 관계식은 각각  $F = 14.30TL^{2.863}$  ( $R^2 = 0.847$ )과  $F = 927.49BW^{0.919}$  ( $R^2 = 0.778$ )이었다(Fig. 10 and 11).

조수웅덩이지역의 포란수는 최소 2,427개, 최대 13,892개로 측정되었고, 전장계급 50~59 mm에서 2,427개, 전장 100 mm 이상에서 13,892개였으며, 체중 0~4.9 g에서 2,427개, 체중 15.0~19.9 g에서 11,298개로 조수웅덩이지역 역시 전장과 체중이 증가 할수록 포란수가 증가하는 현상이 있었다(Table 4 and 5). 전장과 체중에 대한 포란수 증가(F)의 관계식은 각각  $F = 33.73TL^{2.559}$  ( $R^2 = 0.784$ )와  $F = 776.9BW^{0.954}$  ( $R^2 = 0.828$ )이었다(Fig. 10 and 11).

Table 4. Composition of fecundity according to total length of *T. obscurus*.

Total length (mm)	Brackish area		Tidal pool	
	Number of oocytes Mean (Range)	Number of samples	Number of oocytes Mean (Range)	Number of samples
50~59	2,022(1,215~ 2,830)	2	2,427	1
60~69	3,248(2,507~ 4,063)	4	-	-
70~79	4,115(2,548~ 5,054)	5	5,847(4,267~ 7,262)	4
80~89	6,325(4,677~ 7,478)	6	8,725(5,939~10,762)	7
90~99	6,990(6,789~ 7,191)	2	10,044(8,774~11,397)	4
100~	11,851(11,593~12,109)	2	13,892	1

Table 5. Composition of fecundity according to body weight of *T. obscurus*.

Body weigh (g)	Brackish area		Tidal pool	
	Number of oocytes Mean (Range)	Number of samples	Number of oocytes Mean (Range)	Number of samples
0~4.9	3,156(1,215~ 5,054)	7	2,427	1
5.0~9.9	5,221(2,548~ 7,478)	9	6,468(4,267~ 7,837)	6
10.0~14.9	8,013(6,478~11,593)	4	9,404(5,939~11,397)	7
15~	12,109	1	11,298(9,768~13,892)	3

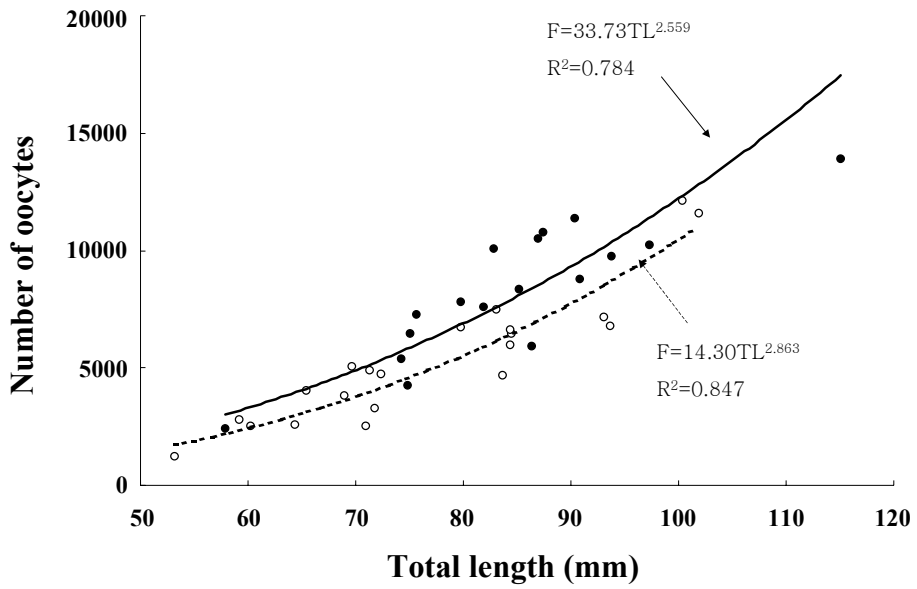


Fig. 10. Relationship between fecundity and total length of *T. obcuruse*. (○), brackish area; (●), tidal pool.

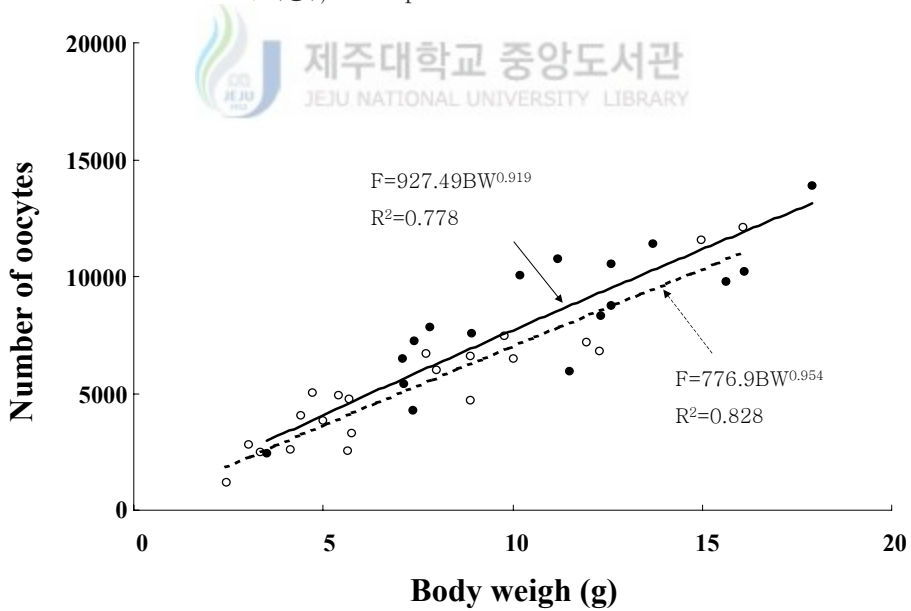


Fig. 11. Relationship between fecundity and body weigh of *T. obcuruse*. (○), brackish area; (●), tidal pool.



## 8. 월별 전장조성

채집된 개체들은 각 개체군의 혼재되어 있는 연령을 간접적으로 추정하기 위해 월별 전장 출현빈도를 조사한 결과, 산란시기를 기준으로 전반부에 출현하였으나 후반부에는 출현하지 않는 전장 111 mm 이상의 개체들을 다른 연령집단으로 구분하였다.

기수지역 개체군의 월별 전장조성은 암컷 41~130 mm, 수컷 47~135 mm로 암·수 각각 98.7%, 96.0%가 41~110 mm에 분포하였고, 나머지 암·수 각각 1.3%와 4.0%가 전장 111~135 mm에 분포하였다. 전장 111 mm 이상의 개체들은 성숙 및 산란시기인 4~9월 중 2004년 5~6월, 2005년 3~5월에 0~12.2%가 채집되었을 뿐, 조사기간 중 대부분의 개체들은 전장 41~110 mm의 범위에 분포하였다(Fig. 12).

조수웅덩이지역 개체군의 월별 전장조성은 암컷 46~139 mm, 수컷 55~149 mm로 암·수 각각 93.9%, 78.6%가 41~110 mm에 분포하였고, 나머지 암·수 각각 6.1%와 21.4%가 전장 111~135 mm에 분포하였다. 전장 111 mm 이상의 개체들은 성숙 및 산란시기인 3~8월 중 3월을 제외한 나머지 기간에 11.4~57.9%의 높은 출현빈도를 보였다(Fig. 13).

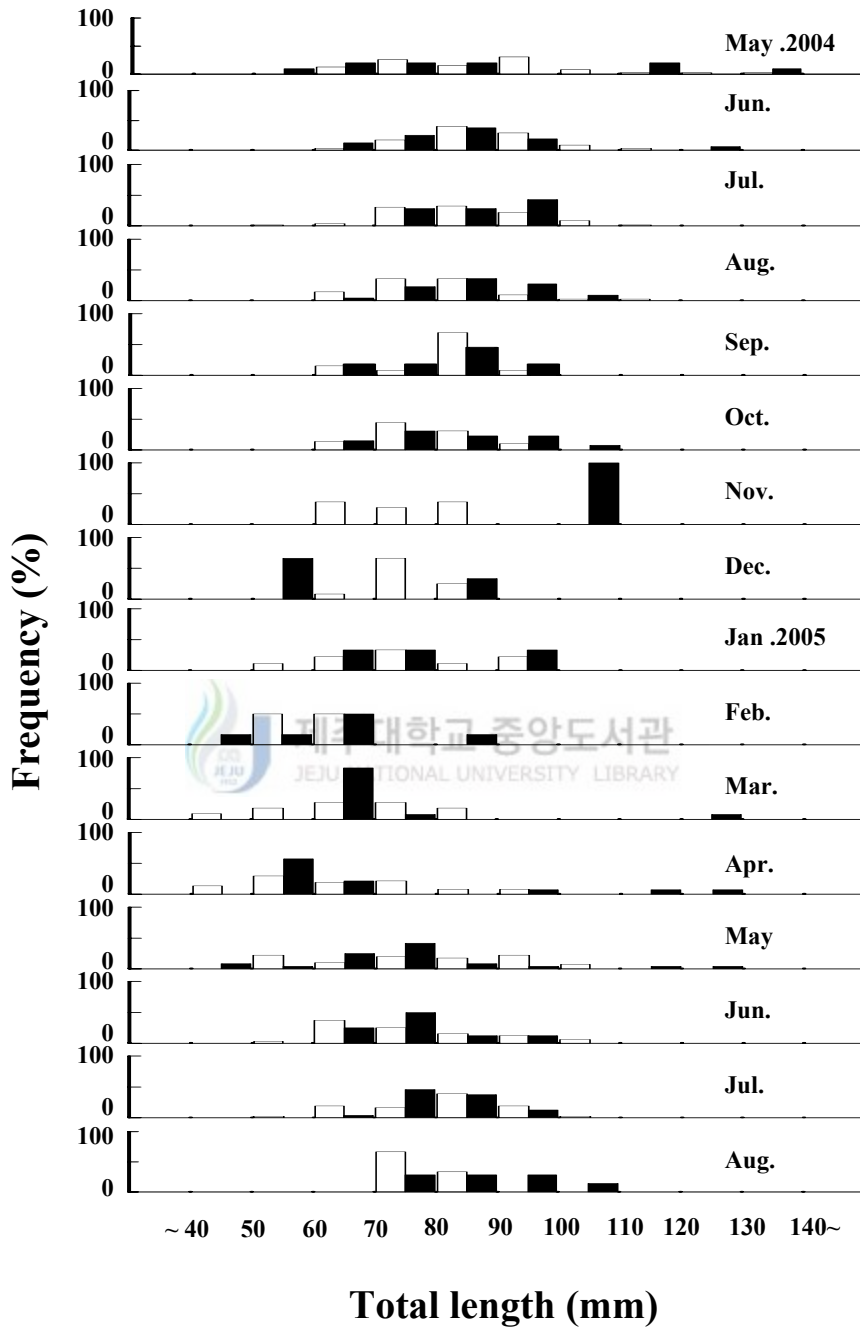


Fig. 12. Total length frequency distributions of females(□), males(■) in brackish area.

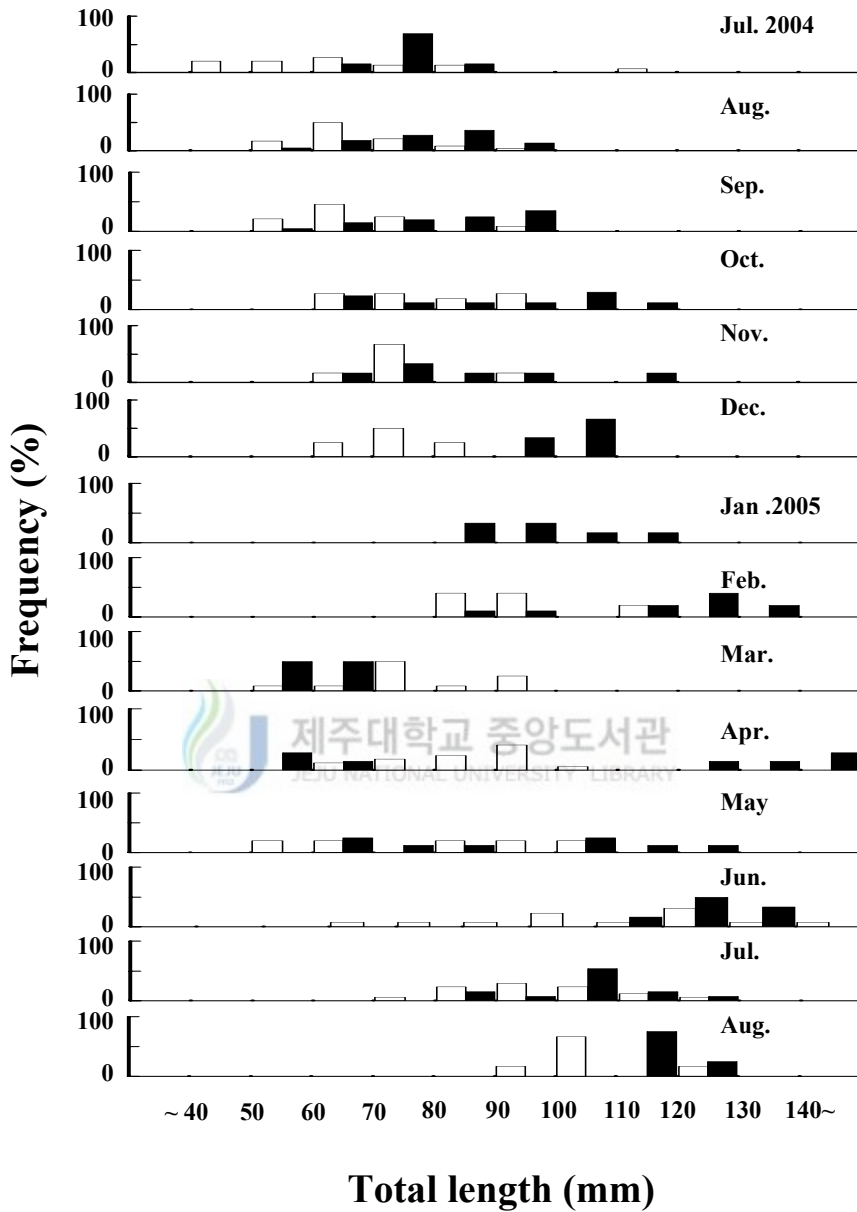


Fig. 13. Total length frequency distributions of females(□), males(■) in tidal pool.

## IV. 고찰

2004년 5월부터 2005년 8월까지 월별채집 및 주별채집을 하여 서식지에 따른 검정망둑, *T. obscurus*의 생식주기, 산란리듬, 포란수 그리고 월별전장분포를 비교·조사하였다.

검정망둑의 난소는 좌우 대칭형으로 한쌍이 부레를 사이에 두고 있는 형태로 복강 등쪽의 척추골을 따라 위치하고 있었다. 일반적으로 경골어류의 난소는 생식 수란관의 구조에 따라 나상형(gymnovarian condition)과 낭상형(cystovarian condition)으로 구분하며(Hoar, 1957), 낭상형은 다시 난소의 조직학적 특성에 따라 낭상형 I 과 낭상형 II로 구분된다(Takano, 1989). 검정망둑의 난소는 난소강이 난소의 가장자리에 형성되어있는 낭상형 II에 속한다. 경골어류의 정소는 조직학적 구조로 소엽형(Lobule type)과 세관형(tubule type)으로 구분한다(Billard *et al.*, 1982). 세관형의 정소를 가지는 어류로는 불볼락, *Sebastes thompsoni* (Lee *et al.*, 1998), 날개망둑, *Favonigobius gymnauchen* (Lee *et al.*, 2000), 별망둑, *Chasmichthys gulosus* (Kim *et al.*, 2004) 등이 있고 소엽형의 정소를 가지는 어류로는 자리돔, *Chromis notatus* (Lee and Lee, 1987)과 쏠종개, *Plotosus lineatus* (Heo, 2002) 등이 있다. 검정망둑 정소의 조직상은 엽상형으로 각각 분리되어있는 소엽형에 속한다.

일반적으로 전세계 담수와 기수역 그리고 연안등 광범위한 지역에 분포하고 있는 망둑어류는 전체 경골어류의 약 10%를 차지하고 있으며, 환경에 대한 적응력이 우수하지만, 대부분 계절적인 산란을 한다(Nelson, 1984). 일장과 수온은 이러한 산란시기의 생식활성을 제어하는 요인으로서 깊이 관여하고 있다(Miller, 1984; Caputo *et al.*, 2000). 검정망둑은 수온상승이 산란의 개시요인이며, 일장의 감소가 종료요인이라고 보고되고 있다(Kaneko and Hanyu, 1985). 이 연구에서 기수지역에 서식하는 검정망둑의 산란은 수온과 일장이 증가하는 5월부터 관찰되기 시작하여 수온과 일장이 감소하는 9월까지 지속되고 있었다. 그러나 조수웅덩이 지역에 서식하는 검정망둑은 수온이 증가하는 3월부터 산란개체가 관찰되었고 일장이 감소하는 8월에 퇴행하는 개체가 관찰되었다. 또한 2004년 7월 고수온시기에는 채집개체 중 90% 이상의 개체가 퇴행하고 있었다. 따라서 검정망둑의 생식소 발달은 서식처 환경변화와 일정한 관련이 있으며, 산란개시는 수온의

증가에 의해 결정되고 산란 종료시기는 고수온과 일장이 관여 된다고 생각되나 수온과 일장의 변화가 검정망둑의 생식소에 어떻게 작용하는지 앞으로 많은 연구가 이루어져야 될 것으로 사료된다.

경골어류의 난형성은 성중추(시상하부-뇌하수체-생식소)와 관련된 내분비계 호르몬의 분비 촉진 또는 억제에 의해 조절된다(Peter *et al.*, 1991). 그리고 성숙과 산란리듬은 광주기와 월주기에 따라 멜라토닌의 분비 활성이 일어나 GnRH와 GTH의 분비에 간접적인 작용을 한다(Nial *et al.*, 2001; Takemura *et al.*, 2004). 산란리듬 파악을 위해 산란시기동안 달주기(신월, 상현, 보름, 하현)에 따라 주별 채집한 결과, 관광을 목적으로 한 야간조명이 설치 운영되고 있는 기수지역에서는 모든 위상에서 산란한 개체가 관찰된 반면, 조명시설이 없는 조수웅덩이지역에서는 하현에만 산란한 개체들이 채집되었다. 따라서, 검정망둑의 산란은 달주기의 리듬과 관련이 깊다고 생각되며 두 지역의 차이는 조명시설에 의한 달주기 교란현상으로 추측된다.

망둑어류의 포란수는 종에 따라 다양하여 *Eviota lacrimae*는 100개 이하의 알을 포란하고(Sunobe and Nakazono, 1995), *Awaous guamensis*는 500,000 이상의 알을 포란하고 있으며(Ha and Kinzie, 1996), *Rhinogobius brunneus*는 151~2,209개(Song and Baek, 2005), *Acentrogobius pflaumi*는 3,618~9,733개의 알을 포란한다(Baek *et al.*, 2004). 또한 포란수는 체중과 전장이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보이고(Song and Baek, 2005), 같은 종이라도 서식처에 따라 포란하는 알의 수가 다르다(Bouchereau and Guelorget, 1997). 이 연구에서 기수지역보다 조수웅덩이지역에 서식하는 검정망둑이 더 많은 알을 포란하고 있었는데 ( $P<0.05$ ), 이는 서식처에 따른 검정망둑의 번식전략의 하나라 생각된다.

망둑어류는 수명과 산란횟수로 평생 한 번의 산란을 하고 사망하는 일회산란형(semelparity type)과 일생동안 2회 이상의 산란을 하는 다회산란형(iteroparity type)으로 구분하고 있다(Cole, 1954; Miller, 1979). 다회 산란형은 다시 한 산란기에 2회 이상의 산란을 한 후 사망하는 abbreviate 다회산란형과 산란기에 2회 이상의 산란을 하지 않지만 수명이 긴 prolonged 다회산란형으로 구분된다(Miller, 1989; Caputo *et al.*, 2000). 망둑어류의 산란 후 사망하는 원인을 Caputo 등(2000)은 빈번한 산란에 의한 생식소 조직의 괴사와 장상피의 박리현상을 통해, 높은 번식노력과 난 보호행동에 의한 아사를 원인으로 보고 있다. 한편, 망둑어류인 *Pseudogobius olorum*는 abbreviate 다회산란형이지만 고수온에 의해 산

란에 참가하지 못한 개체들은 다음 산란기까지 생존하여 산란한다고 보고되었다 (Gill *et al.*, 1996). Kaneko 등은(1986) 검정망둑은 한 산란시기에 다회산란을 하며 대부분이 한 번의 산란기를 보낸 후 사망한다고 보고하였다. 이 연구에서 생식소의 피사는 주 산란시기부터 관찰되기 시작하였다. 그리고 기수역 개체군의 전장이 산란시기 이후부터 감소한 반면, 조수웅덩이지역의 검정망둑은 전장 111mm 이상의 개체들이 2004년에 비해 11.4~57.9%의 높은 출현빈도를 보였다. 이러한 결과들로 보아 검정망둑은 abbreviate 다회산란형으로 산란기를 거친 대부분의 개체들은 높은 번식노력에 의해 사망한다고 생각된다. 그리고 조수웅덩이 지역의 전장차이는 2004년 7, 8월에 고수온의 영향으로 산란에 참가하지 못한 개체들이 이듬해의 산란기까지 생존하여 산란에 참가했기 때문이라 추정된다.

이상의 결과를 종합해 보면, 검정망둑의 산란은 외부환경요인들과 밀접하게 연관되어 산란시기의 개시와 종료의 신호로서 수온의 증가와 일장의 감소 또는 고수온이 작용한다고 생각되고 산란시기의 산란리듬은 달주기와 관련이 있다고 생각된다. 또한 고수온등의 환경요인의 변화에 의해 생식소발달이 억제되면, 다음의 산란시기까지 생존하여 산란에 참여한다고 생각되나, 연령형질에 의한 정확한 연령사정과 사육실험이 이루어지지 않아 이를 명확히 규명하기 위해서는 야외조사와 실험실내 사육실험을 병행하는 연구가 필요하다고 사료된다.

## V. 요약

이 연구는 서식처에 따른 검정망둑 *Tridentiger obscurus*의 생식주기와 산란리듬을 비교하기 위해 기수지역에서 2004년 5월부터 2005년 8월까지 683마리, 조수웅덩이지역에서 2004년 7월부터 2005년 8월까지 348마리를 채집하였다. 기수지역의 수온은 11.0~21.6℃이었다. 조수웅덩이지역의 수온은 2004년 7~8월에 30.1~29.2℃의 범위였으나, 2005년의 수온변화는 기수지역과 유사하여 11.1~24.5℃로 조사되었다. 기수지역 암컷의 GSI는 수온과 일장이 상승하는 시기에 증가하여 두해 모두 5~8월에 6.59±0.75이상의 높은 값을 유지하였고 수온과 일장이 하강하는 시기에 감소하였다. 조수웅덩이지역 암컷의 GSI 역시 유사한 경향을 보여 4~7월에 6.92±0.79이상의 높은 값을 유지하였으나, 2004년 7월 고수온(30.1℃) 시기에는 1.67±0.53으로 낮은 값을 보였다. 기수지역 검정망둑의 생식주기는 미성숙기(11~3월), 성숙기(3~5월), 완숙 및 산란기(5~8월), 퇴행기(8~11월)로 조사되었다. 그리고 조수웅덩이지역 검정망둑의 생식주기는 미성숙기(9~2월), 성숙기(3월), 완숙 및 산란기(3~7월), 퇴행기(7~8월)로 조사되었다. 달주기에 따른 산란리듬을 조사한 결과, 야간조명 시설이 있는 기수지역의 검정망둑은 암컷 GSI변화나 산란이 달주기와 관련이 없었으나 조수웅덩이지역의 검정망둑은 암컷 GSI가 보름과 하현사이에 감소하는 경향이 있었고 산란한 개체가 하현시기에만 관찰되었다. 기수지역과 조수웅덩이 지역의 포란수는 각각 1,214~12,109와 2,427~13,892의 범위였고 포란수는 조수웅덩이지역이 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 조수웅덩이지역에서는 2004년 10월 이후부터 지속적으로 관찰되었다. 그리고 기수지역과 조수웅덩이지역에서 이러한 개체들의 출현빈도는 각각 0~12%와 11.4~57.9%이었다. 이들 결과로 보아, 검정망둑의 난소 발달은 수온 및 일장의 변화와 밀접한 관련이 있고 산란리듬은 달주기에 영향을 받는다고 생각된다.

## VI. 참고문헌

- Baeck 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.
- Billard, R., A. Fostier, C. Weil and B. Breton. 1982. Endocrine control of spermatogenesis in teleost fish. Can. J. Fish. Aquaculture Sci., 39: 65-79.
- 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.
- Breitburg, 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.
- Fujita T., W. Hamaura, A. Takemura and K. Takano. 1997. Histological observations of annual reproductive cycle and tidal spawning rhythm in the female porcupine fish diodon holocanthus. Fisheries Sci., 63(5): 715-720.
- Gibson, R.N. 1992. Tidally-synchronized behaviour in marine fishes. In: Rhythms in Fishes (ed. M.A. Ali). Pleunm press, New York, pp. 63-81.
- 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.
- Harahap A.P., A. Takemura, S. Nakamura, M.S. Rahman and K. Takano. 2001. Histological evidence of lunar-synchronized ovarian development



- and spawning in the spiny rabbitfish *Siganus spinus* (Linnaeus) around the Ryukyus. Fisheries Sci., 67: 888-893.
- Heo, S.I. 2002. Studies on the reproductive cycle of the stripe-eel catfish, *Plotosus lineatus*(Thunberg). MS. Thesis, Cheju Nat ' l. Univ., 27pp. (in Korean)
- Hoar, W.S. 1957. The gonad and reproduction. In: Brown, M. E. (ed.), The physiology of fishes. Academic press. New York, pp. 287-321.
- Hoque M.M., A. Takemura, M. Matsuyama, S. Matuura and K. Takano. 1999. Lunar spawning in *Siganus canaliculatus*. J Fish Biol., 55: 1213-1222.
- 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, 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.
- Leatherland, J.F., K.J. Farbridge and T. Boujard. 1992. Lunar and semi-lunar rhythms in fish. In: Rhythms in Fishes (ed. M.A. Ali). Pleunm Press, New York, pp. 83-107.
- Lee, J.S., C.H. An and S.H. Huh. 1998. Reproductive cycle of the rockfish, *Sebastes thompsoni* (Teleostei: Scorpaenidae). J. Korean Fish. Soc., 31(1): 8-16. (in Korean)
- 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.D. and T.Y. Lee. 1987. Studies on the reproductive cycle of damselfish, *Chromis notatus*. Bull. Korean Fish. Soc., 20: 506-519. (in Korean)
- Lee Y.D., S.H. Park, A. Takemura and K. Takano. 2002. Histological observations of seasonal reproductive and lunar-related spawning cycles in the female honeycomb grouper *Epinephelus merra* in Okinawan waters. Fisheries Sci., 68: 872-887.
- 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 Fish Reproduction: Strategies and Tactics (Potts, G. W. and Wootton, R. J., eds), pp. 118-153 London: Academic Press.
- Miller, P.J. 1989. The tokology of gobioid fishes. In Fish Reproduction: strategies and Tactice (Potts, G.W. and R.J. Wootton, eds). Academic press., New York, pp. 118-153.
- Nelson, J.S. 1984. Fishes of the World (2nd). John Wiley & Sons. 523 pp.
- Peter, R.E., V.L. Trudeau and B.D. Soley. 1991. Brain regulation of reproduction in teleost. Bull. Inst. Zool., Academia Sinsca, Monograph, 16: 89-118.
- Rahman M.S., A. Takemura and K. Takano. 2000. Lunar synchronization of testicular development and plasma steroid hormone profiles in the golden rabbitfish. J Fish Biol., 57: 1065-1074.
- 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.
- Takemura, A., E. Sri Susilo, M.D. Saydur Rahman and M. Morita. 2004.

Perception and possible utilization of moonlight intensity for reproductive activities in a lunar-synchronized spawner, the golden rabbitfish. J. experimental zool., 301A: 844-851.

Takano, K. 1989. Oogenesis and structure of ovary, in "Monographs on aquaculture science vol. 4, Reproductive biology of fish and shellfish: (ed, by Takeshima and Hanyu), Tokyo, pp. 3-34.



## 감사의 글

인연이라는 끈을 맺어온 모든 분들에게 감사드립니다. 어느덧 6년이라는 대학에서의 시간이 지나 새로운 삶을 향해 있는 지금 오늘의 저를 있게 하고 저와 호흡을 같이 한 분들이 있었기에 저는 행복했습니다.

항상 아낌없는 깨우침을 주신 이영돈 교수님께 진심으로 감사의 마음을 전합니다. 교수님 감사합니다. 그리고 바쁘신 와중에도 논문의 수정과 조언을 해주신 최광식 교수님과 이경준 교수님께 감사드립니다. 또한 대학에서의 학문적 성취를 위해 아낌없는 지도와 관심을 보여주신 노섭 교수님, 정상철 교수님, 이기완 교수님, 김기영 교수님께 머리 숙여 감사드립니다.

그동안 발생생물학실험실이라는 울타리 안에서 동거동락을 함께한 많은 선배 후배님들에게도 고마움과 사랑을 전합니다. 언제나 당근과 채찍으로 나를 구워삶아준 영보형, 봉수형, 치훈형, 창범형, 한준형에게 감사드립니다. 모든 자료정리와 실험을 도와준 사랑스런 우리 후배님들, 성표, 용운, 권우, 민우, 태진, 현주야 고맙다. 그리고 어깨가 처져있을 때, 항상 '할 수 있다'는 용기를 심어주신 병호형을 비롯한 모든 해성회의 선배님들께 감사함을 전합니다. 실험을 하는 동안 실험시설 및 시험기기를 이용하는데 도움을 준 제주대학교 해양과환경연구소의 변수철 선생님을 비롯한 여러 선생님께 감사함을 전합니다.

끝으로, 이 순간까지도 항상 말없이 못난 저를 믿어주신 아버님, 어머님과 형, 누나, 동생에게 가슴 깊은 감사의 마음을 전하고 싶습니다. 감사합니다. 아버님 감사합니다, 어머님. 지금의 저로 성장하기까지 지켜봐 주시고 돌보아 주신 모든 분들께 진심으로 감사드리며 작지만 소중한 이 결실을 바칩니다.

2005년 12월 진 영 석