

## 한국산 날망둑속 3종 (망둑어과)의 성적이형

김 영 자 · 김 종 만\*

상명대학교 생물학과, \*한국해양연구소 바다목장센터

### Sexual Dimorphism of Three Species of *Gymnogobius* (Gobiidae) from Korea

Young-Ja Kim and Jong-Man Kim\*

Department of Biology, Sang Myung University, Seoul 110-743, Korea

\*Korea Ocean Research & Development Institute, 425-600, Ansan P.O. Box 29, Korea.

Three species, *Gymnogobius urotaenia*, *G. sp. 1* and *G. sp. 2*, collected at Hosan-river, Hosan-ri, Samcheock-si, Gangwon-do, Korea, were examined for the study of sexual dimorphism. The three species have peculiar nuptial pigmentation during the breeding season: all females of the three species showed an intense black coloration on the ventral part of the head, the pelvic fin, the anal fin and the margin of the first dorsal fin. There was a difference between *G. sp. 1* and the other two species in 1/3 from margin of first dorsal fin. Namely, *G. sp. 1* showed an intense black coloration, whereas the other two species had an intense yellow coloration. All females of the three species showed the same, intensely yellow coloration in the ventral part of the body. Males of *G. urotaenia* and *G. sp. 2* had almost the same nuptial pigmentation, however the former showed diffuse black coloration in the anal fin, whereas the latter had an intensely black anal fin. Males of *G. sp. 1* differed from those of the other two species in their yellow color on the ventral part of the head, the pelvic fins, the anal fin, in contrast to the diffuse black coloration in those parts in the other species. The genital papilla of males was triangle-shaped, but that of females was heart-shaped. Significant differences between sexes include: *G. urotaenia*, 7 characters (body depth, head length, snout length, upper jaw length, head depth, pectoral fin ray length, eye diameter); *G. sp. 1*, 11 characters (body depth, head length, caudal peduncle length, caudal peduncle depth, snout length, upper jaw length, head width, head depth, anal fin ray length, pectoral fin ray length and caudal fin ray length); *G. sp. 2*, 10 characters (body depth, head length, caudal peduncle depth, snout length, upper jaw length, head width, anal fin ray length, pectoral fin ray length, caudal fin ray length and eye diameter). Of the 5 characters which showed differences in all three species (body depth, head length, snout length, upper jaw length and pectoral fin ray length), females had higher values than males only in body depth, whereas males values in all other characters. The upper jaw length was the most distinctive sexually dimorphic feature, the upper jaw extended beyond the posterior margin of the eyes ( $p < 0.001$ ) in males but not in females.

**Key words** : *Gymnogobius urotaenia*, sexual dimorphism, nuptial pigmentation

## 서 론

농어목(Perciformes) 망둑어과(Gobiidae)에 속하는 날망둑속(*Gymnogobius*) 3종, 꼭저구(*Gymnogobius urotaenia*), 검정꼭저구(*Gymnogobius* sp. 1), 무늬꼭저구(*Gymnogobius* sp. 2)는 양측회유성 담수어로서, 한반도 및 일본열도 전역과 중국대륙 동북부, Siberia남부 아무르강 유역까지 넓게 분포하고 있으며 Asia에 분포하는 망둑어과 어류 중에서 가장 북쪽까지 분포하고 있는 어류이다(김, 1997; 전, 1997, 김과 전, 2000). 날망둑속의 속명은 Stevenson(2000)에 의하여 기존의 *Chaenogobius*에서 *Gymnogobius*로 수정되었고, 일본에서는 현재 날망둑속 3종인 담수형, 기수형, 중류형에 *Gymnogobius urotaenia*(Hilgendorf, 1879), *Gymnogobius* sp. 1, *Gymnogobius* sp. 2로 각각 적용되고 있다(Akihito et al., 2000). 한편, 한반도산 날망둑속 3종은 김(1997)과 전(1997)에 의하여 꼭저구(담수형), 검정꼭저구(기수형), 무늬꼭저구(중류형)의 신한국명이 사용되면서 이들에 대한 형태학적, 생태학적 연구가 계속되고 있다. 특히, 한반도에서 거의 전국적으로 넓게 분포하고 있는 이들 3종은 하천에 따라 3종이 동소적으로 분포하는 경우도 볼 수 있으며(전, 1997), 이 경우 3종은 각각 서식처를 분할하여 경쟁을 완화할 수 있는 생태적 특징을 갖고 있는 것으로 보고되어 있다(김, 1997). 뿐만 아니라 3종의 혼서수계에서 미세서식처와 산란기의 차이는 이들이 생식적 격리를 가능케 하는데 중요한 역할을 한다고 추정되고 있다(김과 김; 미발표 자료). 날망둑속 어류는 동일종내에서도 성적이형 등 다양한 변이를 보이고 있으나(Ishino, 1986) 한반도산 날망둑속 3종에 대한 암수의 형태적 차이에 관한 연구는 없었다. 따라서 본 연구에서는 암수의 형태적 차이와 이차성징 및 산란기때 발현되는 혼인색 등 한반도산 날망둑속 3종, 꼭저구, 검정꼭저구, 무늬꼭저구의 성적이형에 관하여 조사한 결과를 보고하는 바이다.

## 재료 및 방법

성적이형 조사를 위하여 강원도 삼척시 호산리 호산천에서 1998년 7월부터 1999년 10월까지 족대(망목 5 × 5 mm)와 투망(망목 5 × 5 mm)을 이용하여 채집된 표본들을 사용하였다(Fig. 1). 성적이형 조사를 위하여 암수의 구분이 가능한 체장 50 mm 이상의 성숙한 성어를 대상으로 체장(Standard length, SL), 체고(Body depth, BD), 두장(Head length, HL), 미병장(Caudal peduncle

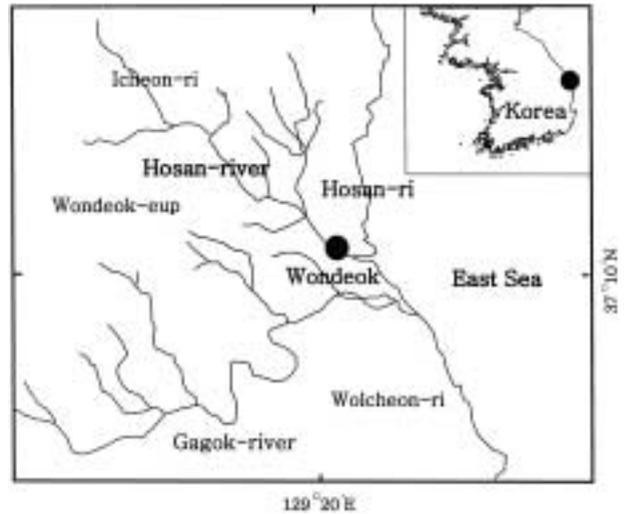


Fig. 1. Map showing the sampling site (●) at Hosan-river, Korea.

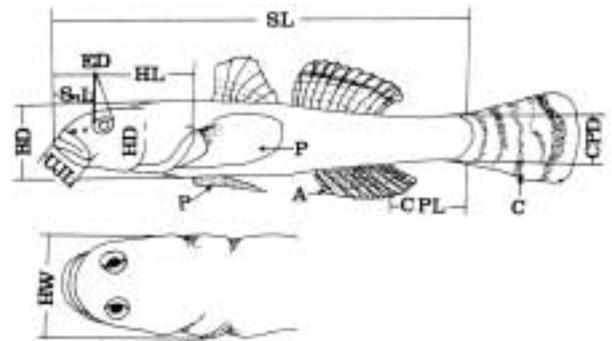


Fig. 2. Diagram showing the method of measuring body part. SL, standard length; BD, body depth; HL, head length; CPL, caudal peduncle length; CPD, caudal peduncle depth; SnL, snout length; UJL, upper jaw length; HD, head depth; HW, head width; ED, eye diameter; C-L, caudal fin ray length; A-L, anal fin ray length; P<sub>1</sub>-L, pectoral fin ray length; P<sub>2</sub>-L, pelvic fin ray length.

length, CPL), 미병고(Caudal peduncle depth, CPD) 문장(Snout length, SnL), 상악장(Upper jaw length, UJL), 두폭(Head width, HW), 두고(Head depth, HD), 뒷지느러미 길이(Anal fin ray length, A-L), 가슴지느러미 길이(Pectoral fin ray length, P<sub>1</sub>-L), 배지느러미 길이(Pelvic fin ray length, P<sub>2</sub>-L), 꼬리지느러미 길이(Caudal fin ray length, C-L), 안경(Eye diameter, ED)을 1/20 mm caliper(Mitutoyo)로 측정하였다(Fig. 2). 특히 각 지느러미 길이에 연조의 최대길이를 측정하였고, 암수의 형태적 차이의 유의성 검증은 student's t-test를 사용하여 분석하였다. 혼인색은 저면여과식 사각형 유리사육조(80 ×

**Table 1.** Nuptial colorations in three species of the genus *Gymnogobius* from Korea

Part	<i>G. urotaenia</i>		<i>G. sp. 1</i>		<i>G. sp. 2</i>	
	Female	Male	Female	Male	Female	Male
Head ventral	black	thin black	black	yellow	black	thin black
Pelvic fin	black	thin black	black	yellow	black	thin black
Anal fin	black	thin black	black	yellow	black	black
D1 outline	black	black	black	black	black	black
A third part of D1 outline	yellow	pale yellow	black	pale yellow	yellow	pale yellow
Abdomen	yellow	pale yellow	yellow	pale yellow	yellow	pale yellow

30 × 45 cm)와 현지 채집지점인 호산천에서 직접 관찰하였다. 사육조의 환경조건은 현지 서식조건과 유사하게 수조바닥에는 5 cm의 자갈을 깔고, 납작한 돌과 표면이 거칠지 않은 돌을 산란장으로 설치하였다.

## 결 과

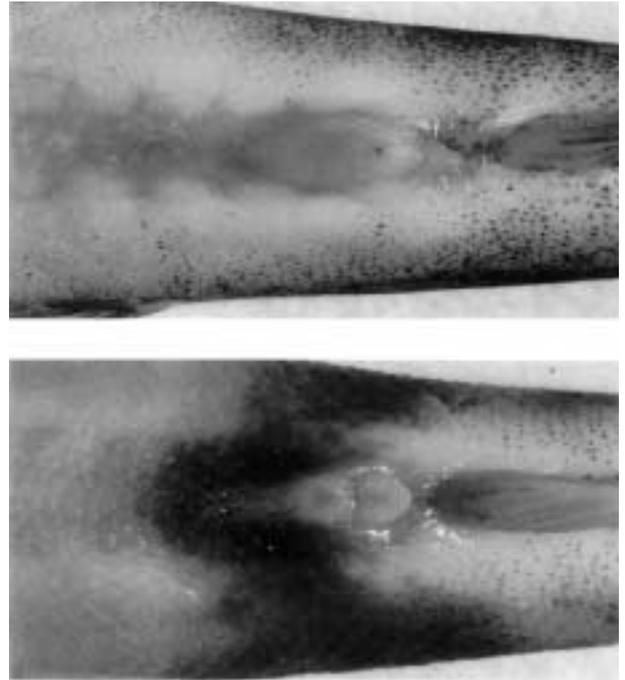
### 1. 혼인색 및 이차성징

본 연구대상인 한국산 날망둑속 3종은 산란기때 발현되는 암수의 혼인색에서 종간에 다소 차이가 있었다. 즉, 암컷에서는 3종 모두 두부복면(ventral part of head), 가슴지느러미, 뒷지느러미, 제 1 등지느러미 외연(outline)이 짙은 흑색이었고, 복부는 모두 황색으로 나타났다. 검정꼭저구가 나머지 두 종과 차이를 나타낸 형질은 제 1 등지느러미 외연 안쪽 1/3로써 검정꼭저구는 흑색이었고, 나머지 2종은 짙은 황색이었다. 수컷에서는 꼭저구와 무늬꼭저구가 비슷한 현상을 나타냈으나 무늬꼭저구의 뒷지느러미가 짙은 흑색으로 나타난 점은 두 종간에 다른 점이었다. 또한 꼭저구와 무늬꼭저구의 두부복면, 배지느러미, 뒷지느러미가 옅은 흑색이었던 반면, 검정꼭저구는 황색으로 나타나서 종간에 차이를 확인할 수 있었다.

일반적으로 망둑어류의 경우 이차성징인 생식공 돌기(genital papilla)에 의해서도 암수가 쉽게 구분이 된다(Kim and Lee, 1986). 본 연구대상인 날망둑속 3종 모두 수컷은 가늘고 길며 선단이 뾰족한 삼각형이었으며, 암컷은 크고 짧으며 선단이 둔탁한 하트형으로 암수의 구분이 가능하였는데(Fig. 3) 이 결과는 수컷은 가늘고 긴 세장(細長)형이고 선단이 뾰족한 침형이며, 암컷은 크고 짧은 태단(太短)형이고 선단은 절형이라고 보고한 Miyadi *et al.* (1976)과는 약간 차이가 있었다.

### 2. 형태적 차이

한국산 꼭저구 3종의 암수간 형태적 차이를 알아보기 위하여 13개의 측정형질을 체장에 대한 비율로써 검토



**Fig. 3.** Comparison of genital papillae between male (above) and female (below).

해 본 결과는 Table 2~4와 같다. 꼭저구는 총 13개의 형질중 7개의 형질에서 암수간 유의한 차이가 인정되었다(Table 2). 암컷은 체고와 두고에서 수컷보다 높았고, 두장, 문장, 상악장, 가슴지느러미 길이, 안경에서는 수컷이 암컷보다 컸으나 미병장, 미병고, 두폭, 뒷지느러미 길이, 배지느러미 길이, 꼬리지느러미 길이에서는 암수간 차이가 인정되지 않았다. 이 중 체고, 두장 및 상악장은 매우 높은 유의한 차이를 나타냈다( $p < 0.001$ ).

검정꼭저구는 11개의 형질에서 암수간에 유의한 차이가 인정되었다(Table 3). 즉, 암컷은 체고, 미병장, 미병고 및 두고에서 수컷보다 높은 수치를 나타냈고, 수컷은 두장, 문장, 상악장, 두폭, 뒷지느러미 길이, 가슴지느러미 길이 및 꼬리지느러미 길이에서 암컷보다 높은 수치를 나타냈다. 이 중 체고, 두장, 문장, 상악장, 두폭, 뒷지느러

**Table 2.** Comparison of the morphometric characters between female and male of *Gymnogobius urotaenia* from Korea

	Female (n = 166) 50.0~101.0 mm	Male (n = 63) 50~105.0 mm	t	p
% in SL (mm)				
BD	18.39±1.48 (14.56~23.81)	16.91±1.62 (14.35~20.67)	6.6084	0.0000***
HL	32.37±1.91 (27.16~40.39)	33.49±1.90 (29.82~38.56)	-3.9770	0.0001***
CPL	19.85±1.27 (16.28~25.00)	20.17±1.32 (16.64~24.54)	-1.7248	0.0859
CPD	11.12±0.78 ( 9.72~15.52)	11.01±0.71 ( 8.66~12.44)	1.8237	0.0695
SnL	10.13±1.11 ( 7.19~13.64)	10.64±1.34 ( 7.60~13.33)	-2.9612	0.0034**
UJL	14.52±1.32 (10.80~18.21)	17.68±2.23 (12.44~22.44)	-10.5771	0.0001***
HW	21.55±2.30 (16.00~26.92)	21.85±2.28 (16.21~26.22)	-0.8586	0.3915
HD	17.78±2.16 (13.20~21.99)	17.12±2.51 (11.98~22.16)	1.9829	0.0486*
A-L	11.70±1.09 ( 8.92~14.08)	12.02±1.25 ( 7.08~14.40)	-1.8870	0.0604
P <sub>1</sub> -L	22.76±1.52 (18.36~28.85)	23.32±1.99 (17.87~29.40)	-2.0279	0.0455*
P <sub>2</sub> -L	17.32±1.09 (14.29~20.77)	17.51±1.19 (15.05~20.00)	-1.1579	0.2481
C-L	n = 80 21.80±1.33 (16.85~25.00)	n = 90 21.85±1.47 (14.93~24.58)	-0.2413	0.8090
ED	n = 180 5.69±0.50 ( 4.50~ 7.45)	n = 70 5.88±0.47 ( 4.55~ 7.50)	-2.7462	0.0065**

\*P&lt;0.05 \*\*P&lt;0.01 \*\*\*P&lt;0.001

**Table 3.** Comparison of the morphometric characters between female and male of *Gymnogobius* sp. 1 from Korea

	Female (n = 156) 50.0~98.0 mm	Male (n = 148) 50.0~105.3 mm	t	p
% in SL (mm)				
BD	19.24±1.94 (12.07~24.09)	18.47±1.93 (12.92~24.02)	4.4030	0.0000***
HL	30.57±1.48 (27.40~34.85)	32.31±1.68 (28.43~36.77)	-9.6138	0.0000***
CPL	20.78±1.24 (17.69~24.56)	20.44±1.19 (17.50~24.16)	2.4280	0.0158*
CPD	12.96±0.89 (10.00~14.59)	12.66±0.94 (10.08~15.30)	2.8998	0.0040**
SnL	9.44±1.11 ( 6.41~12.52)	10.47±1.38 ( 6.76~13.93)	-7.1714	0.0001***
UJL	14.60±1.54 (10.26~18.18)	18.43±2.47 (12.57~25.34)	-16.0965	0.0001***
HW	21.44±1.55 (17.95~25.16)	22.37±1.81 (16.60~26.09)	-4.7980	0.0000***
HD	17.85±1.79 (13.74~22.28)	17.28±1.89 (12.37~21.34)	2.7089	0.0071**
A-L	11.68±0.96 ( 8.62~14.56)	12.25±1.12 ( 9.42~16.61)	-4.7513	0.0000***
P <sub>1</sub> -L	21.53±1.30 (18.28~25.27)	22.51±1.38 (19.66~26.34)	-6.3842	0.0000***
P <sub>2</sub> -L	16.02±1.09 (12.73~19.26)	16.15±1.18 (13.40~19.40)	-1.0070	0.3147
C-L	n = 70 21.69±0.94 (18.59~23.91)	n = 66 22.30±1.31 (19.87~26.62)	-3.0968	0.0024**
ED	n = 110 5.64±0.60 ( 4.39~ 6.97)	n = 100 5.57±0.63 ( 4.09~ 6.98)	0.4207	0.4207

\*P&lt;0.05 \*\*P&lt;0.01 \*\*\*P&lt;0.001

미 길이, 가슴지느러미 길이 등 7개의 형질은 매우 높은 유의한 차이를 나타냈다(p<0.001).

무늬꼭저구는 10개의 형질에서 암수간 유의적 차이가 인정되었다 (Table 4). 암컷의 체고는 수컷보다 높았고, 수컷은 두장, 미병고, 문장, 상악장, 두폭, 뒷지느러미 길이, 가슴지느러미 길이, 꼬리지느러미 길이 및 안경의 9개 형질에서 암컷보다 높은 수치를 나타냈다. 특히 체고, 두장, 미병고, 문장, 상악장, 두폭, 뒷지느러미 길이, 가슴지느러미 길이 등은 암수간에 매우 높은 유의한 차이

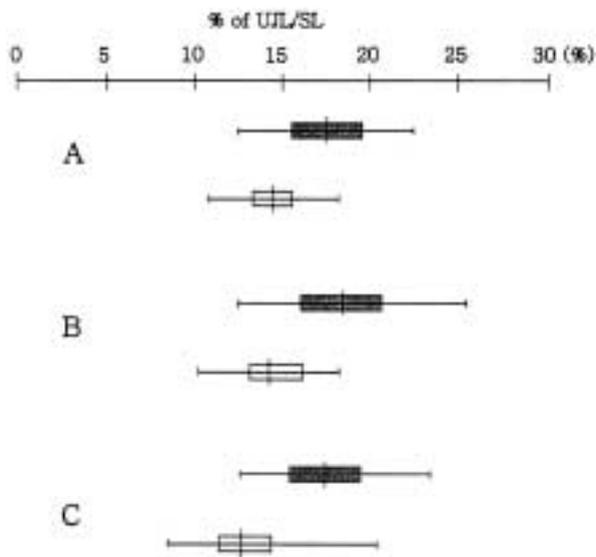
를 나타냈다(p<0.001).

이상과 같이 3종 모두 공통된 성적이형 현상을 보인 형질은 체고, 두장, 문장, 상악장, 가슴지느러미 길이였으며, 체고는 암컷이 수컷보다 높았고, 두장, 상악장, 문장, 가슴지느러미 길이에서는 수컷이 암컷보다 높은 수치를 나타내었다. 암수간에 유의한 차이를 나타냈던 형질 중 가장 쉽게 성별 구분이 가능했던 형질은 상악장으로써 3종 모두 수컷의 상악장이 암컷보다 월등히 길어서 안경의 후연을 훨씬 넘었다 (Fig. 4).

**Table 4.** Comparison of the morphometric characters between female and male of *Gymnogobius* sp. 2 from Korea

	Female (n = 142) 50.0 ~ 89.0 mm	Male (n = 100) 50.0 ~ 85.0 mm	t	p
% in SL (mm)				
BD	17.62 ± 2.05 (13.27 ~ 23.10)	16.49 ± 1.49 (12.04 ~ 20.00)	4.9282	0.0001***
HL	29.73 ± 1.51 (26.57 ~ 34.25)	31.94 ± 1.72 (25.51 ~ 35.71)	-10.5986	0.0000***
CPL	21.13 ± 1.49 (16.86 ~ 25.25)	21.23 ± 1.35 (17.92 ~ 24.03)	-0.4984	0.6186
CPD	10.61 ± 0.64 ( 8.67 ~ 12.28)	10.84 ± 0.71 ( 9.06 ~ 12.64)	-2.6329	0.0090**
SnL	8.92 ± 1.16 ( 6.18 ~ 12.10)	9.91 ± 1.12 ( 7.64 ~ 12.86)	-6.6443	0.0000***
UJL	12.91 ± 1.50 ( 8.61 ~ 20.42)	17.49 ± 2.04 (12.88 ~ 23.47)	-19.1471	0.0001***
HW	19.33 ± 2.19 (14.80 ~ 26.39)	20.47 ± 2.53 (12.73 ~ 26.82)	-7.0188	0.0000***
HD	15.15 ± 1.85 (10.70 ~ 19.52)	15.57 ± 2.11 (10.00 ~ 21.27)	-1.6674	0.0967
A-L	10.92 ± 0.93 ( 8.69 ~ 13.36)	11.50 ± 0.88 ( 9.43 ~ 13.60)	-4.9237	0.0000***
P <sub>1</sub> -L	22.70 ± 1.40 (18.73 ~ 25.36)	23.05 ± 1.41 (20.12 ~ 28.18)	-4.6560	0.0000***
P <sub>2</sub> -L	16.48 ± 0.01 (13.06 ~ 18.57)	16.22 ± 1.12 (12.35 ~ 18.75)	-0.9771	0.3295
C-L	n = 78 21.22 ± 1.88 (16.50 ~ 28.84)	n = 64 22.09 ± 1.37 (18.47 ~ 26.41)	-3.1610	0.0019**
ED	n = 29 5.16 ± 0.33 ( 4.49 ~ 6.22)	n = 64 5.57 ± 0.53 ( 4.00 ~ 6.75)	-3.8439	0.0002***

\*P &lt; 0.05 \*\*P &lt; 0.01 \*\*\*P &lt; 0.001

**Fig. 4.** Comparison of the ratio of upper jaw length to standard length between males and females. The diagram indicates the mean (vertical line), standard deviation (rectangle) and range (horizontal line). Solid rectangle represents that of male and open one female.A : *Gymnogobius urotaenia*, B : *Gymnogobius* sp. 1, C : *Gymnogobius* sp. 2

## 고 찰

어류 중에는 성에 따라 생식기관의 차이 뿐만 아니라 체색, 몸의 크기, 지느러미 형태, 머리형태 및 입의 크기

그리고 추성이나 혼인색의 출현 등에서 현저한 차이를 나타내는 종들이 있다(末廣, 1951).

일본산 날망독속 3종의 경우 산란기 동안 암컷과 수컷의 혼인색에서 성적이형 현상이 나타난다는 보고(Miyadi *et al.*, 1976; Nakanish, 1978, 石野, 1989)가 있으나 연구자들마다 약간의 차이가 있었다. 즉, Miyadi *et al.* (1876)은 중류형 암수의 새막, 배지느러미, 뒷지느러미가 진한 흑색을 나타낸다고 하였으나 Nakanish (1978)는 옅은 흑색을 나타낸다고 기재하고 있다. 또한 기수형에 있어서 Miyadi *et al.* (1876)과 Nakanish (1978)는 기수형의 수컷은 새막, 배지느러미 및 뒷지느러미가 황색을 나타내고 암컷은 제 1 등지느러미의 외연으로부터 1/3이 짙은 흑색을 나타낸다고 하였으나 石野 (1989)는 수컷의 배지느러미와 뒷지느러미가 흑색으로 되고, 제 1 등지느러미의 외연으로부터 1/3이 담황색을 나타내고 외연은 흑색으로 된다고 보고하였다. 본 연구결과에서는 기존의 연구자들과 부분적으로 일치하고 있었는데 그 원인은 확실치 않았다.

산란기에 수컷은 산란장을 만들고 산란후 알들을 지키는 과정에서 침입자가 나타나면 새개부를 부풀리거나 입을 크게 벌리는 등 산란장을 보호하고 각 지느러미를 이용하여 알이 부화할 때까지 산소를 공급시키는 등의 특징이 있는 것으로 보고되어 있다(Ishino, 1986). 꼭져구 3종의 수컷의 상악장과 각 지느러미 길이가 암컷보다 컸던 원인은 Darwin (1888)과 Andersson (1994)의 성적선택 (sexual selection) 중 동성개체간의 경쟁에 의한 성내선택 (intra-sexual selection)의 결과라고 추정되

며 이러한 현상은 한독중개 *Cottus hangiongensis* (Goto, 1984)의 경우와 유사하였다. 한편 상악장과 각 지느러미 길이 이외의 다른 형질에서 각각 성적이형 현상이 나타난 원인은 이들의 번식형질 및 생태적 특징과 관련하여 설명이 어려웠다.

## 적 요

강원도 삼척시 호산리 호산천에서 채집된 꼭저구, 검정꼭저구, 무늬꼭저구 3종의 성적이형에 관하여 조사하였다. 3종은 산란기때 뚜렷한 혼인색을 나타낸다. 3종 모두 암컷에서는 두부복면, 배지느러미, 제 1 등지느러미 외연이 진한 흑색을 나타냈다. 그러나 검정꼭저구의 제 1 등지느러미 외연으로부터 1/3은 진한 흑색을 나타낸 반면 다른 2종은 짙은 황색을 나타내는 차이를 보였다. 3종의 암컷모두 복부가 짙은 황색이 되는 공통점을 나타내었다. 수컷인 경우, 꼭저구와 무늬꼭저구는 거의 같은 혼인색을 나타냈으나 뒷지느러미에 있어서 무늬꼭저구는 짙은 흑색을 나타내었고, 꼭저구는 옅은 흑색을 나타내었다. 검정꼭저구는 두부복면, 배지느러미 및 뒷지느러미가 황색을 나타낸 반면, 나머지 2종은 옅은 흑색을 나타내었다.

이들 3종의 수컷 생식공돌기는 좁고 긴 삼각형 모양이었고, 암컷은 굵고 짧은 하트모양이었다.

꼭저구는 7개의 형질 즉, 체고, 두장, 문장, 상악장, 두고, 가슴지느러미 길이, 안경 등에서 암수간에 유의한 차이가 인정되었다. 검정꼭저구는 11개의 형질 즉, 체고, 미병장, 미병고, 두고, 두장, 문장, 상악장, 두폭, 뒷지느러미 길이, 가슴지느러미 길이 및 꼬리지느러미 길이 등에서 유의한 차이가 인정되었다. 무늬꼭저구는 10개의 형질 즉, 체고, 두장, 미병고, 문장, 상악장, 두폭, 뒷지느러미 길이, 가슴지느러미 길이, 꼬리지느러미 길이 및 안경 등에서 유의한 차이가 인정되었다. 이들 형질중, 체고, 두장, 문장, 상악장 및 가슴지느러미 길이 등은 3종 모두 암수간에 유의한 차이가 인정된 형질이었는데 암컷은 체고에서만 수컷보다 높은 수치를 나타냈고, 나머지 형질에서는 수컷이 암컷보다 높은 수치를 나타냈다. 또한 암수간에 가장 큰 차이로 쉽게 구분이 가능했던 형질은 상악장으로써 수컷의 상악장은 암컷의 후연을 훨씬 넘었다 ( $p < 0.001$ ).

## 인 용 문 헌

- Akihito, K. Sakamoto, Y. Ikeda and A. Iwata. 2000. Suborder Gobioidae In : The Fishes of Japan with Pictorial Keys to the Species. 2nd ed., Nakabo, T. (ed.), Tokai Univ. Press, Tokyo, p. 1197. (in Japanese)
- Andersson, M. 1994. Sexual Dimorphism. Princeton Univ. Press, New Jersey, pp. 250 ~ 254.
- Darwin, C. 1888. The Descent of Man and Selection in Relation to Sex. 2 vols. 2nd ed. John Murray, London, p. 1035.
- Goto, A. 1984. Sexual dimorphism in a river sculpin *Cottus hangiongensis*. Japan. J. Ichthyol., 31 : 161 ~ 166.
- Hilgendorf, F.M. 1879. Einige Beiträge zur Ichthyologie Japan's. Sitzuer. Nat. Freunde, Berlin, (5) : 107 ~ 108.
- Ishino, K. 1986. Studies on the morphological and ecological characteristics of three types of *Chaenogobius annularis* Gill (1859). Especially discussion on differentiation and adaptation of three types of *Chaenogobius annularis* Gill (1859). Ph. D. Thesis. Fac. Fish. Hokkaido Univ, pp. 316 ~ 326. (in Japanese)
- Kim, I.S. and Y.J. Lee. 1986. New record of the gobiid fish *Mugilogobius abei* from Korea. Korean J. Syst. Zool., 2 : 21 ~ 24.
- Miyadi, D., H. Kawanabe and N. Mizuno. 1976. Colored Illustrations of the Freshwater Fishes of Japan. New Ed. Completely revised. Hoikusha, Osaka, pp. 367 ~ 370. (in Japanese)
- Nakanishi, T. 1978. Comparison of color pattern and meristic characters among the three types of *Gymnogobius annularis* Gill. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 29(3) : 223 ~ 232. (in Japanese)
- Stevenson, D.E. 2000. Discovery of the holotype of *Chaenogobius annularis* Gill (Perciformes : Gobiidae) and its taxonomic consequences. Copeia, 3 : 835 ~ 840.
- 김영자. 1997. 호산천산 꼭저구속 3종의 형태적 특징과 미세 분포에 관하여. 상명대학교 석사학위논문. pp. 1 ~ 35.
- 김영자 · 전상린. 1996. 한국산 꼭저구 (망둑어과) 3형의 형태적 특징. 상명대학교 자연과학논문집, 3 : 1 ~ 20.
- 김영자 · 전상린. 2000. 한국산 꼭저구속 (망둑어과) 3종의 형태적 특징. 환경지, 18(4) : 387 ~ 394.
- 전상린. 1997. 한국산 꼭저구 (망둑어과) 3종의 검색과 분포. 상명대학교 기초과학논문집, 10 : 205 ~ 237.
- 末廣恭雄. 1951. 魚類學. 岩波書店, 東京, pp. 217 ~ 220.
- 石野健吾. 1989. ウキゴリ類. 日本の淡水魚. 川那部浩哉, 水野信彦編. 山と溪谷社, 東京, pp. 618 ~ 623. (in Japanese)