

# 서해 중부 해역에 출현하는 미끈망둑, *Luciogobius guttatus* (Gobiidae)의 생식생태와 개체군 동태

김병기 · 김지혜 · 한경남\*

인하대학교 자연과학대학 해양학과

**Reproductive Biology and Population Dynamics of *Luciogobius guttatus* (Pisces: Gobiidae) in the Southwestern of Korea by Byung Gi Kim, Ji Hye Kim and Kyung Nam Han\*** (Department of Ocean Sciences, College of Natural Sciences, Inha University, Incheon 22212, Korea)

**ABSTRACT** Reproductive biology and population dynamics of *Luciogobius guttatus* were investigated. Higher gonadosomatic index (GSI) was observed from March~May. The fecundity ranged from 241 eggs at 3.1~4.0 cm (SL) to 716 eggs at 5.1~5.7 cm (SL). The relationship between length (SL) and fecundity (F) was  $F = 11.242SL^{2.464}$  ( $R^2 = 0.65$ ) and fecundity increased with length. We estimated the SL at 50% group maturity as 2.6 cm. The spawning period was March~May. The von Bertalanffy growth function (VBGF) estimates were:  $L_{\infty} = 63.00$  mm TL;  $K = 0.85$  yr<sup>-1</sup>. The structure of recruitment pattern obtained by the FiSAT II program indicated one normally distributed group. The growth performance index ( $\phi$ ) was calculated with 3.53. Natural mortality rate (M) was 1.00 yr<sup>-1</sup>.

**Key words:** *Luciogobius guttatus*, maturity, spawning, growth, recruitment

## 서 론

망둑어과(Gobiidae)는 어류 중 가장 많은 종인 2천여 종이 알려져 있으며, 온대와 열대 해역에 많고 다양한 생태를 가지고 있다(Myoung *et al.*, 2002). 생물적 구성 요소로서 연안 생태계 내에서 생태적 지위를 가지며, 이들의 서식처는 해양 생물 먹이 사슬의 중요한 자원이다(Choi, 2011). 망둑어과의 미끈망둑(*Luciogobius guttatus*)은 울릉도와 제주도를 포함하여 동해안과 남해안 및 서해안의 연안 및 기수역에 서식하며, 일본과 연해주 등에 분포한다(Kim, 1997). 긴 몸과 유연성으로 자갈 사이를 파고들어 은신할 수 있는 능력이 뛰어난 간극(interstitial)동물이며(Yamada *et al.*, 2009), Flathead goby 또는 worm-like goby로 알려져 있다(Hashimoto *et al.*, 2014). 국내에서 미끈망둑의 생식생태에 관련하여 Chyung (1977)은 포란수 및 산란수, 부화에서 3년까지 성장에 관하여 보고하였다. Kim *et al.* (1992)은 미끈망둑의 산란습성과 초기생활사 및 성

장을 보고하였다. 미끈망둑은 조간대에 서식하여 쉽게 포획이 가능하고, 분포 범위가 넓어 전국에서 발견하기 쉬우며, 많은 개체수가 서식한다. 본 연구는 우리나라 서해중부에 서식하는 미끈망둑의 생식소 속도지수와 산란시기, 성비, 포란수, 군성 속도 등을 파악하고, 개체군의 구조, 성장, 가입유형, 사망 등과 같은 개체군 동태를 구명하고자 하였다.

## 재료 및 방법

미끈망둑의 채집기간은 2008년 12월부터 2011년 1월까지였고, 인천 영종도의 조간대에서 매월 1회 실시하였다(Fig. 1). 동계인 12월, 1월 그리고 2월에는 3년 모두 시료가 채집되지 않았다. 생식생태는 2010년 매월 채집된 시료를 분석하였고, 개체군 동태는 2009년 매월 채집된 시료를 분석하였다. 분석은 5% 중성 포르말린으로 고정하여 연구실에 운반 후 실시하였다. 체장(standard length, SL)은 vernier caliper (1/20 mm)를 사용하여 측정하였고, 생체량(습중량, gWWt)과 적출한 간, 생식소 등은 전자저울을 이용하여 0.0001 g까지 측정하였다.

\*Corresponding author: Kyung Nam Han Tel: 82-32-860-7709, Fax: 82-55-862-5236, E-mail: knhan@inha.ac.kr

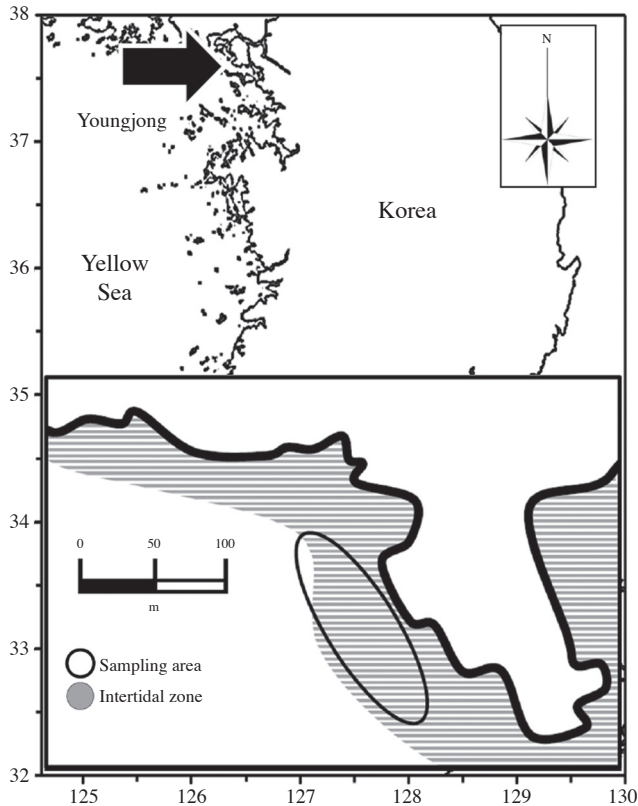


Fig. 1. Location of the sampling site on the Youngjong, Korea.

산란기를 추정하기 위하여 생식소중량지수 (gonadosomatic index: GSI), 간중량지수 (hepatosomatic index: HIS), 비만도 (condition factor: CF)를 다음의 식으로 구하였다.

$$GSI = \frac{GW(g)}{BW(g)} \times 10^2 \quad (GW : \text{생식소 중량}, BW : \text{체중})$$

$$HIS = \frac{LW(g)}{BW(g)} \times 10^2 \quad (LW : \text{간 중량}, BW : \text{체중})$$

$$CF = \frac{BW(g)}{SL(cm)^3} \times 10^3 \quad (BW : \text{체중}, SL : \text{체장})$$

여기서 GW는 생식소 중량(gonad weight), BW는 체중(body weight), LW는 간 중량(liver weight)이다. 속도는 육안관찰로 생식소의 크기, 색조, 난의 투명상태, 난경의 크기 등을 기준으로 미숙(immature), 성숙(mature), 방란후(Spent)의 3단계로 구분하였다(Hyung *et al.*, 2009). 난의 직경은 0.1 mm 단위까지 해부현미경 하에서 측정하였고, 포란수는 각 개체의 난소를 분리하여 계수하였으며, 전장별, 체중별 포란수를 측정하여 생식 잠재력을 파악하였다. 채집된 개체 중 성별 구분 가능한 개체를 대상으로 성비조사를 실시하였고, 암·수 간 성비 차이는 chi-square test를 통하여 유의성을 검증하였다( $\chi^2$ -test). 산란기 동안 난경 0.2 mm 이상의 난을 가진 암컷을 성숙 대상 개체로 판단하였다. 군성숙도(group maturity)는 체장 10 mm 간격으로 산정하였으며, 산란시기 동안 체장별 성숙개체의 비율로 logistic regression의 방법으로 추정하였다(King, 2007).

$$P = \frac{1}{1 + e^{-r(SL - SL_{50})}}$$

미끈망둑의 개체군 동태 분석은 전장 (total length, TL)을 이용하였다. 개체군 동태의 여러 구성은 Oh and Choi (2003)를 참고하였다. 연령군은 전장 빈도 분포로 FiSAT II 프로그램의 modal progression analysis (MPA)를 이용하여 간접적으로 연급군(cohort)을 추정하였고, 월별 전장 빈도분포를 통합하여 bhattacharyas's Method (Bhattachaya, 1967)로 분리하고, 이 값을 바탕으로 NORMSP (Mathews, 1974)를 이용하여 정규분포곡선을 추정하였다. 미끈망둑은 1년 1회의 짧은 산란기를 가지며, 성장이 빠르고 수명이 비교적 짧아 연령의 추정에는 Petersen method (Bagenal and Tesch, 1978)를 함께 이용하여 추정하였다. 미끈망둑의 성장식은 von Bertalanffy 성장식 (Bertalanffy, 1938)을 이용하여 추정하였다. 동계에 전 기간에 걸쳐 미끈망둑이 출현하지 않아 Pauly and Gaschütz (1979) 방법에서 C (seasonal oscillation)와 WP (wintering point), ts (WP-0.5)는 제외하였다. 성장식은 다음과 같다.

$$L_t = L_{\infty}(1 - e^{-k(t-t_0)})$$

여기서  $t$ : 연령,  $L_t$ : 연령  $t$ 세의 길이,  $L_{\infty}$ : 이론적 최대 길이,  $K$ : 성장계수,  $t_0$ : 길이가 0일 때의 가상적 연령이다. 성장 매개변수( $L_{\infty}, K$ )는 전장 빈도분포 자료를 토대로 FiSAT II (FAO-ICLARM stock assessment tools II, Version 1.2.2) 프로그램의 ELEFAN I 비모수 추정방법 (non-parametric method)을 이용하여 추정하였다(Gayanilo *et al.*, 1997). ELEFAN에서  $t_0$ 는 전장 빈도 자료만으로 추정할 수 없어 다음의 식을 이용하였다 (Lopes veiga, 1979).

$$t_0 = \frac{1}{K} \ln \frac{L_{\infty} - L_h}{L_{\infty}}$$

여기에서  $L_h$ 는 부화시기의 크기를 의미하며, Kim *et al.* (1992)의 자료를 이용하여 3.9 mm로 사용하였다. 성장곡선은 추정된 성장계수와 전장 빈도분포 자료를 토대로 FiSAT II 프로그램의 ELEFAN routine을 이용하여 추정하였다. 성장매개변수 추정치에 대한 판단 기초값(Rn)을 구하였다. 성장에 대한 정확한 비교를 하기 위해서는  $L_{\infty}$ 와  $K$ 를 각각 비교하는 것보다 성장 비교지수 (growth performances index,  $\phi'$ )를 이용하는 것이 바람직하며 (Pauly and Munro, 1984), 성장비교지수인  $\phi'$ 는 다음의 식을 이용하여 구하였다.

$$\phi' = 2\log_{10}L_{\infty} + \log_{10}K$$

가입유형 (recruitment pattern)은 von Bertalanffy 성장식과 성장 매개변수를 이용하여 추정하고, 월별 전장 빈도 분포도에서 연급군 모드의 최소 평균 전장 그룹의 출현시기와 연

관시켜 해석하였다. 가입형태에 대한 정규분포는 FiSAT II Version 1.2.2 프로그램의 NORMSEP (Hasselblad, 1966)을 이용하여 결정하였다. 최대수명 (maximum longevity)은 성장 매개변수 중 성장계수  $K$ 와 체장이 0일 때의 연령 ( $t_0$ )을 이용하여 Taylor (1958)의 식을 이용하였다. Pauly (1980)가 제시한 방법에 따라 자연사망계수 (natural mortality,  $M$ )를 계산하였으며, 적용한 수온 ( $T$ )은 채집 지역의 연안에서 채집 기간 평균 수온인 15.9°C를 대입하였다.

$$\log(M) = -0.0066 - 0.279\log(L_\infty) + 0.6543\log(k) + 0.4634\log(T)$$

## 결 과

### 1. 생식소중량지수 (GSI), 간중량지수 (HIS)와 비만도지수 (CF)

미끈망둑의 난소와 정소는 척추골 하부의 복강에 위치하였다. 생식소는 좌우 1쌍의 낭상형 (cystovarian type)으로 생식공에서부터 좌우의 난소가 합쳐져 있었다. 난소는 포르말린 고정 하에서 노란색을 띠며, 산란기 후의 난소 내 난은 투명하였다. 정소는 반투명한 백색이었다. 미끈망둑의 GSI값과 HIS값, CF값을 분석하였다 (Fig. 2). 암컷의 GSI값은 3월에는 평균  $3.12 \pm 0.49$ , 4월에는 평균  $9.09 \pm 1.66$ 으로 증가하였으며, 5월에는 가장 높은 평균  $11.44 \pm 2.77$ 을 나타내었다. 그 후 급격히 감소하여 6월에는 평균  $0.26 \pm 0.07$ 이었고, 7월에는 가장 낮은 평균  $0.23 \pm 0.02$ , 8월에는 평균  $0.27 \pm 0.03$ , 9월에는 평균  $0.38 \pm 0.07$ , 10월  $0.54 \pm 0.31$ , 11월  $0.95 \pm 0.05$ 를 나타내었다. HIS값은 암컷은 성숙 및 산란기에 해당하는 11월부터 6월까지 평균  $3.36 \pm 0.41 \sim 3.84 \pm 0.23$ 의 범위를 보였으며, 산란기가 끝난 후인 7월부터 10월까지 평균  $6.67 \pm 0.26 \sim 7.95$ 의 범위를 나타내었다. 수컷은  $2.32 \pm 0.34 \sim 11.76 \pm 7.67$ 의 범위를 보였으며, 3월이 평균  $11.76 \pm 7.67$ 로 가장 높았고, 4월이  $2.32 \pm 0.34$ 로 가장 낮아 암컷에 비하여 불규칙한 양상을 나타내었다. CF값은 암컷은 평균  $6.74 \pm 0.27 \sim 9.55 \pm 0.22$ 의 범위를 보였으며, 9월이 가장 높은 평균  $9.55 \pm 0.22$ 이었고, 3월이 가장 낮은 평균  $6.74 \pm 0.27$ 이었다. 수컷은  $6.80 \pm 0.59 \sim 10.9$ 의 범위를 보였으며, 11월이 평균 10.9로 가장 높았고, 3월이  $6.80 \pm 0.59$ 로 가장 낮았다.

### 2. 난경, 포란수

미끈망둑의 난은 성숙기인 3월부터 5월까지 암컷을 대상으로 난소 내 난의 크기별 조성 변화를 조사하였다. 미끈망둑이 조건대에 최초 출현한 3월에는 0.10~0.55 mm, 평균  $0.33 \pm 0.10$  mm가 주된 mode를 형성하였다. 4월에는 0.35~0.70 mm, 평균  $0.57 \pm 0.10$  mm의 주된 mode를 이루며 발달하였고, 5월에는 0.40~0.70 mm, 평균  $0.55 \pm 0.09$  mm의 주된 mode

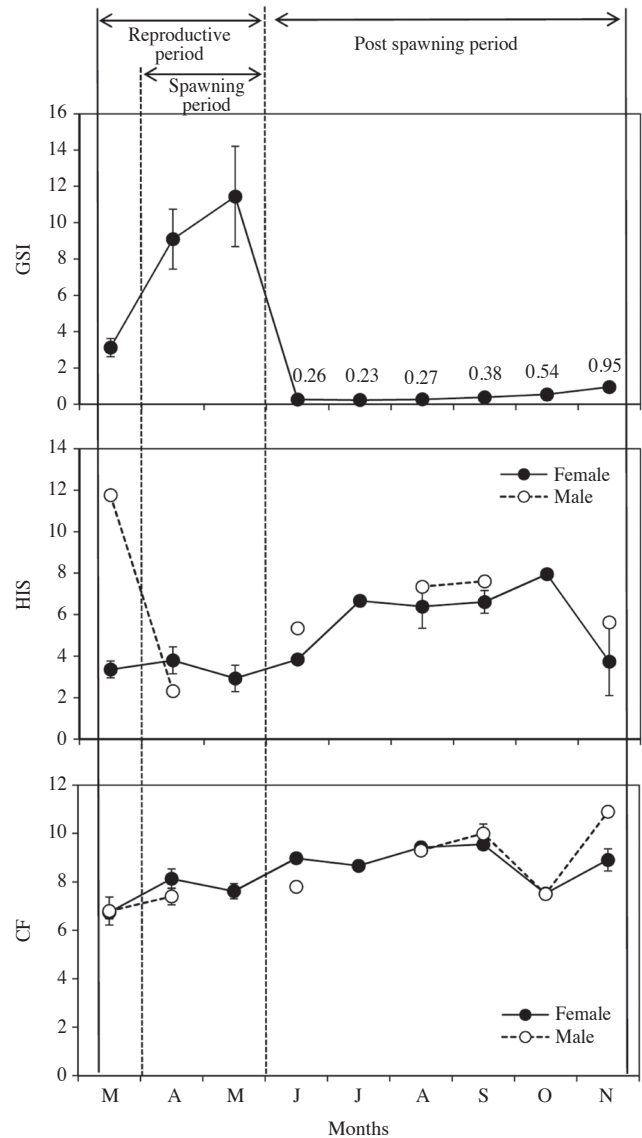


Fig. 2. Monthly change of gonadosomatic index (GSI), hepatosomatic index (HSI) and condition factor (CF) for *Luciogobius guttatus*.

를 형성하였다. 한편 6월에는 난소 내 주된 난경 mode를 형성하였던 평균 난경 0.57 mm 전후의 성숙란들이 사라지고, 0.015~0.019 mm, 평균  $0.017 \pm 0.002$  mm의 주된 mode 난모세 포들만이 관찰되었다.

난소 내 난의 크기별 조성 변화와 암컷의 체장 및 체중에 따른 포란수를 조사하였다. 미끈망둑의 개체당 포란수는 188~885개 범위를 나타내었으며, 평균 포란수는 492개였다. 체장별 포란수는 SL 3.1~4.0 mm의 개체들에서 평균 241개의 범위를 보였고, SL 4.1~4.5 mm의 개체들에서 449개, SL 4.6~5.0 mm의 개체들에서 평균 547개, SL 5.1~5.7 mm의 개체들에서 평균 716개의 범위를 보였다. 미끈망둑의 체장에 따른 포란수의 관계식은  $F = 11.242SL^{2.464}$  ( $R^2 = 0.65$ )로 나타났

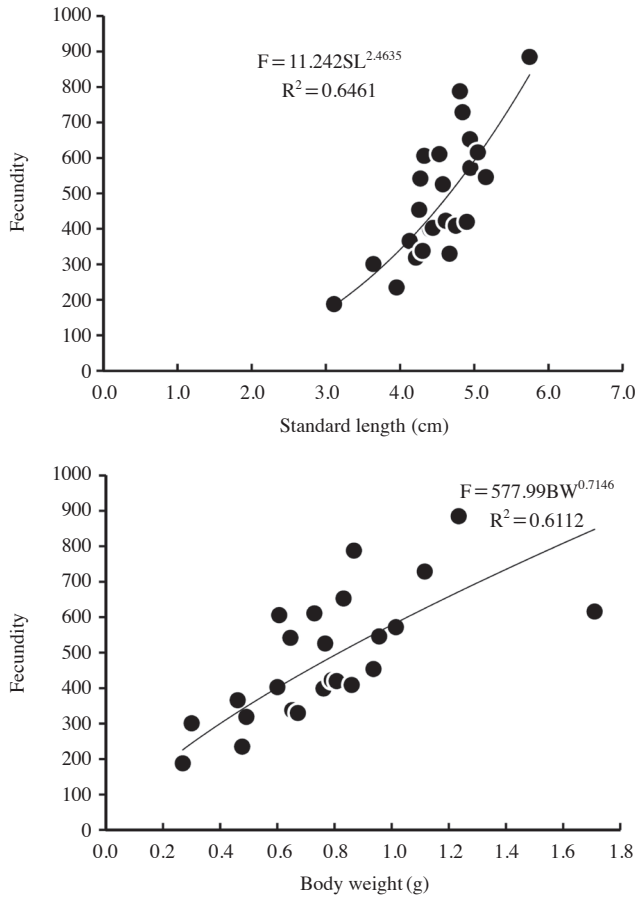


Fig. 3. Relationship between fecundity and fish body of *Luciogobius guttatus*.

다 (Fig. 3).

체중별 포란수는 0.3~0.5 g의 개체들에서 평균 282개로 나타났고, 0.6~0.8 g의 개체들에서 평균 447개, 0.9~1.0 g의 개체들에서 평균 554개, 1.1~1.7 g에서 평균 743개로 나타났다. 체중에 따른 포란수의 관계식은  $F = 577.99BW^{0.715}$  ( $R^2 = 0.61$ )로 나타났다. 조수웅덩이에서 산란하여 수컷의 보호를 받던 난을 2회 (2009년 5월, 2010년 5월) 발견하여 1회 계수하였고, 1개체가 보호하던 난은 882개였다.

### 3. 성비, 군성숙도

해부를 통하여 암·수 구분이 명확한 개체만을 선정하여 미끈망둑의 성비(♂:♀)를 구하였다. 조사기간 동안 암·수의 성비는 51:49 (1:0.97)로 암컷과 수컷간의 비율 차이를 검증한 결과 유의한 차이가 없었다 ( $p > 0.05$ ). 산란기에 성숙란을 포란한 암컷의 표준체장을 파악하기 위해 포란시기인 3~5월의 암컷을 체장별로 나누어 나타내었다. 포란한 암컷 개체의 체장 범위는 평균  $40.8 \pm 8.1$  mm로 나타났다. 최소 성숙 체

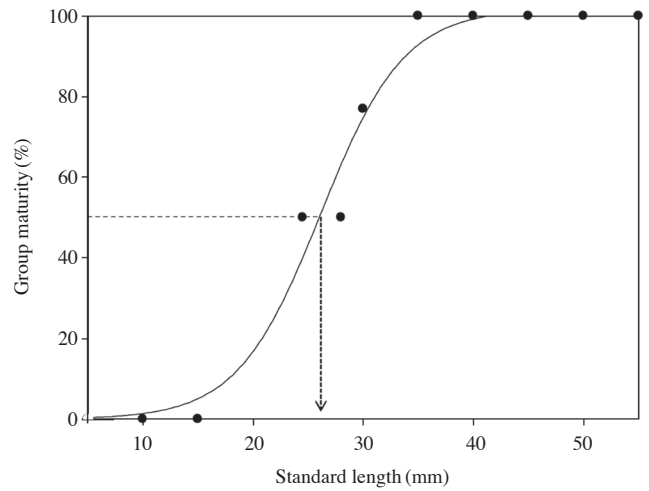


Fig. 4. A logistic relationship between standard length and maturation rate for *Luciogobius guttatus* during spawning.

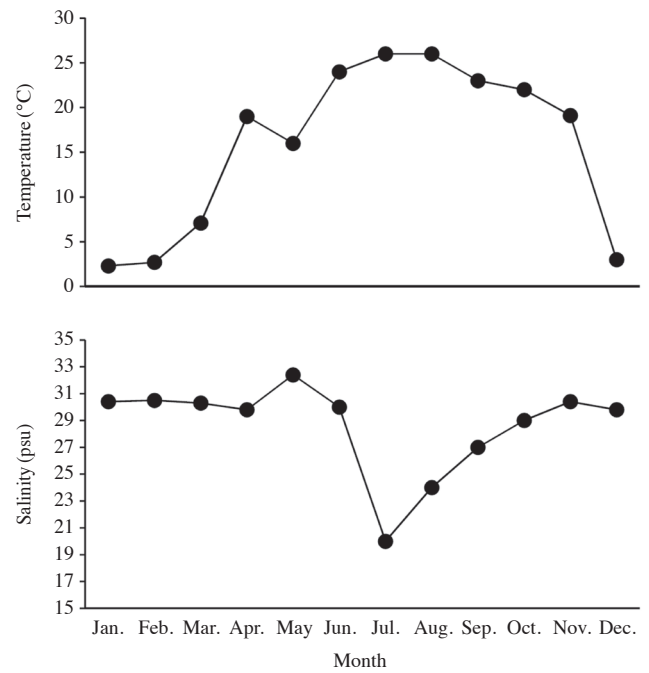


Fig. 5. Monthly variation in water temperature and salinity.

장은 24.5 mm, 최대 체장은 57.5 mm로 나타났다. 체장에 대한 생체량(습중량, gWWt)의 관계식은  $BW = 0.0048SL^{3.322}$  ( $R^2 = 0.94$ )로 나타났다.

미끈망둑의 성숙 가능한 체장을 알아보기 위하여 육안 관찰로 중숙상태 이상의 개체에 대한 출현율을 조사하였다 (Fig. 4). 체장 20 mm 체장군에서 성숙이 시작되어, 25 mm 체장군에서 50%, 30 mm 체장군에서 77%, 35 mm 체장군 이상에서는 100%가 성숙하는 것으로 나타났다. logistic equation을 통한

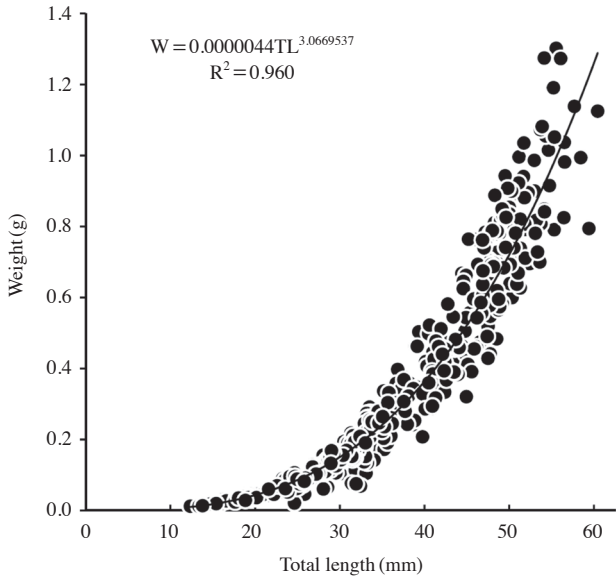


Fig. 6. Relation between total length (TL) and weight (W) of *Luciogobius guttatus*.

여 50% 군성숙체장을 추정한 결과 26 mm로 나타났다.

#### 4. 성장과 가입, 사망

전장과 생체량 사이의 관계식은  $W = 0.0000044TL^{3.067}$  ( $R^2 = 0.960$ )로 나타났다. 전장과 생체량의 관계에서 결정 계수값은 높은 상관관계를 보였으며, 회귀계수  $b$ 값이 3.0 이상으로 나타나 양호한 값을 보였다(Fig. 6). 미끈망둑의 전장 조성을 분석한 결과 전장 범위는 12.4~60.4 mm였다. 2009년 6월에 12.4 mm로 가장 작은 개체가 출현하였으며, 2009년 8월에 60.4 mm로 가장 큰 개체가 출현하였다. FiSAT program의 ELEFAN I을 이용하여 모드 진행양상을 살펴보았다(Fig. 7). 성장 매개 변수를 추정한 결과 von Bertalanffy 이론적인 최대 전장( $L_\infty$ )은 63.00 mm, 성장계수( $K$ )는  $0.85/yr^{-1}$ , 전장이 0일 때의 가상적 연령( $t_0$ )은  $-1.36/yr$ 이었다(Fig. 8).  $Rn$ 값은 0.407, 성장비교지수( $\phi$ )는 3.53으로 추정되었다(Table 1). ELEFAN에 의해 추정된 가입유형은 한 개의 정규분포 그룹으로 나타났다(Fig. 9). 가입의 대부분은 전기와 중기에 이루어지는 것으로 나타났는데, 연안의 미끈망둑이 수온의 상승과 함께 조건대로 가입하는 시기와 부화 후 부유시기를 마친 유어가 조건대로 가입하는 시기였다. 미끈망둑의 가입과 이동은 수온과 가장 밀접한 관계를 나타내었다. 2009년 1월부터 2009년 12월까지 수온과 염분을 보면, 수온은 1월이  $2.3^\circ C$ 로 연중 가장 낮았으며, 7월과 8월이  $26.0^\circ C$ 로 가장 높았고, 평균 수온은  $15.9^\circ C$ 였다. 염분은 7월이 20.0 ppt로 가장 낮았고, 5월이 32.4 ppt로 가장 높았다. 평균 염분은 28.6 ppt였다(Fig. 5).

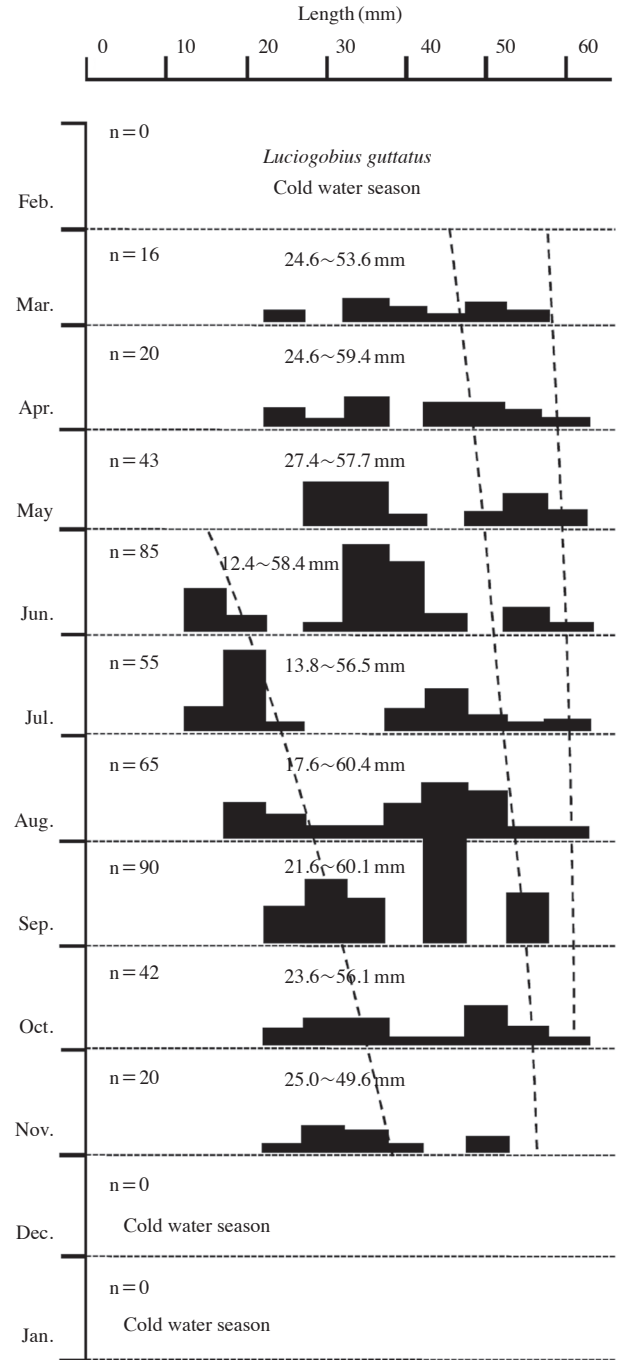


Fig. 7. Length-frequency distribution with growth curves superimposed using ELEFAN I for *Luciogobius guttatus*.

자연사망계수( $M$ )는  $1.00 yr^{-1}$ , 생산률( $S$ )은  $0.13/yr$ 로 추정되었다. 수명은 약 2년으로 나타났고, 2년생(만 3년생)에 사망하는 것으로 추정된다. 월 빈도분포와 총 빈도분포를 이용하여 bhattacharya's Method로 추정된 결과 평균 3개의 정규분포곡선으로 분리되었다. ELEFAN I 모드를 참고하여 그룹들



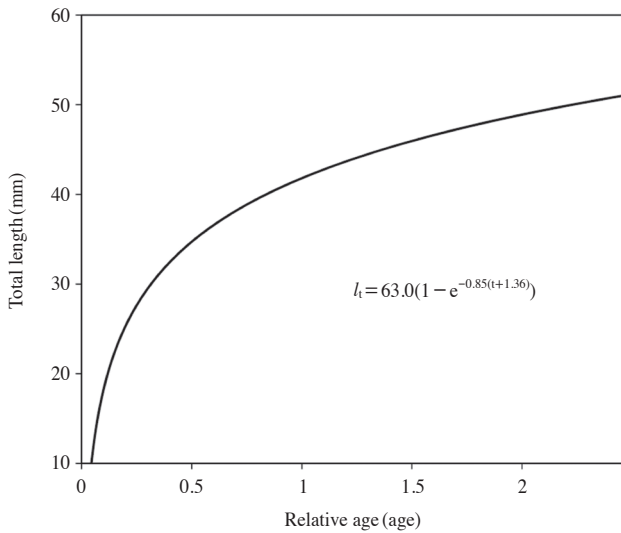


Fig. 8. von Bertalanffy growth curve of *Luciogobius guttatus* from study area.

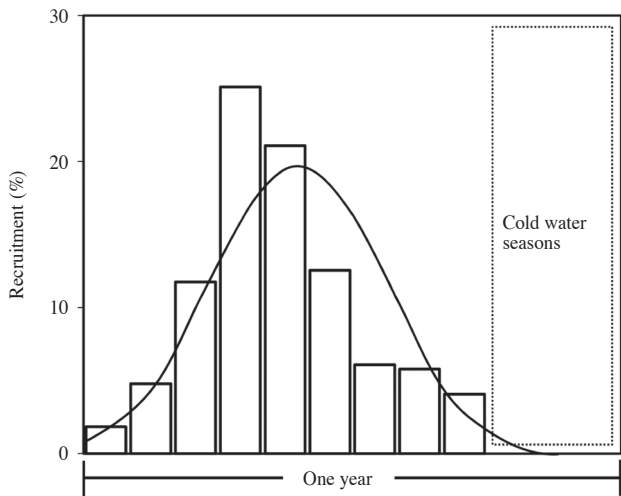


Fig. 9. The annual recruitment pattern of *Luciogobius guttatus* as identified by ELEFAN II routines.

을 동일 연령 집단(cohort)으로 간주하고, 이 자료를 바탕으로 NORMSEP을 이용하여 값을 추정하였다. 정규분포곡선 자료를 바탕으로 모드이행을 수행한 결과 3개의 코호트(Cohort-I, II, III)로 분리되었다. 3개의 정규분포곡선 연령 그룹에 분리지수(SI)가 모두 2.0 이상으로 나타나 통계적으로 잘 분리된 것으로 판단된다(Table 2).

### 고찰

생식소 속도지수와 난경의 변화, 치어의 출현 양상을 보았

Table 1. von Bertalanffy growth parameters of *Luciogobius guttatus* by the ELEFANI analysis of length-frequency data

Parameter	$L_{\infty}$	K	$t_0$	$\phi'$	Rn
		63.00	0.85	-1.36	3.53

$L_{\infty}$ : asymptotic length (mm)  
 K: growth coefficient ( $\text{yr}^{-1}$ )  
 $t_0$ : theoretical age at zero length (yr)  
 $\phi'$ : growth performance index  
 Rn: score function

Table 2. Separation of normal distributions from length-frequency data of *Luciogobius guttatus* during sample period, using bhattacharya's method and NORMESP

Month	Cohort	ML	SD	P	SI
Mar.	1				
	2	34.5	1.2	6.6	
	3	46.5	1.2	3.7	2.54
Apr.	1				
	2	31.5	1.4	7.1	
	3	45.8	1.4	5.5	2.71
May	1				
	2	29.9	2.4	25.9	
	3	51.7	1.8	12.5	3.08
Jun.	1	15.2	1.1	20	
	2	35.5	2.7	55.5	4.02
	3	55.5	2.9	10.9	2.75
Jul.	1	17.3	1.3	27.7	
	2	42.0	2.1	19.0	4.3
	3	54.2	2.9	4.0	
Aug.	1	21.5	3.5	21.3	
	2	43.3	3.3	40.2	3.2
	3	56.8	5.8	5.3	2.19
Sep.	1	26.5	3.3	33.3	
	2	47.5	2.3	42.4	3.03
	3	57.8	3.9	7.7	2.2
Oct.	1				
	2	32.1	1.7	22.5	
	3	48.5	0.9	3.4	2.8
Nov.	1				
	2	30.5	2	11.6	
	3	43.8	7.2	9.4	2.6

ML: mean length (mm)  
 SD: standard deviation (mm)  
 P: population  
 SI: separation index

을 때 서해 중부에 서식하는 미끈망둑의 산란기는 4~5월 사이 1개월 정도의 짧은 시기에 산란하는 것으로 생각되며, 춘계산란형 (spring spawner)이었다. Kim et al. (1992)은 남해의 미끈망둑 산란을 4월과 5월로 확인하여 본 연구와 시기가 일치하였다. 이는 연중 생산성이 가장 높은 시기에 산란

하여, 부화한 어린 개체들이 풍부한 먹이를 이용하여 초기성장을 빠르게 하는 산란전략으로 생각된다(Kim *et al.*, 2007). 국내에서 보고된 망둑어과 어류의 대부분이 산란기가 춘계 후기에서 하계 초기에 포함되어 있었다. 조수웅덩이에서 잘 알려진 국내의 망둑어과 종과 대조했을 때 날개망둑(*Favonigobius gymnauchen*)은 5~7월(Im and Lee, 1990), 왜풀망둑(*Acanthogobius elongatus*)은 3~6월(Kim, 1997), 별망둑(*Chasmichthys gulosus*)은 2~4월(Kim *et al.*, 2004), 12~4월(Baek *et al.*, 2011)로 미끈망둑보다 산란기가 빠르거나 적은 차이로 연장되었다.

미끈망둑은 조간대 가입, 산란, 성장, 동계에 조간대에서 연안으로 이동 등 생태적 특성이 짧은 시기에 집중적으로 이루어지는데 이것은 제한적인 시기의 조간대 환경을 이용하기 위한 집단적 전략으로 생각된다. 이러한 특성은 미끈망둑의 성숙과 산란에 관련하여 수온과 광주기 모두 관여할 것으로 판단된다. 근해인 전북 조간대의 말뚝망둥어(*Periophthalmus modestus*) 연구(Yang *et al.*, 2007)에서 일장을 조사한 결과 4월부터 증가하기 시작하여 6월에 연중 최대였으며, 10월에 급격하게 감소하였다. 이는 미끈망둑의 조간대 산란, 치어의 가입, 조간대에서 떠나기 시작하는 시기와 밀접히 관련된다.

GSI값은 조간대에 처음 출현하는 3월에 이미 높은 상태였고, 5월에 최대값을 보인 후 6월부터 모든 개체가 일시적으로 급격하게 낮아지며, 동계에 조간대를 떠날 때까지 낮은 상태를 유지한다. 따라서 미끈망둑의 성숙은 12월 또는 1월 정도의 동계에 시작되는 것으로 추정된다. HIS값과 CF값은 GSI값과 반대의 양상을 보였다. 생식소 발달은 근육과 간에서 에너지 증가와 관련 있고, 간과 근육에서 증가된 에너지는 생식소가 더 발달함에 따라 감소하게 된다(Baek *et al.*, 2010). 본 연구의 결과는 산란기 전 간중량지수와 비만도지수가 높은 값을 보이고, 산란을 위해 높은 영양상태를 유지하다가 산란기에 많은 영양분을 소비하므로 값이 감소한다고 보고한 Baek *et al.* (2004)의 줄망둑(*Acentrogobius pflaumi*) 연구 결과와 일치한다.

난경은 GSI값과 마찬가지로 성숙이 진행된 상태로 출현하였고 4월과 5월에 최대였다. 미끈망둑은 짧은 시기에 집중적으로 산란한 것으로 나타났으며 6월부터 모든 개체의 성숙란이 사라지고 난모세포만이 관찰되었다. 산란기간 동안 난의 크기는 여러 번 산란하는 어종의 경우 난소 내 난의 크기가 다양하지만 일년에 한 번 산란하는 종은 난소에 들어있는 난의 크기가 유사하다(Baek *et al.*, 2004). 미끈망둑은 일년에 한번 집중적으로 산란하는 것으로 조사되었으므로 난소 내 난이 대부분 유사한 크기인 동시발달형(synchronous)으로 생각된다. 미끈망둑의 성숙란 크기는 700  $\mu\text{m}$ 였는데 줄망둑(Baek *et al.*, 2004)의 600  $\mu\text{m}$ , 짱뚱어(*Boleophthalmus pectinirostris*; Chung *et al.*, 1991)의 700  $\mu\text{m}$ , 말뚝망둥어(Yang *et al.*, 2007)

의 500  $\mu\text{m}$ , 남방짱뚱어(*Scartelaos gigas*; Kim *et al.*, 2011)의 400  $\mu\text{m}$ 와 유사했으나 꼭져구속(*Chaenogobius urotaenia*, sp. BW, MR; Kim, 2002) 1,000  $\mu\text{m}$ , 별망둑(Kim *et al.*, 2004)의 1,100  $\mu\text{m}$ 보다 작았다.

본 조사에서 미끈망둑의 포란수는 188~885개(평균 492개)였고, Chyung (1977)의 400~1,500개와 차이가 있었다. 체장별 포란수 역시 3.1~4.0 cm에서 241개 그리고 2.8 cm에서 400개로 대조되었고, 5.1~5.7 cm에서 716개 그리고 6.2 cm에서 1,500개로 차이를 보였다. 포란수는 다른 어류와 동일하게 크기에 따라 증가하였다. 다른 망둑어과 어류와 비교했을 때 미끈망둑의 포란수는 적은 것으로 나타났다. 미끈망둑과 포란수가 유사한 종은 사백어(*Leucopsarion petersii*; Chyung, 1977)와 점망둑(*C. dolichognathus*; Baek *et al.*, 1985)이 있었다. 다른 종은 미끈망둑과 차이가 있었다. 흰발망둑(*A. lactipes*; Chyung, 1977)과 밀어(*Rhinogobius brunneus*; Song and Baek, 2005)는 최대 포란수가 약 2,000개였고, 갈문망둑(*R. giurinus*; Chyung, 1977), 꼭져구속(Chyung, 1977; Kim, 2002), 바닥문절(*Sagamia geneionema*; Hur *et al.*, 2006)은 약 1,000~2,000개 범위였으며, 왜풀망둑(Kim, 1997), 별망둑(Kim *et al.*, 2004; Baek *et al.*, 2011), 큰뿔말뚝망둥어(*P. magnuspinnatus*; Kim *et al.*, 2008)는 약 1,000~6,000개 범위, 검점망둑(*T. obscurus*; Chyung, 1977; Jin *et al.*, 2006), 줄망둑(Baek *et al.*, 2004), 말뚝망둥어(Kim *et al.*, 2007; Yang *et al.*, 2007)는 3,000~10,000개 범위, 짱뚱어(Chung *et al.*, 1991; Choi, 2007; Jeong, 2011), 풀망둑(*Synechogobius hasta*; Choi *et al.*, 1996; Kim, 1997), 문절망둑(*A. flavimanus*; Kim, 1997; Kim, 2005)은 최대 포란수가 약 10,000~50,000에 달하였다.

산란장에서 조수웅덩이의 돌 아래에 산란하며, 수컷이 보호하고, 2009년과 2010년 모두 5월에 발견되었다. 산란하여 부착된 난수는 882개였다. 수컷이 보호하는 산란된 난수에 대하여 Chyung (1977)은 800~1,000개, Kim (1992)은 357~856(평균 643)개였다. 밀어의 연구(Song and Baek, 2005)에서 수컷은 암컷의 평균 포란수보다 3배 가까운 난을 가지고 있었고, 난의 발생 단계를 통하여 보유 난의 산란 횟수 차이를 알 수 있었다. 미끈망둑의 산란된 난은 성숙란 평균 포란수의 약 1.3~2배였으나 최대 포란수에 대한 차이는 적어 추가 산란의 여부를 판단할 수 없었다.

국내에서 성비가 보고된 망둑어과 어류 중 별망둑(Kim *et al.*, 2004; Baek *et al.*, 2011), 밀어(Song and Baek, 2005), 짱뚱어(Choi, 2007; Jeong, 2011), 말뚝망둥어(Kim *et al.*, 2007; Yang *et al.*, 2007), 큰뿔말뚝망둥어(Kim *et al.*, 2008), 남방짱뚱어(Kim *et al.*, 2011)는 본 연구의 미끈망둑과 동일하게 거의 1:1의 성비를 보였다. 그러나 꼭져구속(Kim, 2002), 줄망둑(Baek *et al.*, 2004), 문절망둑(Kim, 2005)은 암컷이 약 2배의 우세한 특성을 보였다. Kim (2005)의 문절망둑 연구에서 산란

기인 2~3월에는 100% 암컷만 채집되었고, 산란이 끝난 5월에는 수컷의 비율이 더 높았는데, 수컷의 산란장 보호와 은신 등 행동 생태에 따른 것으로 보고하였다. 암수의 성비가 1:1에 가까운 종은 담수어류인 밀어를 제외하면 조간대에 출현하는 종이었다. 많은 망둑어과 종의 적은 성비 차이는 망둑어과 어류들이 수심이 얇은 조간대나 연안에 분포하며 회유와 같은 목적성 이동을 하지 않고 종을 보존하기 위한 생태적 특성이다 (Baeck *et al.*, 2011).

미끈망둑의 50% 균성숙체장은 26 mm로 추정되었고, Chyung (1977)의 연구에서도 체장 28 mm의 포란수 400개를 보고하였다. 이러한 성숙 체장의 크기는 현재까지 보고된 국내의 망둑어과 어류 중 낮은 편이다. 날개망둑(Lee *et al.*, 2000)과 줄망둑(Baek *et al.*, 2004), 말뚝망둥어(Kim *et al.*, 2007; Yang *et al.*, 2007), 큰뺨말뚝망둥어(Kim *et al.*, 2008)의 50% 균성숙체장은 약 40.0~50.0 mm 정도 범위였다. 망둑어과 어류 중 비교적 대형종인 별망둑(Baek *et al.*, 2011)은 50% 균성숙체장이 79.0 mm였고, 짱뚱어(Choi, 2007)는 약 120.0 mm 이상으로 크기가 큰 종은 균성숙체장도 큰 크기였다. 본 연구에서 성숙단계의 판단은 육안 관찰에 의한 것으로 많은 시료와 조직학적 연구를 통하여 더 상세한 조사가 실시되면 다른 결과가 나올 수 있다고 생각된다.

일반적으로 어류는 비늘과 이석, 척추골, 새개골, 기조 등이 연령형질로 유용하게 사용되며, 체장빈도법도 이용된다(Zhang, 1991). 꼭저구속(Kim and Kim, 2001)과 밀어(Song and Baek, 2005), 짱뚱어(Kim and Jeong, 2007)는 본 연구와 같이 크기빈도를 이용하여 연령을 추정하였다. 국내에서 보고된 망둑어과 어류 중 연령에 대하여 사출골(actinost)을 이용한 연구는 Jeong *et al.* (2004)의 짱뚱어가 있고, 이석을 이용한 연구는 미끈날망둑(*C. laevis*; Lee and Huh, 1989), 얼룩망둑(*C. mororanus*)과 풀망둑(Im and Lee, 1990)이 있으며, Choi *et al.* (1996)은 풀망둑의 연구에서 비늘을 이용하였다.

미끈망둑은 3년 모두 12월과 1월, 2월에 출현하지 않아 동계에는 연안으로 이동하는 것으로 파악되었고, 수온이 상승하는 3월에 조간대로 돌아오기 시작하였으며, 4월과 5월에 산란하였다. Kim *et al.* (1992)의 사육에 의한 초기생활사 연구에서 미끈망둑 자치어의 부유시기는 약 48일 정도였다. 서해 중부에서 미끈망둑 자치어의 부유시기는 5월로 추정되는데, 이 시기에 연안의 부유성 난·자치어 네트(망목 303  $\mu$ m)를 이용한 채집에서 미끈망둑의 자어를 확인하였다(unpublished data; 2009년 5월 충남 오천, 2009년 5월 경기 안산 대부도). 지금까지 동해, 남해, 서해, 제주를 포함한 우리나라 연안에서 보고된 부유성 자치어의 분포를 보면 공통적으로 4월에서 6월 사이에 미끈망둑 자치어가 출현하였다(Cha *et al.*, 1990; Go *et al.*, 1991; Kim and Kang, 1992; Cha and Park, 1994; Kim *et al.*, 1994; Lee *et al.*, 2006; Han and Kim, 2007). 일본

은 Ariake Bay (Manabu, 2006)와 Tokyo Bay (Sakai, 2007)에서 미끈망둑의 치어가 4월과 5월에 채집되어 국내와 유사하였으나 Onagawa Bay (Kawabata and Oomori, 1993)에서는 하계인 6~9월에 출현하였고, Okinawa (Maeda *et al.*, 2008)에서는 12~3월에 출현하여 일본에서는 위도에 따라 차이가 있었다. Okinawa의 미끈망둑 부유기간은 약 36일 이하로 추정되었으며 야간에 출현이 더 높았고, 착저에 앞서 해안선이나 서식지 주변에 접근하는 것으로 나타났다. Kawabata (1993)는 미끈망둑의 자어가 얇은 곳에서 발견되지만, 성장에 따라 치어로 이행되면서 비교적 먼 만의 연안에서 발견된다고 하였다. 따라서 조간대에서 부화된 자어는 흐름에 따라 먼 연안까지 분산되었다가 유영능력이 발달함에 따라 다시 얇은 곳으로 이동하는 것으로 판단된다. 수산자원학에서 가입(recruitment)은 예비 자원군이 성장하여 어획 가능 자원군에 추가되는 것을 의미하지만, 저어류에서 변태한 개체의 정착 과정을 나타내는 용어로도 이용된다(Keough and Downes, 1982). 4월과 5월 사이에 부화되어 부유시기를 마친 착저시기의 유어는 6월부터 가입을 시작하였고 이는 2009년과 2010년 모두 동일하였다. 착저시기의 크기는 전장 12.4~16.5 mm 범위였다. Chyung (1977)이 보고한 미끈망둑의 부유시기는 22 mm 이하, 착저시기는 25 mm로 본 연구결과 및 Kim *et al.* (1992)의 결과와 차이가 있었다. 일본에서 보고된 미끈망둑의 부유기간은 40일, 착저시기 크기는 17 mm (Dôtu, 1957; Okiyama, 1988)로 본 연구 및 Kim *et al.* (1992)의 결과와 유사했다. 미끈망둑 근연종의 부유시기와 착저시기의 크기를 보면 *L. parvulus* (Shiogaki and Dotsu, 1971)는 24일 14.3 mm, 가는미끈망둑(*L. elongatus*; Shiogaki and Dotsu, 1972)은 23일 13 mm, 큰미끈망둑(*L. grandis*; Shiogaki *et al.*, 1974)은 36일 18.3 mm, 납작미끈망둑(*L. platycephalus*; Shiogaki and Dotsu, 1977)은 35일 16.2 mm, 주홍미끈망둑(*L. pallidus*; Hirashima and Takahashi, 2008)은 30일 85 mm, *L. ryukyensis* (Kondo *et al.*, 2012)는 34일 16.3 mm였다. 근연종의 비교에서 미끈망둑의 부유시기가 더 긴 것을 알 수 있으며, 착저시기의 크기는 유사하였다.

국내 망둑어과 어류 중 풀망둑, 밀어, 문절망둑, 흰발망둑, 민물두줄망둑(*T. bifasciatus*), 검정망둑의 서식지에서 유어의 착저시기 크기는 유사하여 13~20 mm의 범위를 보였다(Chyung, 1977; Choi *et al.*, 1996; Kim, 1997; Song and Baek, 2005). 그러나 사육에 의한 초기생활사 연구에서는 날개망둑, 검정망둑, 두줄망둑(*T. trigonocephalus*), 모치망둑(*Mugilogobius abei*), 미끈날망둑의 착저시기가 차이가 있어 8~12 mm의 범위를 보였는데(Kim and Han, 1989; Kim and Han, 1990; Kim and Han, 1991; Jin *et al.*, 2003; Hwang *et al.*, 2006), 이는 실제 착저시기 및 크기가 자연상태의 연구 결과보다 더 빠르나 성어의 서식지에 가입이 조금 늦어지기 때문인 것으로 판단된다. 이들의 부유시기는 33~39일 범위였고, 날개망둑은 더



빠른 24일이었다. 따라서 미끈망둑의 부유생활이 길다는 것을 알 수 있었다. Kim *et al.* (1992)의 미끈망둑 사육에 의한 초기 생활사 연구에서 착저시기는 본 연구 결과의 범위에 포함되는 13.4 mm인 것을 보아 미끈망둑 유어의 조건대 가입은 비교적 빠른 것으로 판단된다.

7월까지 조건대 가입을 마친 유어는 성장을 지속하였고 11월에 연안으로 이동하였다. 성장비교지수( $\phi$ )는 3.53으로 나타났다. 현재까지 보고된 다른 어류들의 성장비교지수를 검토했을 때(약 84개 지수) 본 서식지의 미끈망둑 성장비교지수는 높은 것으로 나타났다. 망둑어과의 성장비교지수 대조(약 24개 지수)에서는 중간 정도였다. 망둑어과는 생존이 불리한 환경에 주로 서식하여 종의 생존전략을 위해 부화 후 빨리 성장하고 번식해야 하며, 어미가 되는 기간이 짧다(Choi, 2011).

3월과 4월, 5월에는 2개 연급군인 만 1년생과 만 2년생이 관찰되었고, 당새어가 가입하는 6월부터 3개 연급군이 관찰되었다. 수명은 2년(만 3년생)에서 사망하는 것으로 추정된다. 망둑어과는 1~2년 정도의 짧은 수명을 가진 종과 산란 후 폐사하는 종이 많은 것으로 알려져 있다(Kim, 1997; Choi, 2011). 그러나 미끈망둑은 Walford 방법으로 구한  $t_0$ 값을 이용했을 경우 최대수명이 3.12 이상으로 나타나 검토가 필요하다. 꼭져구속(Kim and Kim, 2001)과 밀어(Song and Baek, 2005)는 3년(만 4년생)의 수명을 가진 것으로 나타났다. 미끈망둑도 일부 개체는 3년(만 4년)에 사망할 가능성이 있으므로 추후 정밀한 연령사정이 요구된다.

## 요 약

미끈망둑의 생식생태와 개체군 동태를 조사하였다. GSI값은 3월부터 5월까지 높게 나타났다. 포란수는 3.1~4.0 cm(SL)에서 241개, 5.1~5.7 cm(SL)에서 716개의 범위를 보였다. 체장과 포란수의 관계식은  $F = 11.242SL^{2.464}$  ( $R^2 = 0.65$ )이고, 포란수는 크기와 함께 증가하였다. 50% 균성숙체장은 2.6 cm로 나타났다. 산란기는 4~5월이었다. 성장 매개변수의 추정치는 von Bertalanffy growth function (VBGF) 모델을 이용하였다( $L_\infty = 63.00$  mm TL,  $K = 0.85$  yr<sup>-1</sup>). 가입유형은 1년에 1회로 나타났다. 성장 비교지수( $\phi$ )는 3.53으로 나타났다. 자연사망계수(M)는 1.00 yr<sup>-1</sup>로 추정되었다.

## 사 사

이 논문은 인하대학교 교내 연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

## REFERENCES

- Baek, G.W., J.M. Jeong, J.M. Park and S.H. Huh. 2011. Reproductive characteristic of goby, *Chaenogobius gulosus* in the coastal waters of Tongyeong, Korea. Korean J. Ichthyol., 23: 300-304. (in Korean)
- 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: 226-231. (in Korean)
- Baek, G.W., S.C. Park, J.H. Kim, K.M. Nam, S.H. Huh and J.M. Park. 2010. Reproductive ecology of a goldeye rockfish, *Sebastes thompsoni* (Scorpaeniformes: Scorpaenidae) in the Coastal water of Busan, Korea. Korean J. Ichthyol., 4: 87-95. (in Korean)
- Baek, H.J., H.B. Kim, T.Y. Lee and B.D. Lee. 1985. On the maturity and spawning of the Longchin goby *Chasmichthys dolichognathus* (HILGENDORF). Bull. Korean Fish. Soc., 18: 477-483. (in Korean)
- Bagenal, T.B. and F.W. Tesch. 1978. Age and growth. In: T.B. Bagenal, (ed.). Methods for assessment of fish production on fresh waters. Blackwell Scientific Publ., Oxford. pp. 101-136.
- Bertalanffy, L.Von. 1938. A quantitative theory of organic growth (Inquiries on growth laws. II). Hum. Biol., 10: 181-213.
- Bhattacharya, C.G. 1967. A simple method of resolution of a distribution into Gaussoian components. Biometrics, 23: 115-135.
- Cha, S.S. and K.J. Park. 1994. Distribution of the Ichthyoplankton in Kwangyang Bay. Korean J. Ichthyol., 6: 60-70. (in Korean)
- Cha, S.S., J.M. Yoo and J.M. Kim. 1990. Seasonal variation of the fish larval community in the coastal waters of the mid-east Yellow Sea. J. Oceanol. Soc. Kor., 25: 96-105. (in Korean)
- Choi, K.H. 2007. A study on reproductive ecology and genetic of the *Boleophthalmus pectinirostris* in Korea. Ph. D. dissertation, Kunsan Univ., 128pp. (in Korean)
- Choi, Y. 2011. Gobiid fishes. Jisungsa, Seoul, 159pp. (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. Korean Fish. Soc., 29: 115-123. (in Korean)
- Chung, E.Y., C.M. An and T.Y. Lee. 1991. Sexual maturation of the bluespotted mud hopper, *Boleophthalmus pectinirostris* (Linnaeus). Bull. Korean Fish. Soc., 24: 167-176. (in Korean)
- Chyung, M.K. 1977. The fishes of Korea. Ilchisa, Seoul, 727pp. (in Korean)
- Dôtu, Y. 1957. The life history of the goby, *Luciogobius guttatus* Gill. Sci. Bull. Fac. Agr. Kyushu Univ., 16: 93-100. (In Japanese)
- Gayanilo, F.C., P. Sparre and D. Pauly. 1997. The FAO-ICLARM stock assessment tools (FISAT) user manual, FAO computerized information series (fisheries), 8: 1-126.
- Go, Y.B., G.M. Go and J.M. Kim. 1991. Occurrence of fish larvae

- at Hamduck coastal area, northern part of Cheju Island. Korean J. Ichthyol., 3: 24-35. (in Korean)
- Han, K.H. and D.G. Kim. 2007. Quantitative variation and species composition of Ichthyoplankton in costal waters of Uljin, Korea. (in Korean)
- Hashimoto, S., I. Koizumi, K. Takai and S. Higashi. 2014. Different habitat salinity between genetically divergent groups of a worm-like goby *Luciogobius guttatus*: an indication of cryptic species. Environ. Biol. Fish., 97: 1169-1177.
- Hasselblad, V. 1966. Estimation of parameters distribution. Technometrics, 8: 431-444.
- Hirashima, K. and H. Takahashi. 2008. Early life history of aquarium-held blind well goby *Luciogobius pallidus*, collected from Wakayama Prefecture, Japan. Jpn. J. Ichthyol., 55: 121-125.
- Hur, S.W., S.J. Kim, Y.B. Song, C.H. Lee, B.S. Lim, S. Rho, H.J. Baek, H.B. Kim and Y.D. Lee. 2006. Reproductive cycle of female hairychin goby *Sagamia geneionema*. J. Kor. Fish. Soc., 39: 404-409. (in Korean)
- Hwang, S.Y., K.H. Han, W.K. Lee, S.M. Yoon, C.C. Kim, S.H. Lee, W.I. Seo and S.S. Roh. 2006. Early life history of the *Tridentiger obscurus* (Pisces, Gobiidae). Dev. Reprod., 10: 47-54. (in Korean)
- Hyung, K.C., J.B. Lee, S. Kang, D.S. Chang and J.H. Choi. 2009. Reproduction of the jack mackerel, *Trachurus japonicus* Temminck et Schlegel in the coastal waters around Jeju Island, Korea: maturation and spawning. J. Kor. Soc. Fish. Tech., 45: 243-250. (in Korean)
- Im, Y.J. and T.W. Lee. 1990. Species composition and biology of major species of gobiid fish in Cheonsu Bay of the Yellow Sea, Korea. Korean J. Ichthyol., 2: 182-202.
- Jeong, S.J. 2011. Fishery biology of the *Boleophthalmus pectinirostris* in the Korea. Ph. D. dissertation, Chommam Univ., 109pp. (in Korean)
- Jeong, S.J., K.H. Han, J.K. Kim and D.S. Sim. 2004. Age and growth for the blue spot mudskipper (*Boleophthalmus pectinirostris*) in the mud flat of southwestern Korea. J. Kor. Fish. Soc., 37: 44-50. (in Korean)
- Jin, D.S., K.H. Han and J.W. Park. 2003. Spawning behavior and morphological development of larvae and juvenile of the naked-headed goby, *Favonigobius gymnauchen* (Bleeker). J. Kor. Fish. Soc., 36: 136-143. (in Korean)
- Jin, Y.S., C.B. Park, H.J. Kim., C.H. Lee, Y.B. Song, B.H. Kim and Y.D. Lee. 2006. Reproduction cycle of dusky tripletooth goby *Tridentiger obscurus* in JeJu Island, Korea. Korean J. Ichthyol., 18: 184-192. (in Korean)
- Kawabata, A. 1993. Distribution of planktonic larvae of three species of *Luciogobius*, Gobiidae. in Onagawa Bay. Bull. Tohoku Natl. Fish. Res. Inst., 55: 65-73. (In Japanese)
- Kawabata, A. and M. Oomori. 1993. Spatiotemporal distribution of planktonic larval fish on Onagawa Bay. Bull. Tohoku Natl. Fish. Res. Inst., 55: 53-64. (In Japanese)
- Keough, M.J. and B.J. Downes. 1982. Recruitment of marine invertebrates: the role of active larval choices and early mortality. Oecologia, Berlin, 54: 348-352.
- Kim, I.S. 1997. Illustrated encyclopedia of fauna and flora of Korea vol. 37 freshwater fishes. Ministry of Education, Seoul, 629pp. (in Korean)
- Kim, J.K. and S.J. Jeong. 2007. Growth estimation of 0-aged blue spot mudskipper *Boleophthalmus pectinirostris* using length frequency data. J. Kor. Fish. Soc., 40: 50-52. (in Korean)
- Kim, J.K., H.J. Baek, J.W. Kim, D.S. Chang and J.I. Kim. 2011. Sexual maturity and early life history of the mudskipper *Scartelaos gigas* (Pisces, Gobiidae): implications for conservation. Fish. Aquat. Sci., 14: 403-410.
- Kim, J.W., Y.H. Yoon, H.C. Shin, K.H. Lim, T. Takita, S.C. Park and G.W. Baek. 2007. Maturation and spawning of shuttles hopppfish *Periophthalmus modestus* in the mud flat of Suncheon bay, Korea. J. Kor. Fish. Soc., 40: 79-83. (in Korean)
- Kim, J.W., Y.H. Yoon, H.C. Shin, T. Takita, J.H. Kim, S.C. Park, C.I. Park and G.W. Baek. 2008. Reproduction of the goby fish *Periophthalmus magnuspinnatus* in mud flat of Suncheon bay, Korea. J. Kor. Fish. Soc., 41: 289-293. (in Korean)
- 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: 261-270. (in Korean)
- Kim, Y.H. and Y.J. Kang. 1992. Community structure and variation of juvenile fishes in the coastal waters, Shinsdo, Samchonpo, Korean J. Ichthyol., 4: 87-95. (in Korean)
- Kim, Y.J. 2002. Morphology and ecology of three species of the genus *Gymnogobius* (Gobiidae) from Korea. Ph. D. dissertation, Sangmyung Univ., 118pp. (in Korean)
- Kim, Y.J. and J.M. Kim. 2001. Age and growth of three species of genus *Gymnogobius* from Korea, Korean J. Ichthyol., 13: 237-247. (in Korean)
- Kim, Y.S. 2005. Maturation and fecundity of yellowfin goby, *Acanthogobius flavimanus*. M.S. dissertation, Gangneung Univ., 30pp. (in Korean)
- Kim, Y.U. and K.H. Han. 1989. Early life history of the marine animals 1. egg development, larvae and juveniles of *Chaenogobius laevis* (Steindachner). Bull. Korean Fish. Soc., 22: 317-331. (in Korean)
- Kim, Y.U. and K.H. Han. 1990. Early life history and spawning behavior of gobiid fish, *Tridentiger trigonocephalus* (Gill) reared in the laboratory. Korean J. Ichthyol., 2: 53-62. (in Korean)
- Kim, Y.U. and K.H. Han. 1991. Early life history and spawning behavior of the gobiid fish, *Mugilogobius abei* (Jordan et Snyder) reared in the laboratory, Korean J. Ichthyol., 3: 1-10. (in Korean)
- Kim, Y.U., K.H. Han and C.B. Kang. 1994. Distribution of Ichthyoplankton on Asan Bay, Korea. Bull. Korean Fish. Soc., 27: 620-632. (in Korean)
- Kim, Y.U., K.H. Han, C.B. Kang and J.W. Ryu. 1992. Early life his-

- tory and spawning behavior of the gobiid fish, *Luciogobius guttatus* Gill. Korean J. Ichthyol., 4: 1-13. (in Korean)
- King, M.G. 2007. Fishery biology, assessment and management: 2nd ed. Blackwell Publ., Oxford, 382pp.
- Kondo, M., K. Maeda, N. Yamasaki and K. Tachihara. 2012. Spawning habitat and early development of *Luciogobius ryukyuensis*. Environ. Biol. Fish., 95: 291-300.
- 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: 219-224. (in Korean)
- Lee, S.J., Y.B. Go and B.J. Kim. 2006. Seasonal variation of species composition and distribution of fish eggs and larvae in the western part of Jeju Island, Korea. Korean J. Ichthyol., 18: 129-140. (in Korean)
- Lee, T.W. and S.H. Huh. 1989. Early life history of the marine animals 2. age, growth and food of *Chaenogobius laevis* (Steindachner) larvae and juveniles. Bull. Korean Fish. Soc., 22: 332-341. (in Korean)
- Lopes Veiga, E.C. 1979. Fitting von Bertalanffy growth curves, a new approach. Investigation Pesquera, 43: 179-186.
- Maeda, K., N. Yamasaki, M. Kondo and K. Tachihara. 2008. Occurrence and morphology of larvae juveniles of six *Luciogobius* species from Aritsu beach, Okinawa Island. Ichthyol. Res., 55: 162-174.
- Manabu, H., O. Taro, T. Isoda, K. Nakayama and M. Tanaka. 2006. Diel and tidal changes in the distribution and feeding habits of Japanese temperate bass *Lateolabrax japonicus* juveniles in the surf zone of Ariake Bay. Ichthyol. Res., 53: 129-136.
- Mathew, C.P. 1974. An account of some methods of overcoming errors in ageing tropical and sub-tropical fish populations when the hard tissue growth marking are unreliable and data sparse. 158-166. In T.B. Bagenal (ed.) Ageing of fish. Unwin Brothers, Old Working. 234pp.
- Myoung, J.G., B.I. Kim, S.M. Lee, G.B. Jeon and Darakwon. 2002. The sea fishes of Korea. Darakwon, Seoul, 287pp. (in Korean)
- Oh, C.W. and J.H. Choi. 2003. Population dynamics and reproduction biology of *Leptocheila sydniensis* in the southwestern waters of Korea. J. Kor. Fish. Soc., 36: 646-653. (in Korean)
- Okiyama, M. 1988. An atlas of the early stage fishes in Japan. Tokai University Press, Tokyo, 1154pp. (in Japanese)
- Pauly, D. 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks. J. Cons. CIEM, 39: 175-192.
- Pauly, D. and G. Gaschütz. 1979. A simple method for fitting oscillating length growth data, with a program for pocket calculators. ICES C.M./G, 24: 1-25.
- Pauly, D. and J.L. Munro. 1984. Once more on the comparison of growth in fish and invertebrate, Fishbyte, 2: 21.
- Sakai, Y., M. Moteki and H. Kohno. 2007. Seasonal occurrence of fishes gathered with an aquatic lamp in the inner part of Tokyo bay. J. Tokyo Univ. Mar. Sci. Tech., 3: 45-50. (in Japanese)
- Shiogaki, M. and Y. Dotsu. 1971. The life history of the gobiid fish, *Expedio parvulus*. Bull. Fac. Fish, Nagasaki Univ., 32: 17-25. (in Japanese)
- Shiogaki, M. and Y. Dotsu. 1972. The life history of the gobiid fish, *Luciogobius elongatus*. Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ., 34: 9-18. (in Japanese)
- Shiogaki, M. and Y. Dotsu. 1977. The life history of the gobiid fish, *Luciogobius platycephalus*. Jpn. J. Ichthyol., 24: 43-48. (in Japanese)
- Shiogaki, M., N. Miura and Y. Dotsu. 1974. The life history of the gobiid fish, *Luciogobius grandis*. Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ., 38: 57-64. (in Japanese)
- Song, H.B. and H.M. Baek. 2005. Population ecology of the common freshwater gobi *Rhinogobius brunneus* (Pisces: Cyprinidae) on Korea. Korean J. Ichthyol. 17: 195-204. (in Korean)
- Taylor, C.C. 1958. "Cod growth and temperature". Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer., 23: 366-370.
- Yamada, T., T. Sugiyama, N. Tamaki, A. Kawakita and M. Kato. 2009. Adaptive radiation of gobies in the interstitial habitats of gravel beaches accompanied by body elongation and excessive vertebral segmentation. BMC Evol. Biol., 9: 145 (14pp).
- Yang, H.S., E.Y. Chung, M.S. Sin and D.U. Choi. 2007. Reproduction ecology of the dusky mud hopper, *Periophthalmus modestus* in western Korea. Korean J. Ichthyol., 19: 306-317. (in Korean)
- Zhang, C.I. 1991. Fisheries resource ecology. WooSung Publ. Co., Seoul, 399pp. (in Korean)