

밀어, *Rhinogobius brunneus* (Pisces: Gobiidae)의 성적 이형 및 수컷의 이형

송호복* · 백현민 · 손영목¹

강원대학교 자연과학대학 생명과학부, ¹서원대학교 사범대학 과학교육과

Sexual and Males Dimorphism of *Rhinogobius brunneus* (Pisces: Gobiidae)

Song, Ho-Bok*, Hyun-Min Baek and Yeong-Mok Son¹

Division of Life Sciences, College of Natural Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

¹Department of Science Education, Seowon University, Cheongju 361-742, Korea

ABSTRACT: The sexual dimorphism and intra sexual dimorphism in males of *Rhinogobius brunneus* were investigated at Jiam stream, a tributary of the Bukhan river from May, 2005. The frequency distributions in standard length were similar for the females and maleLs, but maleSs were smaller than the females and maleLs. The ratio of MaleL (N= 79) to maleS (N= 79) was 1 : 0.46. The comparison between female (N= 79) and maleL (N= 79) gave significant differences ($P<0.05$) in 18 morphometric characteristics (SNL, AHD, PHD, ML, DL, MW, AHW, IFW, PHW, ED, HL, FDFL, SDFB, CFL, AFB, VFL, PFL, PFB) and 12 characteristics (SNL, AHD, ML, DL, MW, AHW, IFW, PHW, HL, FDFL, CFL, PFB) ($P<0.001$). Eight morphometric characteristics (SNL, ML, DL, MW, HL, CFL, VFL, PFL) in female (N= 36) and maleS (N= 36) had significant differences ($P<0.05$) and three characteristics (ML, DL, HL) had very significant differences ($P<0.001$). Eleven characteristics (SNL, AHD, PHD, ML, DL, MW, AHW, IFW, PHW, HL, FDFL) were significantly different in maleL (N=36) and maleS (N=36) ($P<0.05$) and six (ML, DL, MW, AHW, HL, FDFL) were very significantly different ($P<0.001$).

Key words: Intra sexual dimorphism, *Rhinogobius brunneus*, Secondary sexual character, Sexual dimorphism

서론

고기 성공률을 증가시키기 위해 작용하는 형질 선택을 성 선택(sexual selection)이라 한다. 이러한 성 선택에는 수컷 간 수정할 기회를 얻기 위해 경쟁 능력을 유리하게 하려는 동성 내 선택(intra-sexual selection)과 이성을 유인하는 능력을 높여려는 이성 간 선택으로 구분되지만 일반적으로 동시에 나타난다(Krebs and Davies 2004). 이성 간 선택, 특히 암컷의 수컷 선택은 자손의 생존이나 경쟁력을 증가시키기 위해 좋은 유전자를 선택하며, 암컷이 선호하는 수컷의 특정 형질이 수컷의 질에 대한 정보를 나타냄으로서, 수컷 간의 경쟁에 의해 진화된 형질이 발달하게 된다(Darwin 1871, Fisher 1958, Zahavi 1975, Andersson 1984). 이러한 수컷의 특정 형질은 여러 동물군에서 장식 깃(Andersson 1982, Petrie *et al.* 1991)이나 과시행동(Huxley 1966, Parker 1974), 힘겨루기(Geist 1974, Sinclair 1977), 울음소리(Ryan *et al.* 1982, Catchpole *et al.* 1984), 영역확보(Wells 1977, Bygott *et al.* 1979) 등의 다양한 형태로 나타나며, 어류에서도 많은 연구가 보고되었다(Jakobsson *et al.* 1979, Noonan 1983, Bisazza and Marconato 1988, Houde and Endler 1990, Takahashi and Kohda 2004).

한편 수컷의 행동이나 생활사를 통하여, 짝짓기를 위한 다형

현상(polymorphism)은 red deer(Darling 1937), ruff(van Rhijn 1983, Lank and Smith 1987), 연어(Jones 1959, Gross 1985, Maekawa and Onozato 1986), 블루길(Dominey 1980, Gross 1982) 등에서 잘 알려져 있다. 이러한 다형현상은 짝짓기를 위한 수컷과 sneaking을 위해 특수화된 대체형(alternative phenotype)으로 진화되었으며, 특히 블루길의 경우 다양한 대체생식전략(alternative reproductive tactics)으로 분화되었다(Gross 1982).

망둥어과(Gobiidae)의 밀어, *Rhinogobius brunneus*는 양측회유성(amphidromous) 또는 육봉형(land-locked form)의 생태형을 가지는 전장 40~70 mm의 소형 저서성 어류로서, 바다와 인접한 하천이나 내륙 하천의 여울부에 널리 서식하고 있으며, 우리나라를 비롯하여 중국, 대만, 일본 등에 분포하고 있다(Zheng and Wu 1985, Tzeng 1986, Masuda *et al.* 1989, Kim *et al.* 2005). 성숙한 밀어 수컷의 이차성징은 혼인색뿐만 아니라 암컷에 비해 제 1 등지느러미(first dorsal fin)와 두부(head part) 등이 현저하게 발달한다. 이러한 특징들은 수컷끼리의 경쟁, 영역방어행동, 암컷 유인 그리고 난 보호 시 침입자에 대한 위협이나 과시행동 등에 주로 이용된다(Suk and Choe 2002). 그러나 수컷의 이차성징 중 특히 제 1 등지느러미의 길이는 개체 간 매우 큰 변이를 보이고 있는데, 이러한 특정 형질이 단순히 개체 변이의 범주에 속하는 것인지, 또는 생식활동과 연관된 다른 기능 및 생

* Corresponding author; Phone: +82-33-250-8523, e-mail: hoboksong@hanmail.net

태적인 차이를 수반하는 것인지에 대해서는 명확하게 알려진 것이 없다. 외부형태와 관련된 생식생태의 연구 보고에서 Ito and Yanagisawa(2000)는 암컷은 체장이 큰 수컷을 선호한다고 하였으며, Suk and Choe(2002)는 암컷이 제 1 등지느러미가 긴 수컷을 선호한다고 하였다. 한편 Okuda *et al.*(2003)은 수컷의 female mimicry에 대하여 논한 바 있다.

본 연구에서는 밀어의 생식생태 연구의 일환으로 본 종의 성적 이형(sexual dimorphism)과, 수컷의 제 1 등지느러미 길이를 기준으로 수컷 사이에 나타나는 형태적 이형(male dimorphism) 및 특징을 조사, 고찰하였다.

재료 및 방법

조사에 사용된 밀어는 Jeon and Aonuma(1995)가 제시한 4 type 중 등황밀어(*R. sp. OR*)에 해당되었으며, Kim and Yang (1996), Kim *et al.*(1997) 등이 주장한 3 type(또는 종) 중 밀어(*R. brunneus* A type 또는 *R. sp. OR*)로 동정되었다.

어류의 채집은 2차 성징이 가장 현저하게 나타날 것으로 추측되는 산란기인 2005년 5월 중순에 강원도 춘천시 서면 오월리의 춘천호 유입지류인 지암천 중·하류 지점(127° 38' 42" E, 37° 58' 38" N)을 중심으로 반경 50 m 안에서 서식지 환경 조사와 함께 족대(망목 2×2 mm)를 이용하여 어류를 채집하였으며, 채집된 밀어는 즉시 10% 포르말린에 고정하였다.

조사 대상 밀어는 이차 성징이 확연히 나타나는 체장(SL) 25 mm 이상의 성어를 대상으로 하였다. 암·수의 구분은 제 1 등지느러미의 길이, 혼인색, 외부생식기 등으로 일차 분류하였고, 복강을 해부한 후 난소와 정소를 관찰하여 재확인하였다. 수컷의 이형은 제 1 등지느러미의 가장 긴 기조(FDFL)와 체장의 비가 18% 이상인 개체(male long type, 이하 maleL)와 18% 미만인 개체(male short type, 이하 maleS)를 기준으로 구분하였으며, 이 비율은 제 1 등지느러미를 접었을 때 가장 긴 기조의 끝이 제 2 등지느러미를 넘어서거나 또는 이에 미치지 못하는 개체로 구분되는 기준이다(Fig. 1). 각 측정형질은 Fig. 2와 같이 22개 형질을 digital vernier calipers(0.01 mm)를 사용하여 측정하였으며, 각 지느러미의 길이는 가장 긴 기조를 기준으로 하였고, 모든 측정형질은 체장에 대하여 백분비를 구하였다. 성별 및 수컷의 type 별 비교, 분석은 female(N= 79) : maleL(N= 79), female(N= 36) : maleS(N= 36) 그리고 maleL(N= 36) : maleS(N= 36)로 하였다.

Female, maleL, maleS 사이의 형태적 차이의 유의성은 student's *t*-test를 사용하여 분석하였다.

결 과

서식지 특성

본 종의 채집지는 하천의 중·하류에 해당하는 지역이지만 하천형은 중·상류형이었으며, 물은 비교적 맑은 편이었다. 하천의 폭은 10~15 m, 유폭 2~7 m, 수심은 10~45 cm 정도였고, 하

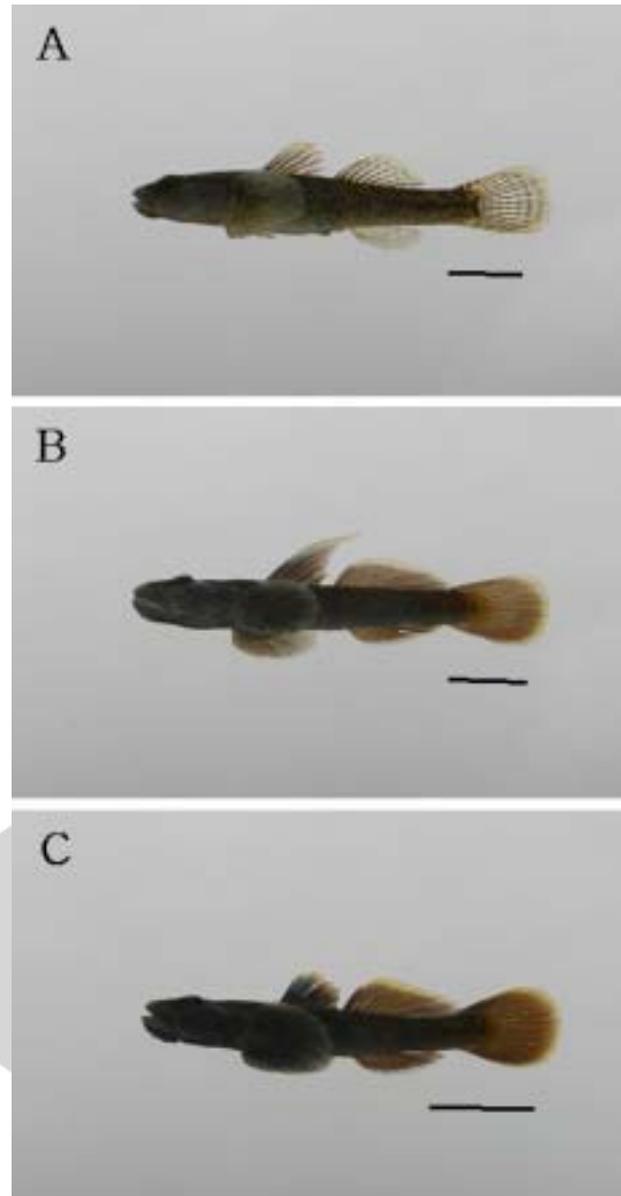


Fig. 1. Morphology of *Rhinogobius brunneus*. A, female; B, long type in first dorsal fin (maleL); C, short type in first dorsal fin (maleS); scale bars = 1 cm.

상구조(Cummins, 1962)는 큰돌(256 mm 이상), 돌(256~64 mm), 자갈(64~16 mm), 잔자갈(16~2 mm), 모래(2 mm 이하)의 비(%)가 10 : 30 : 30 : 20 : 10이었다. 서식 어종은 모두 19종이 조사되었으며 대부분 중류 및 중·상류성 어종이었으나 호수와 하천을 왕래하며 생활사를 이어가는 빙어, *Hypomesus olidus*, 꼭져구, *Chaenogobius urotaenia*, 밀어, 민물검정망둑, *Tridentiger brevispinis* 등도 채집되었다. 우점종은 밀어(상대풍부도 42%)였으며, 아우점종은 피라미, *Zacco platypus*(14%)였고, 기타 우세종은 참갈겨니, *Zacco koreanus*(12%), 돌마자(*Microphysogobio yaluensis*(7%), 돌고기, *Pungtungia herzi*(5%), 참중개, *Iksookimia*

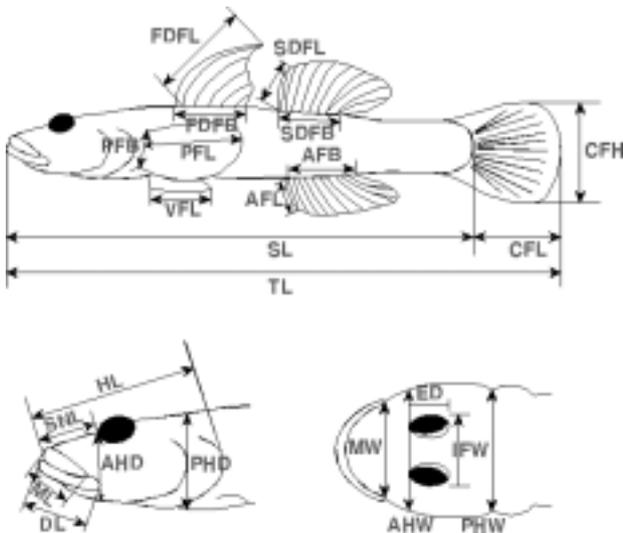


Fig. 2. Morphometric characteristics of *Rhinogobius brunneus*.

AFB, length of Anal fin base; AFL, anal fin length; AHD, anterior head depth; AHW, anterior head width; CFH, caudal fin height; CFL, caudal fin length; DL, dentary length; ED, eye diameter; FDFB, length of first dorsal fin base; FDFL, first dorsal fin length; HL, head length; IFW, infra-orbital width; ML, maxillary length; MW, mouth width; PFB, length of pectoral fin base; PFL, pectoral fin length; PHD, posterior head depth; PHW, posterior head width; SDFB, length of second dorsal fin base; SDFL, second dorsal fin length; SL, standard length; SNL, snout length; TL, total length; VFL, ventral fin length.

koreensis(3%) 등이었다. 밀어는 하상이 돌과 자갈로 이루어진 여울지역에 주로 서식하고 있었으며, 일부는 소지역에서도 채집되었다.

성별, type별 체장분포와 제 1 등지느러미의 길이

채집된 밀어 중 미성어로 추측되는 소형 개체를 제외한 성어 총 236개체 중 female은 121개체, male은 115개체였으며 male 중 maleL은 79개체 그리고 maleS는 36개체로 암·수의 성비는 1 : 0.95였으며 수컷의 maleL : maleS의 비는 1 : 0.46으로 maleL이 훨씬 많은 수를 차지하였다. Female의 체장 평균은 38.90±5.45 (27.75~53.90) mm였으며, maleL은 38.17±4.73(28.40~51.90) mm, maleS는 33.66±4.67(26.50~47.90) mm였다. Female과 maleL의 체장분포는 거의 유사하였으나 maleS는 40 mm 이하의 개체들이 대부분으로, female과 maleL에 비하여 소형이었다(Fig. 3).

Female과 maleL, maleS의 체장과 제 1 등지느러미의 길이(FDFL)를 비교해 본 결과 female(N=121)은 $FDFL = 0.0929SL + 1.9745$ ($r^2 = 0.1326$), maleL(N= 79)은 $FDFL = 0.285SL - 2.4152$ ($r^2 = 0.5131$), maleS(N= 36)는 $FDFL = 0.1932SL - 1.5562$ ($r^2 = 0.4845$)로 나타났다. Female과 male의 2 type 모두 전장이 증가할수록 제 1

등지느러미의 길이도 증가하는 경향을 나타내었지만 r^2 이 0.5131~0.1326으로 매우 낮아 그 값이 많이 분산되어 있었다(Fig. 4).

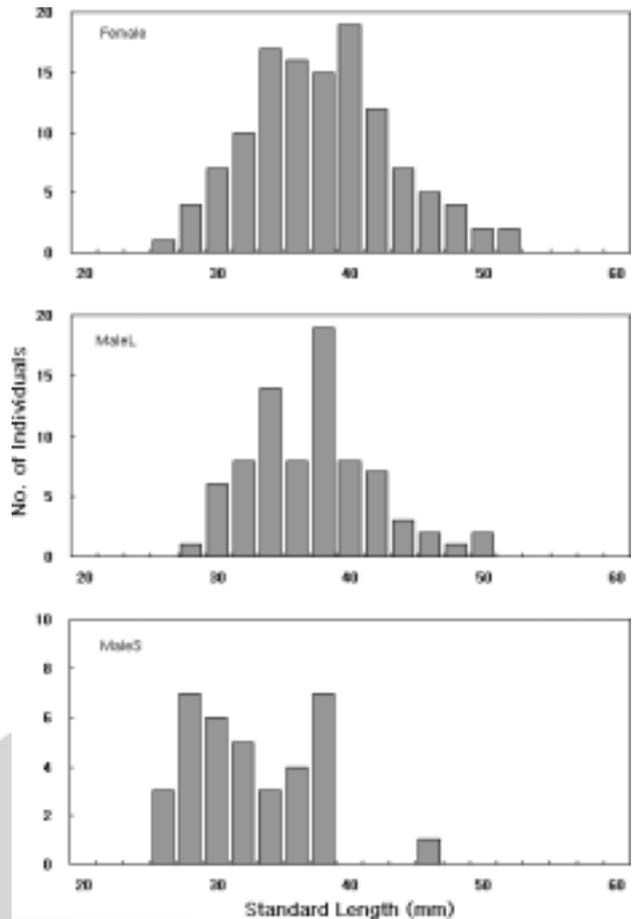


Fig. 3. The frequency distribution of discriminant scores for females (N= 121), maleLs (N= 79) and maleSs (N= 36) in *Rhinogobius brunneus* at Jiam stream, a tributary of the Bukhan river in May, 2005.

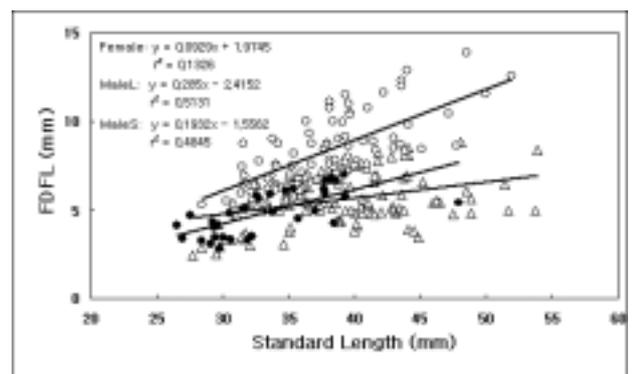


Fig. 4. First dorsal fin length (FDFL) of females (N= 121), maleLs (N= 79) and maleSs (N= 36) in *Rhinogobius brunneus* at Jiam stream, a tributary of the Bukhan river in May, 2005. Female (Δ), maleL (\circ) and maleS (\bullet).

Female과 maleL의 비교

Female(N= 79)과 maleL(N= 79)의 측정형질을 비교한 결과 총 22개의 형질 중 18개 형질(SNL, AHD, PHD, ML, DL, MW, AHW, IFW, PHW, ED, HL, FDFL, SDFB, CFL, AFB, VFL, PFL, PFB)에서 유의한 차이($P<0.05$)가 인정되었으며, 나머지 4개 형질(FDFB, SDFL, CFH, AFL)에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다(Table 1). 유의한 차이가 나타난 18개 형질 중 SNL은 female 9.30±0.93%, maleL 10.16±1.13%(d.f.= 150.7, $P<0.001$), AHD는 female 11.31±1.07%, maleL 12.18±1.51%(d.f.= 140.5, $p<0.001$), ML은 female 7.32±0.82%, maleL 9.80±1.35%(d.f.= 128.9, $P<0.001$), DL은 female 8.39±0.91%, maleL 11.38±1.26%(d.f.= 141.8, $P<0.001$), MW는 female 10.24±1.13%, maleL 12.93±1.69%(d.f.= 136.4, $P<0.001$), AHW는 female 14.03±1.56%, maleL 16.33±2.10%(d.f.= 143.9, $P<0.001$), IFW는 female 11.88±1.22%, maleL 12.86±1.00%(d.f.= 150.3, $P<0.001$), PHW는 female 18.37±1.27%, maleL 19.51±1.46%(d.f.= 153.1, $P<0.001$), HL은 female 26.60±1.50%, maleL 29.69±1.70%(d.f.= 153.7, $P<0.001$), FDFL은 female 15.24±3.12%, maleL 22.08±3.44%(d.f.= 154.6, $P<0.001$), CFL은 female 16.39±2.80%, maleL 18.54±3.70%(d.f.= 145.5, $P<0.001$), PFB는 female 9.42±0.92%, maleL 10.01±1.09%(d.f.= 151.7, $P<0.001$) 등으로 12개 형질은 female과 maleL 사이에 현저한 차이를 보여주었다(Fig. 5). 유의한 차이가 인정된 18개 형질 중 female이 크게 나타난 형질은 없었으며, 모든 형질에서 maleL이 큰 것으로 나타났다.

Female과 maleS의 비교

Female(N= 36)과 maleS(N= 36)의 비교 결과 22개 형질 중 8개 형질(SNL, ML, DL, MW, HL, CFL, VFL, PFL)에서 유의한 차이($P<0.05$)가 인정되었으며, 다른 14개 형질에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다(Table 2). 유의한 차이가 나타난 8개 형질 중 ML은 female 7.21±0.91%, maleS 8.53±1.52%(d.f.= 57.2, $P<0.001$), DL은 female 8.48±0.89%, maleS 10.03±1.60%(d.f.= 54.9, $P<0.001$), HL은 female 26.68±1.28%, maleS 28.09±2.07%(d.f.= 58.3, $P<0.001$) 등 3개의 측정 형질에서는 현저한 차이가 있었다(Fig. 6). 유의한 차이가 인정된 8개 형질은 모두 maleS가 크게 나타났다.

MaleL과 maleS의 비교

MaleL(N= 36)과 maleS(N=36)의 측정 형질을 비교한 결과 22개 형질 중 SNL, AHD, PHD, ML, DL, MW, AHW, IFW, PHW, HL, FDFL 등 모두 11개 형질에서 유의한 차이($P<0.05$)가 인정되었으며, 나머지 11개 형질은 큰 차이가 나타나지 않았다(Table 3). 유의한 차이가 나타난 11개 형질 중 ML은 maleL 9.97±1.24%, maleS 8.53±1.52%(d.f.= 67.4, $P<0.001$), DL은 maleL 11.23±1.12%, maleS 10.03±1.60%(d.f.= 62.6, $P<0.001$), MW는 maleL 13.23±1.70%, maleS 11.35±1.72%(d.f.= 70.0, $P<0.001$), AHW는 maleL 16.45±2.36%, maleS 14.58±1.89%(d.f.= 66.8,

Table 1. Comparison of the biometric characters between females (N= 79) and maleLs (N= 79) of *Rhinogobius brunneus* at Jiam stream, a tributary of the Bukhan river in May, 2005

Biometric characters*	Group	Mean	SD	d.f.	p
SNL	female	9.30	0.932	150.7	0.000
	male L	10.16	1.127		
AHD	female	11.31	1.065	140.5	0.000
	male L	12.18	1.505		
PHD	female	14.84	1.302	154.6	0.038
	male L	15.25	1.185		
ML	female	7.32	0.824	128.9	0.000
	male L	9.80	1.353		
DL	female	8.39	0.909	141.8	0.000
	male L	11.38	1.261		
MW	female	10.24	1.133	136.4	0.000
	male L	12.93	1.689		
AHW	female	14.03	1.558	143.9	0.000
	male L	16.33	2.101		
IFW	female	11.88	1.222	150.3	0.000
	male L	12.86	1.003		
PHW	female	18.37	1.272	153.1	0.000
	male L	19.51	1.463		
ED	female	6.83	0.917	155.1	0.028
	male L	7.14	0.850		
HL	female	26.60	1.504	153.7	0.000
	male L	29.69	1.699		
FDFL	female	15.24	3.123	154.6	0.000
	male L	22.08	3.437		
FDFB	female	12.21	2.399	148.8	0.359
	male L	12.61	3.002		
SDFL	female	13.45	3.049	155.6	0.304
	male L	12.97	2.891		
SDFB	female	14.78	2.160	156.0	0.003
	male L	15.81	2.177		
CFL	female	16.39	2.801	145.5	0.000
	male L	18.54	3.690		
CFH	female	17.55	2.744	145.3	0.120
	male L	16.74	3.626		
AFL	female	11.07	3.282	155.9	0.596
	male L	11.35	3.346		
AFB	female	12.43	1.713	155.4	0.005
	male L	13.19	1.612		
VFL	female	13.44	1.157	147.1	0.004
	male L	14.07	1.487		
PFL	female	24.61	1.613	150.3	0.021
	male L	25.28	1.963		
PFB	female	9.42	0.918	151.7	0.000
	male L	10.01	1.087		

*Abbreviations: see Fig. 1.

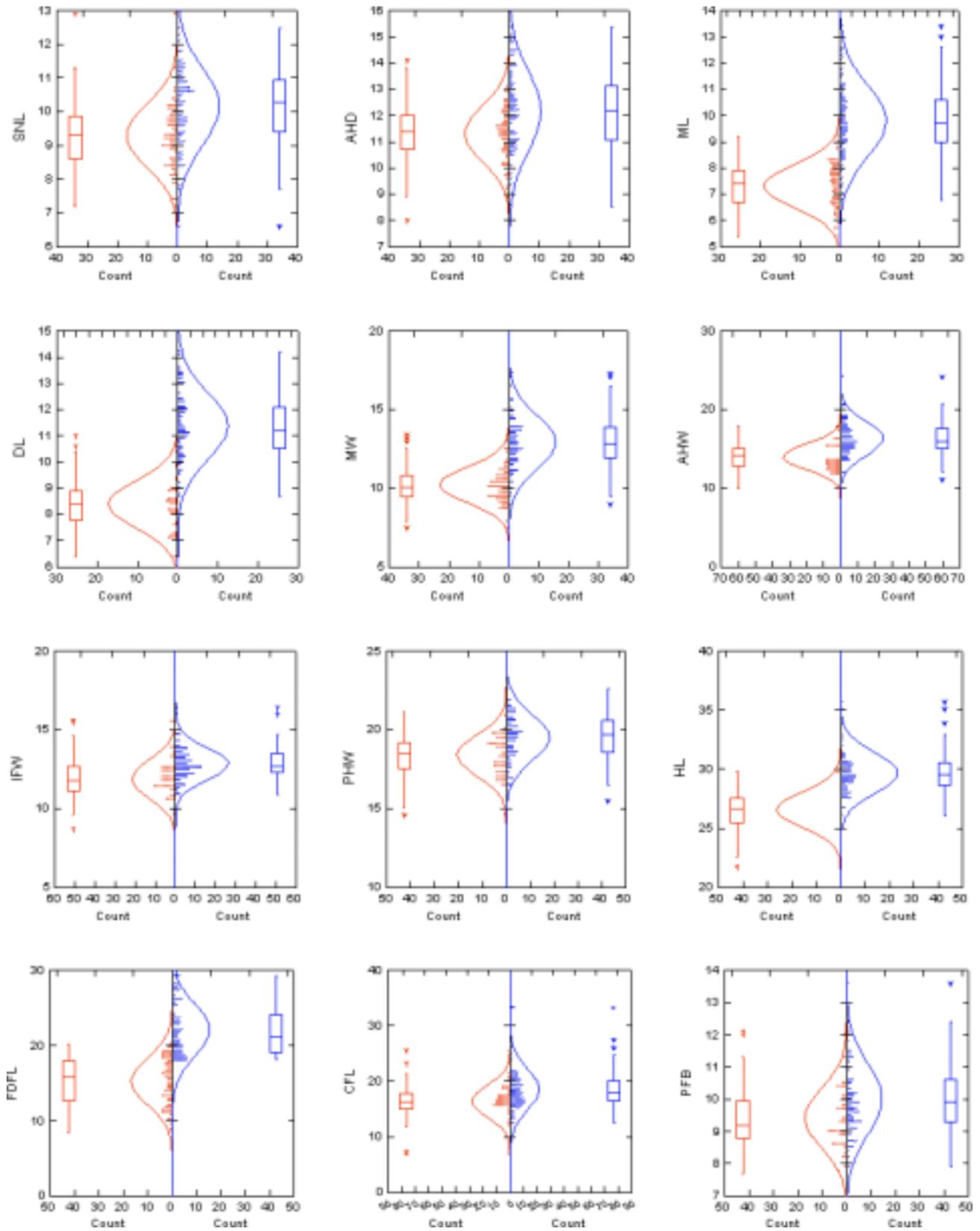


Fig. 5. Mean and dispersion of biometric characteristics between females (left, N= 79) and maleLs (light, N= 79) in *Rhinogobius brunneus* at Jiam stream, a tributary of the Bukhan river in May, 2005.

Table 2. Comparison of the biometric characters between females (N= 36) and maleSs (N= 36) of *Rhinogobius brunneus* at Jiam stream, a tributary of the Bukhan river in May, 2005

Biometric characters	Group	Mean	SD	d.f.	p
SNL	female	9.19	0.846	61.5	0.050
	male S	9.69	1.250		
AHD	female	11.38	1.057	66.7	0.554
	male S	11.54	1.325		
PHD	female	15.04	1.210	66.6	0.243
	male S	14.73	0.962		
ML	female	7.21	0.907	57.2	0.000
	male S	8.53	1.518		
DL	female	8.48	0.893	54.9	0.000
	male S	10.03	1.600		
MW	female	10.40	1.089	59.2	0.007
	male S	11.35	1.719		
AHW	female	14.06	1.313	62.4	0.181
	male S	14.58	1.888		
IFW	female	11.91	1.076	70.0	0.151
	male S	12.28	1.102		
PHW	female	18.41	1.007	55.3	0.788
	male S	18.51	1.785		
ED	female	6.85	1.008	68.2	0.317
	male S	7.07	0.856		
HL	female	26.68	1.277	58.3	0.001
	male S	28.09	2.068		
FDFL	female	14.98	3.149	69.5	0.708
	male S	15.27	3.434		
FDFB	female	12.02	1.966	59.6	0.971
	male S	12.00	3.065		
SDFL	female	13.04	3.018	69.2	0.338
	male S	12.38	2.714		
SDFB	female	14.73	2.229	68.2	0.318
	male S	15.30	2.628		
CFL	female	16.21	3.190	69.9	0.021
	male S	18.02	3.316		
CFH	female	17.89	2.670	69.2	0.063
	male S	16.63	2.981		
AFL	female	10.64	3.072	69.9	0.994
	male S	10.65	2.972		
AFB	female	12.29	1.768	70.0	0.051
	male S	13.11	1.765		
VFL	female	13.37	1.021	60.3	0.002
	male S	14.38	1.563		
PFL	female	24.50	1.390	59.5	0.028
	male S	25.47	2.177		
PFB	female	9.44	0.969	70.0	0.735
	male S	9.52	0.976		

Table 3. Comparison of the biometric characters between maleLs (N= 36) and maleSs (N= 36) of *Rhinogobius brunneus* at Jiam stream, a tributary of the Bukhan river in May, 2005

Biometric characters	Group	Mean	SD	d.f.	p
SNL	male L	10.38	1.126	69.2	0.017
	male S	9.69	1.250		
AHD	male L	12.49	1.467	69.3	0.006
	male S	11.54	1.325		
PHD	male L	15.49	1.185	67.2	0.006
	male S	14.73	0.962		
ML	male L	9.97	1.244	67.4	0.000
	male S	8.53	1.518		
DL	male L	11.23	1.116	62.6	0.000
	male S	10.03	1.600		
MW	male L	13.23	1.699	70.0	0.000
	male S	11.35	1.719		
AHW	male L	16.45	2.360	66.8	0.000
	male S	14.58	1.888		
IFW	male L	12.86	0.981	69.1	0.021
	male S	12.28	1.102		
PHW	male L	19.58	1.454	67.3	0.007
	male S	18.51	1.785		
ED	male L	6.96	0.833	69.0	0.555
	male S	7.07	0.856		
HL	male L	29.53	1.550	64.9	0.001
	male S	28.09	2.068		
FDFL	male L	21.35	1.370	45.9	0.000
	male S	15.27	3.434		
FDFB	male L	12.69	3.241	69.8	0.352
	male S	12.00	3.065		
SDFL	male L	11.81	2.976	69.4	0.399
	male S	12.38	2.714		
SDFB	male L	16.32	2.237	68.3	0.082
	male S	15.30	2.628		
CFL	male L	18.96	3.457	69.9	0.245
	male S	18.02	3.316		
CFH	male L	17.65	3.215	69.6	0.167
	male S	16.63	2.981		
AFL	male L	10.48	3.602	67.6	0.826
	male S	10.65	2.972		
AFB	male L	13.16	1.570	69.1	0.894
	male S	13.11	1.765		
VFL	male L	14.32	1.281	67.4	0.850
	male S	14.38	1.563		
PFL	male L	24.94	1.917	68.9	0.276
	male S	25.47	2.177		
PFB	male L	10.01	1.128	68.6	0.052
	male S	9.52	0.976		

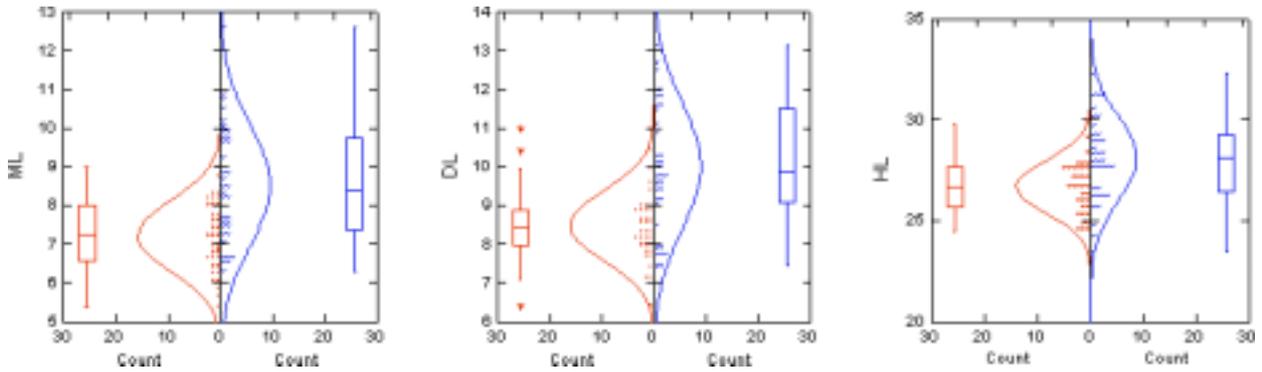


Fig. 6. Mean and dispersion of biometric characteristics between females (left, N= 36) and maleSs (light, N= 36) in *Rhinogobius brunneus* at Jiam stream, a tributary of the Bukhan river in May, 2005.

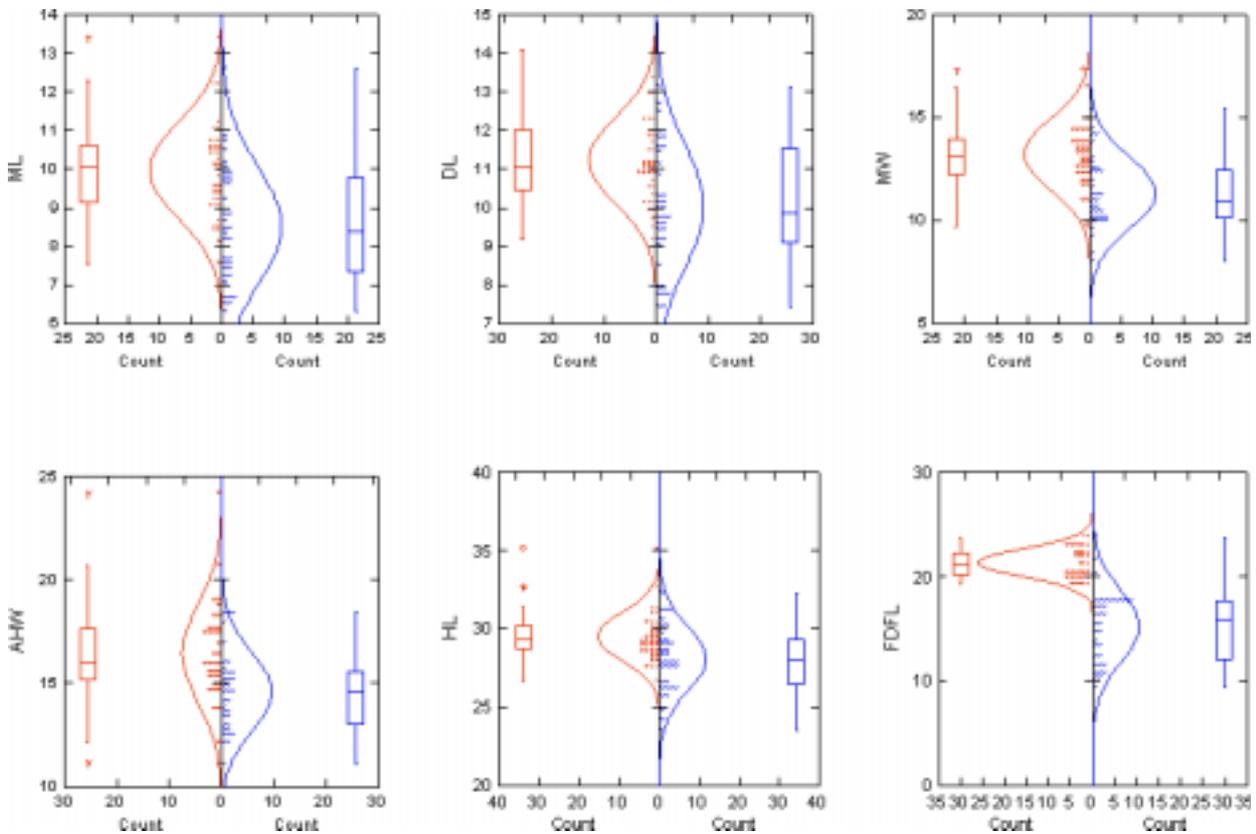


Fig. 7. Mean and dispersion of biometric characteristics between maleLs (left, N= 36) and maleSs (light, N= 36) in *Rhinogobius brunneus* at Jiam stream, a tributary of the Bukhan river in May, 2005.

$P < 0.001$), HL은 maleL 29.53 ± 1.55 , maleS 28.09 ± 2.07 (d.f.= 64.9, $P < 0.001$), FDFL은 maleL 21.35 ± 1.37 , maleS 15.27 ± 3.43 (d.f.= 45.9, $P < 0.001$) 등 6개 형질은 큰 차이가 있었다(Fig. 7). 유의한 차이가 인정된 11개 형질 모두 maleL이 큰 것으로 나타났다.

고 찰

수컷의 제 1 등지느러미 길이를 체장의 18% 선에서 maleL과

maleS로 임의 구분하였을 때, 체장에 대한 제 1 등지느러미 길이의 기울기에서 maleS는 female 보다는 maleL의 기울기와 유사하여 체장에 대한 제 1 등지느러미의 성장 양상은 maleL과 유사하였다.

체장분포에서는 female과 maleL이 50 mm 이상의 개체까지 출현하는 반면 maleS는 대부분 만 1~2년생인 40 mm 이하의 소형 개체들로 구성되어 있었다. Gross(1982)는 블루길의 대체생식전략에 대하여 논하면서 생식활동을 빨리 시작하는 sneaker와 mimicry는 parental male에 비하여 수명이 매우 짧다고 보고한 바

있으며, 금강모치, *Rhynchocypris kumgangensis*(Song 2000)와 연준모치, *Phoxinus phoxinus*(Song and Son 2002) 등에서도 생식활동을 일찍 시작하는 수컷의 수명이 짧다는 논의가 있었다. 암컷이 산란을 위해 비교적 큰 수컷을 선호하는 본 종의 특성상(Ito and Yanagisawa 2000), 아직 명확하게 밝혀지지는 않았지만 maleL은 2~3년 성장한 후 생식활동에 참여하고, maleS가 sneaker 또는 mimicry의 생식형이라고 가정한다면(Okuda *et al.* 2003) 성적으로 성숙하는 당해년도와 다음해에 대부분의 개체들이 생식활동에 참여한 후 죽는 것으로 추측할 수도 있다.

Female과 maleL 사이에서 SNL, AHD, ML, DL, MW, AHW, IFW, PHW, HL, FDFL, CFL, PEB 등은 대표적인 이차 성징으로 그 차이가 현저하였으며($P < 0.001$), 위의 형질 중 maleS도 ML, DL, HL 등에서는 female과 큰 차이를 나타내었다. 이차 성징의 대표적인 특징인 FDFL의 체장(SL)에 대한 비율을 보면 female과 maleL 사이에서는 평균 15.24%와 22.08%, maleL과 maleS 사이는 21.35%와 15.27%로 매우 큰 차이를 나타내었으나($P < 0.001$), female과 maleS 사이에서는 14.98과 15.27%로 유의할 만한 차이가 나타나지 않았다($P > 0.05$). 두쌍은 female과 maleL에서는 26.60%와 29.69%로 현저한 차이를 나타내었고($P < 0.001$), female과 maleS는 26.68%와 28.09%($P < 0.001$), maleL과 maleS는 29.53%와 28.09%($P < 0.001$)로 역시 큰 차이를 보였다. 또한 ML과 DL도 female과 maleL에서 각각 7.32%와 9.80% 그리고 8.39%와 11.38%로, female과 maleS에서는 각각 7.21%와 8.53% 그리고 8.48%와 10.03%로 나타났으며, maleL과 maleS 사이에서는 각각 9.97%와 8.53% 그리고 11.23%와 10.03%로 나타났다. 즉 FDFL에서는 maleS는 maleL보다 female과 유사하였으나 HL에서는 성별, type별로 큰 차이($P < 0.001$)가 있어 구별되었으며, ML과 DL 등도 성별 및 type별로 구별($P < 0.001$) 되었다. 한편 female과 maleL에서 유의한 차이가 나는 18개 형질($P < 0.05$) 중 AHD, PHD, AHW, IFW, PHW, ED, FDFL, SDFB, AFB, PFB 등 10개 형질은 female과 maleS 사이에서는 유의할 만한 차이가 없었으며($P > 0.05$) 이 형질 중 AHD, PHD, AHW, IFW, PHW, FDFL 등 6개 형질은 maleL과 maleS 사이에 유의한 차이($P < 0.05$)를 나타내 maleS의 일부 측정형질이 maleL보다는 female의 측정형질과 유사하게 나타났다. 또한 female, maleL 그리고 maleS에서 공통으로 유의한 차이가 없는($P > 0.05$) 형질은 FDFB, SDFL, CFH, AFL 등 4가지 형질이었다.

Okuda *et al.*(2003)은 암컷으로 보이는 347마리 중에서 3개체의 female mimicry를 보고하였으며, 그 특징으로 짧은 제 1 등지느러미와 암컷과 유사한 체색 그리고 전형적인 수컷에 비하여 현저하게 높은 생식소 성숙도 등을 제시하였다. 그러나 제 1 등지느러미의 긴 형과 짧은 형에 대한 논의는 없었다. 본 조사의 결과에서 maleS형의 혼인색은 maleL형의 혼인색 발현 양상과 매우 유사하였으며(Fig. 1), maleL과 maleS를 합한 115 개체의 수컷과 암컷 121 개체 중 female mimicry는 발견되지 않았다.

대부분의 동물들은 이차성징에 의한 특정 형질을 강조함으로써 이성 간 성 선택의 성공률을 높일 수 있는데(Zahavi 1975,

Andersson 1984), 본 종의 대표적인 과시행동은 혼인색이 나타난 크고 화려한 지느러미를 활짝 펴거나 새개부와 턱을 부풀리는 양상이다. Suk and Choe(2002)는 암컷은 등지느러미가 긴 수컷을 선호한다고 보고한 바 있는데, 이 경우 제 1 등지느러미가 상대적으로 짧은 maleS는 성 선택에서 매우 불리한 위치에 처하게 된다. 한편 Gross(1982)는 블루길의 parental male은 집단 내에서 성공적인 생식을 위한 경쟁력을 확보할 때까지 성적 성숙이 지연되며, 일단 경쟁력을 확보할 만큼 충분히 성장한 후 산란소를 만들고 암컷을 유인하여 산란을 하며 알을 보호하는 등 생식 활동을 시작한다고 하였다. 반면, sneaker와 female mimicry는 위와 같은 생식 활동을 하지 않는 대신, 조기 성숙함으로써 여분의 에너지를 생식소에 투자하고, 수정의 기회를 증가시키는 전략을 사용하며, 이와 같은 생식전략을 위해 성내 다형현상이 나타난다고 하였다.

밀어의 성 선택에서 제 1 등지느러미 길이와 같이 매우 중요하게 작용하는 특정 형질이, 단순히 개체 변이의 범주에 속하는 것인지, 또는 생식활동과 연관된 수컷의 다양한 대체생식전략과 같이, 다른 기능 및 생태적인 차이를 수반하는 것인지에 대해서 명확하게 알려진 것이 없다. 이러한 의문점을 해결하기 위해서는 자연 산란장을 대상으로 본 종의 생식생태에 대한 면밀한 조사가 요구된다.

적 요

밀어의 성적 이형과 수컷 사이의 이형에 대하여, 2005년 5월에 강원도 춘천시 서면 오월리의 지암천에서 채집한 개체군을 대상으로 조사한 결과는 다음과 같다. Female과 maleL의 체장 분포와 성비는 거의 유사하였으나 maleS는 40 mm 이하의 개체들이 대부분으로 female과 maleL에 비하여 소형 개체들이었으며, maleL : maleS의 비는 1 : 0.46이었다. Female(N= 79)과 maleL(N= 79)의 측정형질 중 18개 형질(SNL, AHD, PHD, ML, DL, MW, AHW, IFW, PHW, ED, HL, FDFL, SDFB, CFL, AFB, VFL, PFL, PFB)에서 유의한 차이($P < 0.05$)가 인정되었으며, 이들 중 SNL, AHD, ML, DL, MW, AHW, IFW, PHW, HL, FDFL, CFL, PFB 등 12개 형질은 현저한 차이($P < 0.001$)를 나타내었다. Female(N= 36)과 maleS(N= 36)의 비교 결과 8개 형질(SNL, ML, DL, MW, HL, CFL, VFL, PFL)에서 유의한 차이($P < 0.05$)가 인정되었으며, 이들 중 ML, DL, HL 등 3개의 측정 형질에서는 현저한 차이($P < 0.001$)가 있었다. MaleL(N= 36)과 maleS(N=36)의 측정 형질 중 SNL, AHD, PHD, ML, DL, MW, AHW, IFW, PHW, HL, FDFL 등 모두 11개 형질에서 유의한 차이($P < 0.05$)가 인정되었으며, 11개 형질 중 ML, DL, MW, AHW, HL, FDFL 등 6개 형질은 큰 차이($P < 0.001$)가 있었다.

인용문헌

Andersson, M. 1982. Female choice selects for extreme tail length in a

- widow bird. *Nature* 229: 818-820.
- Andersson, M. 1984. The evolution of eusociality. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 15: 165-189.
- Bisazza, A. and A. Marconato. 1988. Female mate choice, male-male competition and parental care in the river bullhead, *Cottus gobio* L. (Pisces, Cottidae). *Animal Behaviour* 36: 1352-1360.
- Bygott, J.D., B.C.R. Bertram and J.P. Hanby. 1979. Mail lions in large coalitions gain reproductive advantage. *Nature* 282: 839-841.
- Catchpole, C.K., J. Dittami and B. Leisler. 1984. Differential responses to male song repertoires in female songbirds implanted with oestradiol. *Nature* 312: 563-564.
- Cummins, K.W. 1962. An evaluation of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special on lotic waters. *Amer. Midl. Natl.* 67: 477-504.
- Darling, F.F. 1937. *A Herd of Red Deer*. Oxford Univ. Press.
- Darwin, C. 1871. *The Descent of Man and Selection in Relation to Sex*. L. Murray, London.
- Dominey, W.J. 1980. Female mimicry in male bluegill sunfish - a genetic polymorphism? *Nature* 284: 546-548.
- Fisher, R.A. 1958. *The Genetical Theory of Natural Selection*. Dover, New York.
- Geist, V. 1974. On fighting strategies in animal conflict. *Nature* 250: 354.
- Gross, M.R. 1982. Sneakers, satellites, and parentals: polymorphic mating strategies in North American sunfishes. *Z. Tierpsychol.* 60: 1-26.
- Gross, M.R. 1985. Disruptive selection for alternative life histories in salmon. *Nature* 313: 47-48.
- Houde, A.E. and J.A. Endler. 1990. Correlated evolution of female mating preferences and male colour patterns in the guppy *Poecilia reticulata*. *Science* 248: 1405-1408.
- Huxley, J.S. 1966. A discussion of ritualisation of behaviour in animal and man: introduction. *Phil. Trans. R. Soc.* 251: 247-271.
- Ito, S and Y. Yanagisawa. 2000. Mate choice and cannibalism in a natural population of a stream goby, *Rhinogobius* sp. *Ichthyological Research* 47: 51-58.
- Jakobsson, S., T. Radesäter and T. Järvi. 1979. On the fighting behaviour of *Nannacara anomala* (Pices, Cichlidae) males. *Z. Tierpsychol.* 49: 210-220.
- Jeon, S.R. and Y. Aonuma. 1995. Studies on the key and distribution of the Genus *Rhinogobius* (Pisces: Gobiidae) from Korea. *Sang Myung Women's Univ. J. Natural Sci.* 2: 1-32.
- Jones, J.A. 1959. *The Salmon*. Collins, London.
- Kim, I.S., Y. Choi, C.L. Lee, Y.J. Lee, B.J. Kim and J.H. Kim. 2005. *Illustrated Book of Korean Fishes*. Kyohaksa, Seoul. pp. 420-445.
- Kim, J.B., J.H. Kim and S.Y. Yang. 1997. Systematic studies on the freshwater goby, *Rhinogobius* species (Perciformes, Gobiidae) III. Geographic variation and subspecific differentiation in *Rhinogobius giurinus*, with a comment on genetic relationships among four species of the genus *Rhinogobius*. *Korean J. Biol. Sci.* 1: 529-534.
- Kim, J.B. and S.Y. Yang. 1996. Systematic studies on the freshwater goby, *Rhinogobius* species (Perciformes, Gobiidae), II. Geographic distribution and taxonomic status of three color types in the *Rhinogobius brunneus* complex from South Korea. *Korean J. Systematic Zoology* 12: 331-347.
- Krebs, J.R. and N.B. Davies. 2004. *Behavioural Ecology, an Evolutionary Approach*. Blackwell, Oxford.
- Lank, D.B. and C.M. Smith. 1987. Conditional lekking in ruff (*Philomachus pugnax*). *Behav. Ecol. Sociobiol.* 20: 137-145.
- Masuda, Y., T. Ozawa and S. Egami. 1989. Genetic differentiation among eight color types of the freshwater goby, *Rhinogobius brunneus*, from western Japan. *Jap. J. Ichthyol.* 36: 30-41.
- Maekawa, K. and H. Onozato. 1986. Reproductive tactics and fertilization success of mature male miyabe charr, *Salvelinus malma miyabei*. *Environ. Biol. Fish.* 15: 119-129.
- Noonan, K. 1983. Female mate choice in the cichlid fish *Cichlasoma nigrofasciatum*. *Animal Behaviour* 31: 321-329.
- Okuda, N., S. Ito and H. Iwao. 2003. Female mimicry in a freshwater goby *Rhinogobius* sp. *OR. Ichthyol. Biol.* 50: 198-200.
- Parker, G.A. 1974. Assessment strategy and the evolution of animal conflicts. *J. Theor. Biol.* 47: 223-243.
- Petrie, M., T. Halliday and C. Sanders. 1991. Peahens prefer peacocks with elaborate trains. *Animal Behaviour* 41: 323-331.
- Ryan, M.J., M.D. Tuttle and A.S. Rand. 1982. Bat predation and sexual advertisement in a neotropical anuran. *Amer. Natur.* 119: 136-139.
- Sinclair, A.R.E. 1977. *The African Buffalo*. Univ. of Chicago Press, Chicago.
- Song, H.B. 2000. Population ecology of fat minnow, *Rhynchocypris kumgangensis* (Cyprinidae) in Korea. *Kor. J. Ichthyol.* 12: 101-110.
- Song, H.B. and Y.M. Son. 2002. Maturity and reproductive ecology of the minnow, *Phoxinus phoxinus* (Cyprinidae) in the upper South Han River, Korea. *Kor. J. Ichthyol.* 14: 262-268.
- Suk, H.Y. and J.C. Choe. 2002. Females prefer males with larger first dorsal fins in the common freshwater goby. *J. Fish Biol.* 61: 899-914.
- Takahashi, D. and M. Kohda. 2004. Courtship in fast water currents by a male stream goby (*Rhinogobius brunneus*) communicates the parental quality honestly. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 55: 431-438.
- Tzeng, C.S. 1986. *The Freshwater Fishes of Taiwan*. Taiwan Prov. Educ. Press. pp. 66-69.
- van Rhijn, J.G. 1983. On the maintenance and origin of the alternative strategies in the ruff *Philomachus pugnax*. *Ibis.* 125: 482-498.
- Wells, K.D. 1977. The social behaviour of anuran amphibians. *Animal Behaviour* 25: 666-693.
- Zahavi, A. 1975. Mate selection - a selection for a handicap. *J. theor. Biol.* 67: 603-605.
- Zheng, M. and H. Wu. 1985. A study on the freshwater Gobiidae fishes of Zhejiang province, China, with description of two new species (Perciformes: Gobiidae). *Acta Zootax. Sinica* 10: 326-332.

(2005년 8월 17일 접수; 2005년 10월 6일 채택)