

밀어, *Rhinogobius brunneus* (Pisces: Gobiidae)의 개체군생태

송 호 복* · 백 현 민

강원대학교 자연과학대학 생명과학부

Population Ecology of the Common Freshwater Goby *Rhinogobius brunneus* (Pisces: Cyprinidae) in Korea

Ho-Bok Song* and Hyun-Min Baek

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

The population ecology of *Rhinogobius brunneus* was investigated on, tributaries of the Bukhan River from May 2003 to June 2005. The habitat was mostly a rapids area with pebbles and cobbles in the lower part of the stream. The cohabitation fishes were *Zacco platypus*, *Zacco temmincki*, *Microphysogobio yaluensis* and *Iksookimia koreensis*. The males and females become sexually mature after one year. Spawning season was from May to June with water temperatures in the range 22~25°C. The prosperous period was from late May to early June. The average number of eggs in the ovary was 989±511 (range, 151~2,209). The year-round sex ratio of female to male was 1 : 0.90. The total length in this population indicated that the below-40 mm group is one year old, 40~52 mm group is two years old, 52~65 mm group is three years old, and the longer-than-65 mm group is over four years old. There were no differences in total length distribution between the males and females. Nests were built up at a water depth of 13.7±5.8 (5~31) cm and a current velocity of 9.6±4.8 (10~19) cm/sec. Brood size (egg number) of the parental male was 1,974±1810 (egg number = 95.022_{TL}-3507, r² = 0.3591, N = 33). Newly hatched larvae that drifted downstream to the lake returned to the stream during late June to August; the smallest size in this population was 20 mm in total length.

Key words : *Rhinogobius brunneus*, life cycle, habitat, growth, spawning season

서 론

농어목 (Perciformes) 망둥어과 (Gobiidae)에 속하는 밀어, *Rhinogobius brunneus*는 전장 40~70 mm의 소형

저서성 어류로서 우리나라를 비롯하여 중국, 대만, 일본 등에 분포하고 있다(宮地 等, 1976; 정, 1977; Zheng and Wu, 1985; Tzeng, 1986; 김 등, 1986; 최 등, 1989; 김 등, 2005). 본 종은 바다와 인접한 하천의 여울부에 주로 서식하고 있는 양측회유성 (amphidromous)이며, 내륙의 하천에는 육봉화 (land-locked type)한 개체군이 광범위하게 분포하고 있다.

*Corresponding author: hoboksong@hanmail.net

본 종은 체측반문과 체색의 변이로 인해 분류학적 논란이 있어 왔으며, type에 따라 다양한 생태적 지위 (ecological niche)를 가지고 있다. Mizuno (1976)는 일본산 밀어 4 type의 분포에 대하여 논하였고, Masuda *et al.* (1989)과 Akihito *et al.* (1993) 등은 일본산 밀어를 8 type으로 보고한 바 있으며, Tzeng (1986)은 대만산을 3 type으로 분류하였다. 한국산 밀어에 대하여 Jeon and Aonuma (1995)는 4 type 즉 무늬밀어 (*Rhinogobius* sp. CB), 검정밀어 (*R. sp.* LD), 파랑밀어 (*R. sp.* CO), 등황밀어 (*R. sp.* OR)로 정리하였으며, 김과 양(1996), Kim *et al.* (1997)은 밀어 (*R. brunneus* A type), 줄밀어 (*R. brunneus* B type), 파랑밀어 (*R. brunneus* C type)와, *Rhinogobius* sp. OR, *R. sp.* CB 그리고 *R. sp.* CO 등 3종으로 분류한 바 있다. 또한 김 등 (2004)은 무늬밀어와 파랑밀어의 cytochrome b 유전자의 염기서열을 비교하였다.

한편 밀어에 대한 최근의 생태학적 연구로는 생태형 즉 호수성 (lacustrine)과 하천-호수성 (fluvial-lacustrine) 또는 육봉형과 양측회유성에 따른 생식소 성숙과 난의 크기에 대한 차이점 (Kato, 1996; Maruyama and Yuma, 2003), 부화 자어의 유하 (drift) 시 자어의 이동 기작 및 기아 (starvation)에 대한 연구 (Iguchil and Mizuno, 1991, 1999) 등이 있으며, 산란생태에 관한 연구로는 암컷의 성 선택과 수컷의 구애 장소에 따른 양육 능력 (parental ability)의 관계에 대한 연구 (Takahashi and Kohda, 2004), 수컷의 제1등지느러미 크기에 따른 암컷의 선택 반응 (Suk and Choe, 2002), 난의 유무에 따른 암컷의 산란소 선택 (Suk and Choe, 2002), 수컷의 fighting behavior (Suk and Choe, 2001), 수컷의 female mimicry (Okuda *et al.*, 2003), 암컷의 산란전략 (Okuda *et al.*, 2002) 등에 관한 연구가 있다. 또한 Sakai and Yasuda (1978), 한 등 (1998)과 문 등 (2005)은 본 종의 산란행동과 초기생활사에 관하여 보고한 바 있다. 그러나 한국산 밀어 개체군의 생태 및 생활사에 관한 연구는 시행된 바 없었다.

어류의 개체군 생태에 관한 연구는, 종의 이해와 더불어 다양한 생물학적 지식을 축적할 수 있으며, 이를 토대로 어족자원의 보존과 보호 및 증식, 환경평가 등에 다각도로 이용할 수 있다. 본 연구에서는 대형 댐의 유입지류에 적응하여 서식하고 있는 육봉형 밀어의 개체군 생태 연구의 일환으로 본 종의 생태학적 특징을 조사 연구하였다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 밀어는 체색 및 뺨과 지느러미의

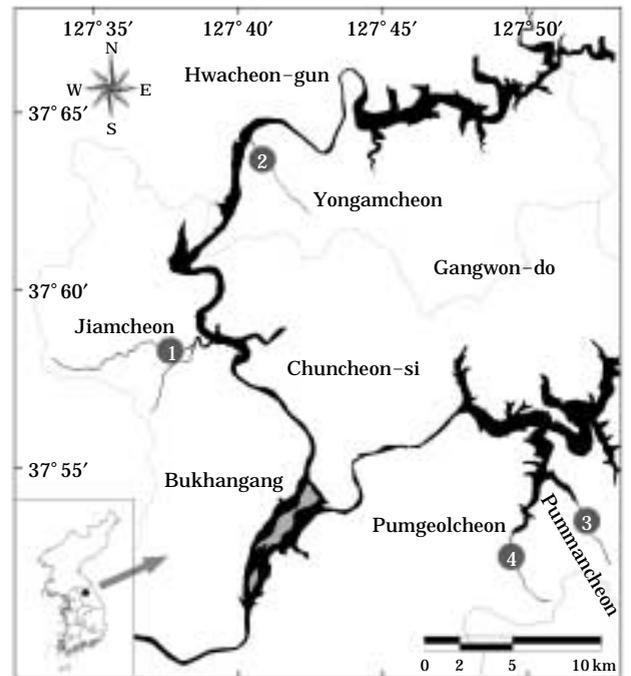


Fig. 1. Map showing the research stations. St. 1: Oweol-ri, Seo-myeon, Chuncheon-si, Gangwon-do, St. 2: Yongam-ri, Hanam-myeon, Hwacheon-gun, Gangwon-do, St. 3: Pumgeol-ri, Dong-myeon, Chuncheon-si, Gangwon-do, St. 4: Sanggeol-ri, Dong-myeon, Chuncheon-si, Gangwon-do, Korea.

반문, 뺨과 몸통의 청색 소반점, 꼬리지느러미 기저부 암색 반문의 명료성 등의 특징으로 비교 분석한 결과 Jeon and Aonuma (1995)가 제시한 4 type 중 등황밀어 (*R. sp.* OR)로, 김과 양(1996), Kim *et al.* (1997) 등이 주장한 3 type (또는 종) 중 밀어 (*R. brunneus* A type 또는 *R. sp.* OR)로 분류되었다.

밀어의 서식지 환경특성을 조사하기 위하여, 북한강의 춘천댐 유입지류인 강원도 춘천시 서면 오월리의 지암천 (St. 1)과 화천군 하남면 용암리의 용암천 (St. 2), 소양댐 유입지류인 춘천시 동면 품걸리의 품걸천 (St. 3)과 상걸리의 품만천 (St. 4) 등을 조사하였다 (Fig. 1). 각 하천을 대상으로 본 종의 서식 밀도가 비교적 높은 지점을 선택하여, 2004년 6월과 10월에 걸쳐, 하천별 환경조사와 함께, 족대 (망목, 2×2 mm), 투망 (5×5 mm) 등을 사용하여 총 2회 어류를 채집한 후 동정, 분류하였으며 (정, 1977; 김, 1997; 김 등, 2005), 출현 어류상과 상대 풍부도 등을 조사하였다.

본 종의 생태조사는 2003년 5월부터 2005년 6월까지, 지암천 (St. 1)에서 시행하였다. 어류의 채집과 수은 측정 은 매월 15~20일 사이에 실시하였으며, 산란기를 전후

한 5~6월에는 월 2~3회 실시하였고, 그 외에는 월 1회 실시하였다. 채집한 어류의 대부분은, 현장에서 성감별과 전장(total length) 측정 후 방류하였으며, 일부는 생태학적 연구를 위하여 10% 포르말린에 고정한 후, 실험실에서 분석하였다. 성비는 이차성징이 나타나는 만 1년생 이상의 개체들을 대상으로, 제 1 등지느러미의 형태와 생식돌기 및 생식소를 확인하여 구별하였으며, 전장은 digital vernier calipers (0.01 mm)를 사용하여 측정하였다. 체중, 생식소 무게 등은 0.01 g까지 측정하여 월별 생식소 성숙도 (gonadosomatic index (GSI)) = gonad weight/body weight × 100)를 구하였으며, 산란기의 개체군을 대상으로 성별 성적 성숙연령(전장)을 조사하였다. 연령 산정 및 성장도 조사는 전장빈도분포법(total length frequency distribution, Ricker, 1971)을 이용하였고, 포란수 조사를 위하여, 산란 성기에 채집한 암컷을 대상으로 난소를 적출하여 난을 계수하였다. 산란기에는 산란장의 물리적 조건과 산란행동 및 수컷(parental male)의 전장과 보유 난수의 관계, 그리고 부화 후 자치어의 이동에 대하여 조사하였다.

결 과

1. 서식지 환경 및 동서 어류상

조사 하천의 전 구간 중 밀어의 밀도가 가장 높은 주된 서식지는 모두 호수 유입부와 인접한 하천의 하류부였으며 하천형은 상류형(Aa) 또는 중·상류형(Aa-Bb)이었다. 하폭은 약 5~15 m, 유폍은 1~7 m, 수심 5~45 cm 가량으로 모두 소하천에 해당하였다. 하상구조는 주로 큰돌, 돌, 자갈 등이 대부분을 차지하였으며 유속이 느린 곳은 잔자갈 또는 모래 등이 깔려 있었다(Table 1). 생태 조사지역인 지암천(St. 1)은 하천 주변이 주로 산림과 논, 밭 등으로 구성되어 오염원이 비교적 적은 편이었으며, 물은 맑은 편이었으나 유량은 많지 않았다. 연중 수온의 변화는 1월이 0°C로 가장 낮았고, 8월이 28°C로 최고 값을 보였다(Fig. 2).

밀어의 주된 동서어류와 상대풍부도 등은 Table 2와 같다. 조사된 4지점 모두 밀어가 압도적으로 우점하였으며 전 지점을 통하여 주된 동서어류는 피라미, *Zacco platypus*, 갈겨니, *Zacco temmincki*, 돌마자, *Microphrysogobio yaluensis*, 참종개, *Iksookimia koreensis* 등이었다. 본 종은 소지역 보다는 주로 돌과 자갈이 많은 여울 지역에서 다수 채집되었다.

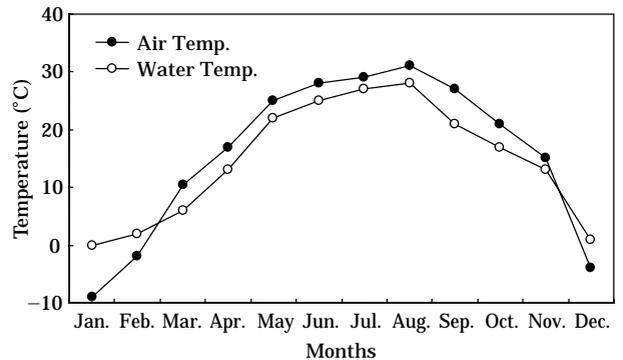


Fig. 2. Monthly changes of air and water temperature at jiam stream, a tributary of the Bukhan river from January to December in 2004.

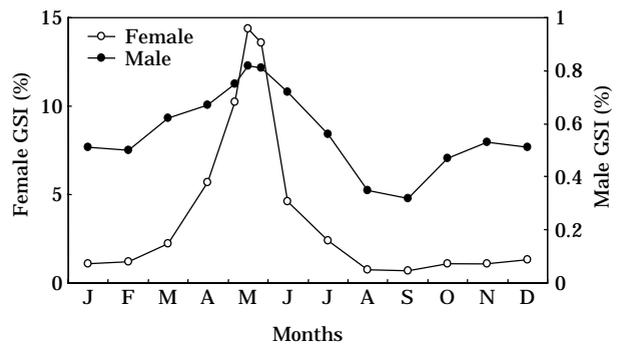


Fig. 3. Gonadosomatic indices of *Rhinogobius brunneus* in monthly samples at Jiam stream, a tributary of the Bukhan river from January to December in 2004.

Table 1. Physical environments at each station of the Bukhan river system in June and October, 2004

Stations	Stream form	Stream width (m)	water width (m)	Water depth (cm)	Structure of bottom (%) [*] B : C : P : G : S
St. 1	Mid-upper	10~15	2~7	10~45	10:20:30:20:20
St. 2	Upper	8~10	1~5	10~30	20:30:30:10:10
St. 3	Upper	5~10	1~4	5~40	30:30:20:10:10
St. 4	Upper	8~12	1~6	10~30	30:30:20:10:10

^{*}Cummins (1962): B (boulder, >256 mm), C (cobble, 256~64 mm), P (pebble, 64~16), G (gravel, 16~2 mm), S (sand and silt, 2<).

2. 생식소 성숙

산란시기의 조사를 위하여 월별 생식소성숙도 값을 조사한 결과, 암, 수 모두 3월 이후부터 생식소가 발달하기 시작하였으며, 암컷은 4월에 생식소 성숙도가 5% 이상으로 상승하였고, 5월초에 10% 이상 그리고 중순경에 14.4%로 절정을 이룬 후 5월하순을 지나면서 급격히 감소하였다. 9월에 최소값인 0.7%에 달한 후 서서히 증가하기 시작하였다. 수컷 역시 5월중순에 0.82%로 정점에 달하였고 점차 감소하여 9월에 최소값인 0.32%에 이르렀으며, 10월부터 상승하기 시작하였다 (Fig. 3). 이상의 결과로 보아 본 종의 산란기는 5~6월로 판단되며 이때의 수온은 22~25°C의 범위였고 산란 성기는 5월 20일경부터 6월 10일경으로 조사되었다.

3. 성적 성숙 연령

한편 생식소가 발달하기 시작하고, 성적으로 성숙하여

산란에 참여하는 개체군의 전장 범위와 연령을 조사하기 위하여, 산란 성기로 추정되는 5월에 서식지에서 채집한 개체들을 대상으로, 암, 수의 전장별 생식소 성숙도를 조사하였다. 암, 수컷 모두 전장 30 mm 내외부터 생식소성숙도가 높은 값을 나타내 만 1년이면 성적으로 성숙하는 것으로 나타났다. 암컷의 경우 가장 높은 생식소성숙도 값은 38.16%였으며 본 개체의 전장은 36.2 mm였다. 수컷은 1.98% (전장 53.3 mm)가 가장 높게 나타났다 (Fig. 4).

4. 포란수

포란수 조사를 위하여 산란성기로 추측되는 5월에 각 연령별로 포란수를 계수하였다 (N = 58). 만 1년생 (N = 17)의 평균 포란수는 487 (151~804)개였으며, 만 2년생 (N = 24)은 926 (585~1,352)개, 만 3년생 (N = 17)은 1,584 (828~2,209)개로 연령이 증가할수록 즉 개체의 크기가

Table 2. Fish fauna at each station of the Bukhan river system in June and October, 2004

Species	1	2	3	4	Total	RA (%)*	Note**
Cyprinidae, 잉어과							
<i>Zacco platypus</i> , 피라미	47	52	17	11	127	15.03	P
<i>Zacco temmincki</i> , 갈겨니	21	27	29	33	110	13.02	P
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> , 버들치	2	5	37	4	48	5.68	P
<i>Rhynchocypris kumgangensis</i> , 금강모치			31		31	3.67	
<i>Acheilognathus lanceolatus</i> , 납자루	1				1	0.12	P, E
<i>Pungtungia herzi</i> , 돌고기	17	8	4		29	3.43	P
<i>Squalidus gracilis majimae</i> , 진물개	3				3	0.36	P, E
<i>Hemibarbus longirostris</i> , 참마자	5	11		2	18	2.13	P
<i>Pseudogobio esocinus</i> , 모래무지	4	2			6	0.71	P
<i>Microphysogobio yaluensis</i> , 돌마자	18	24	16	13	71	8.40	P, E
Balitoridae, 종개과							
<i>Orthrias nudus</i> , 대륙종개	4			9	13	1.54	P
Cobitidae, 미꾸리과							
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i> , 미꾸리	2				2	0.24	P
<i>Iksookimia koreensis</i> , 참종개	12	9	5	12	38	4.50	P, E
<i>Koreocobitis rotundicaudata</i> , 새코미꾸리	1		2		3	0.36	P, E
Siluridae, 메기과							
<i>Silurus microdorsalis</i> , 미유기	2		1		3	0.36	P, E
Amblycipitidae, 통가리과							
<i>Liobagrus andersoni</i> , 통가리	7		2		9	1.07	P, E
Osmeridae, 바다빙어과							
<i>Hypomesus olidus</i> , 빙어	11				11	1.30	L
Gobiidae, 망둥어과							
<i>Chaenogobius urotaenia</i> , 꼭저구	9	2		4	15	1.78	L
<i>Rhinogobius brunneus</i> , 밀어	73	81	96	51	301	35.62	L
<i>Tridentiger brevispinis</i> , 민물검정망둑				5	5	0.59	P
Centrarchidae, 검정우렁과							
<i>Micropterus salmoides</i> , 배스	1				1	0.12	P, Ex
Total	240	221	240	144	845		
Family / Species	8/19	3/10	5/11	5/10	8/21		

*RA: relative abundance (%), **P: primary freshwater fish, Ex: exotic fish, L: Land-locked form, E: endemic species

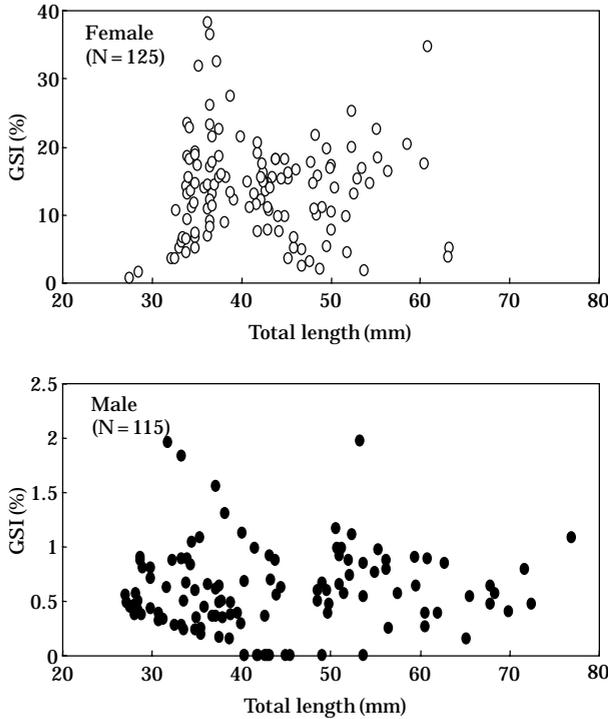


Fig. 4. Gonadosomatic indices for individual females and males of *Rhinogobius brunneus* at Jiam stream, a tributary of the Bukhan river from May in 2004 and 2005.

클수록 많은 수의 알을 가지고 있었다. 전 연령군의 평균 포란수는 989 ± 511 (mean \pm SD)개로 나타났으며, 최소 포란수는 151개, 최대 포란수는 2,209개로 조사되었다. 포란수와 전장의 관계식은 $\text{fecundity} = 48.381T_L - 1170.6$ ($r^2 = 0.7285$), 생식소 무게와 전장의 관계식은 $\text{gonad weight} = 0.0121T_L - 0.3589$ ($r^2 = 0.7543$)이었다 (Fig. 5).

5. 성비

이차성징이 발현된 성어 (1년생 이상)를 대상으로 제 1 등지느러미의 길이, 두부의 크기, 생식소의 외부 형태 및 정소와 난소의 확인을 통해 월별 성비를 조사한 결과 1 : 0.90 (♀ : ♂)으로 유사하였으나 근소하게 암컷이 우세하였다. 월별 성비 역시 큰 차이 없이 유사한 비율을 보여주었으며, 수컷의 경우 8월의 성비가 특히 낮게 나타났으나 뚜렷한 성비의 감소 요인을 찾을 수는 없었다 (Table 3).

6. 전장조성 및 연령

비교적 단기간 내에 산란을 마치는 본 종의 특성에 따라, 전장빈도분포법 (Ricker, 1971)을 이용하였으며, 일

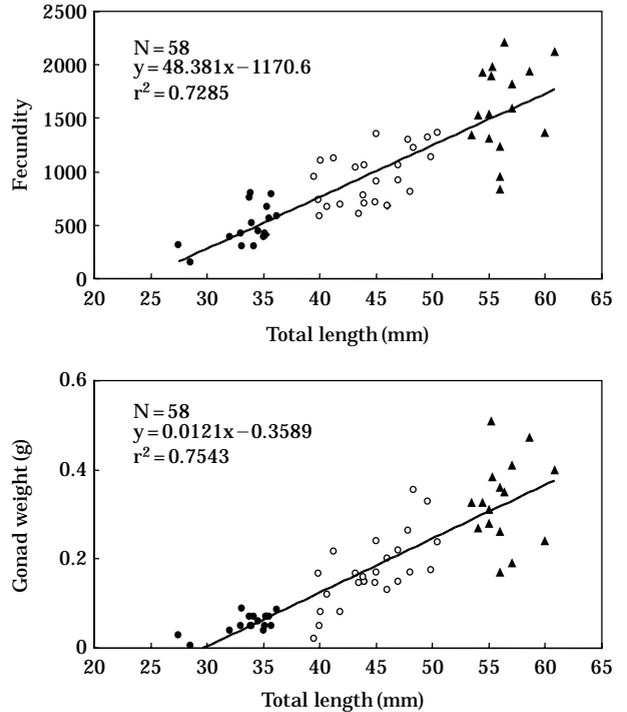


Fig. 5. Fecundity and gonad weight of female *Rhinogobius brunneus* at Jiam stream, a tributary of the Bukhan river from May in 2004 (closed circle: one year old population, open circle: two years old population and triangle: three years old population).

Table 3. Sex ratio of *Rhinogobius brunneus* at Jiam stream, a tributary of the Bukhan river from February to October in 2004

Month	Female	Male	Sex ratio (♀ : ♂)
Feb.	29	28	1 : 0.97
Mar.	144	189	1 : 1.31
Apr.	138	114	1 : 0.83
May	195	149	1 : 0.76
Jun.	131	156	1 : 1.19
Jul.	125	107	1 : 0.86
Aug.	143	97	1 : 0.68
Sep.	123	104	1 : 0.85
Oct.	114	85	1 : 0.75
Total	1,142	1,029	1 : 0.90

별 전장조성의 유형 및 변화를 통하여 성장도와 연령 구조를 조사하였다. 주된 산란기인 5월의 전장빈도분포도를 보면 전장에 따라 암, 수컷 모두 약 3개의 정점이 나타나는 바 각 정점에 속한 군을 각각의 연령 군으로 추정할 수 있었다. 암, 수컷 간 전장조성 즉 성장도의 차이는 없는 것으로 나타났으며, 전장 약 40 mm 이하군은

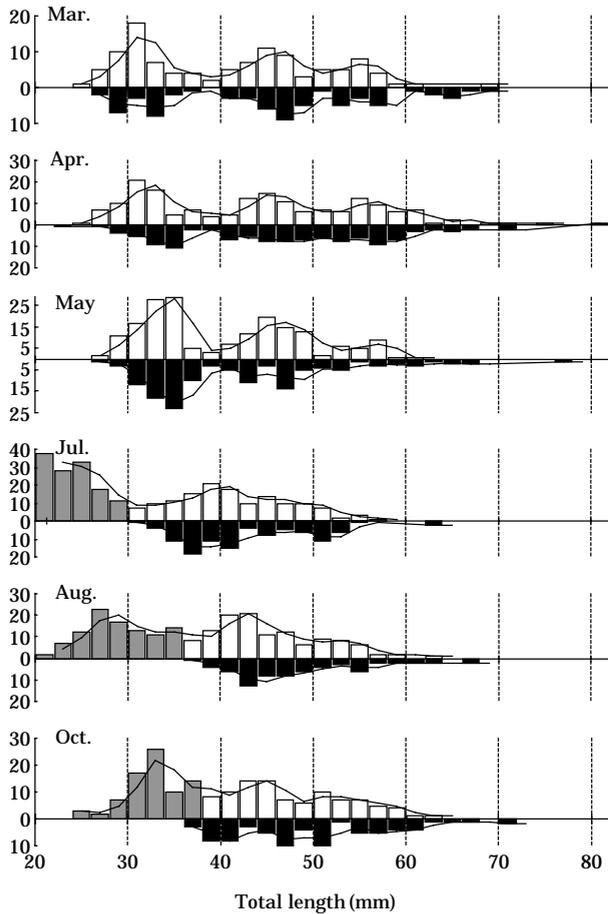


Fig. 6. Histograms showing total length frequency distributions of female (□), male (■) and infant (■) of *Rhinogobius brunneus* at Jiam stream, a tributary of the Bukhan river from May to October in 2004.

만 1년생, 40~52 mm군은 만 2년생, 52~65 mm 군은 만 3년생 그리고 65 mm 이상군은 만 4년생으로 추정할 수 있었다. 각 연령군의 정점은 만 1년생이 35 mm, 만 2년생이 47 mm, 만 3년생이 58 mm로 나타났다. 그러나 만 4년생으로 추정되는 전장 65 mm 이상의 대형 개체는 수컷이 대부분이었으며 소수의 개체만이 채집되었다 (Fig. 6). 5월에 35 mm인 만 1년생 개체군은 9~10월에 약 45 mm까지 성장하였으며, 만 2년생은 5월에 47 mm에서 9~10월에는 55 mm까지, 그리고 만 3년생은 58 mm에서 65 mm로 성장하였다. 만 4년생의 경우 5월 이후에는 채집이 되지 않았다. 연중 성장 패턴을 보면 9~10월부터 이듬해 5월까지 각 연령군의 전장은 크게 증가하지 않았으며, 주로 5월 이후에 많은 성장을 하는 것으로 나타났다. 한편 7월부터 채집된 정점 23 mm의 당년생 개체군은 8월에 29 mm까지 성장하였으며, 9~

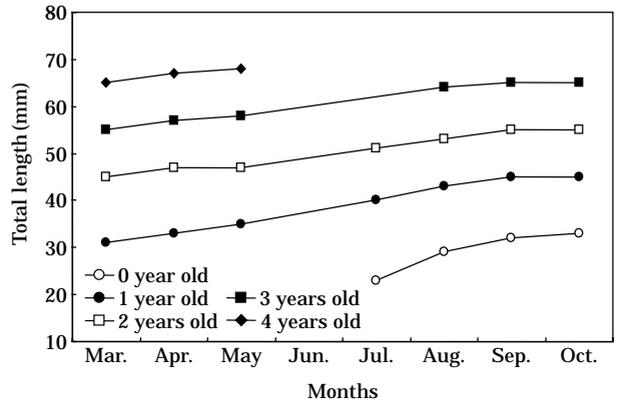


Fig. 7. Growth curve of *Rhinogobius brunneus* estimated from the successive change of total length frequencies at Jiam stream, a tributary of the Bukhan river from March to October in 2004.

10월에는 만 1년생의 전장에 근접하였다 (Fig. 7). 한편 5월에 채집된 개체군을 대상으로 전장과 체중의 관계를 비교한 결과 암컷 (N = 91)이 $body\ weight = 6_E - 06_L^{3.1818}$ ($r^2 = 0.9724$), 수컷 (N = 80)이 $body\ weight = 8_E - 06_L^{3.0759}$ ($r^2 = 0.9875$)로 나타나 암수의 체중 성장식은 유사하였다 (Fig. 8).

7. 생식생태

본 종의 산란소 (nest)는, 수심 평균 13.7 ± 5.8 (5~31) cm (N = 80), 유속 평균 9.6 ± 4.8 (10~19) cm/sec (N = 35) 정도인 장소에 형성하였다. 산란소는 큰돌의 밑을 파내고 공간을 형성하였으며, 입으로 돌 밑의 잔자갈과 모래를 물어 밖으로 운반하였다. 산란소로 이용하는 돌의 크기는 평균 $15.6 \pm 5.4 \times 10.8 \pm 3.9$ cm였다 (N = 50). 산란소의 입구는 수류 방향에 대하여 전방에 13%, 좌우 측방에 32.4%, 후방에 52.8% 그리고 중앙(위쪽)에 1.9% 등으로 주로 후방과 측면에 위치하였다 (N = 108). 산란소의 입구는 대부분 한 개만을 만들었으나 때때로 두 개의 입구를 가진 산란소도 관찰되었다.

산란소를 완성한 수컷은 계속적으로 산란소를 보수하며 영역 내에 들어오는 다른 수컷들을 쫓아내는 행동을 계속한다. 대부분 산란소를 지키는 수컷의 위협에 의해 영역을 침범한 수컷이 쫓겨 가지만 때때로 물어뜯는 등 심한 영역방어행동이 행해지는 경우도 있었다. 영역방어행동을 계속하면서 주변에 포란한 암컷이 다가오면 수컷은 암컷에 접근하여 산란소쪽으로 유도하는 행동을 반복한다. 수컷을 따라 산란소에 들어간 암컷은 복부를 위로하여 돌의 밑면(천정)에 알을 붙이고 뒤를 이어 수컷이 방정한다. 수컷은 산란이 끝난 암컷을 산란소 밖으

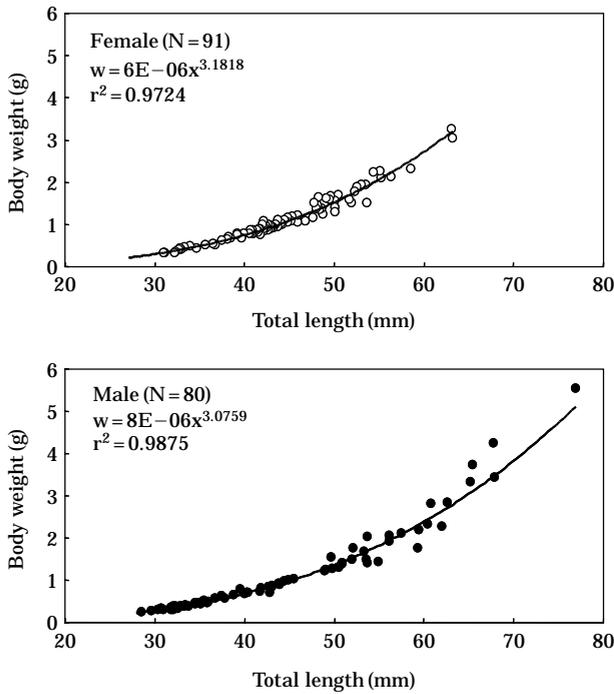


Fig. 8. Relationship between total length and body weight of *Rhinogobius brunneus* at Jiam stream, a tributary of the Bukhan river from May in 2004.

로 쫓아낸 후 알을 보호하며 다른 암컷을 유인하여 산란하기도 하는 일부다처형 (polygamy)의 산란 양상을 가지고 있다. 산란 후 수컷은 큰 가슴지느러미를 사용하여 신선한 물을 순환시키며, 주둥이를 이용하여 난에 부착하는 부유물질을 털어내기도 하고, 죽은 알을 제거하기도 한다. 난 보호행동 시 다른 수컷 동물이 접근하면 수컷은 매우 난폭하게 위협하여 침입자를 몰아낸다.

한편 산란소에서 알을 보호하고 있는 수컷의 전장별 보유 난수를 조사한 결과, 보유 난수와 전장의 관계식은 $\text{egg number} = 95.022_{TL} - 3507$ ($r^2 = 0.3591$)이었으며 ($N = 33$), 평균 $1,974 \pm 1,810$ 개의 난을 보유하고 있었다. 조사된 산란소 중 가장 적은 수의 난을 보유한 수컷은 전장 50 mm였고 난 수는 144개였다. 난을 보유한 가장 작은 수컷은 전장 34 mm (보유난 수 239개)였다. 산란소에서 조사된 가장 많은 난수는 6,630개로서 암컷의 최대 포란수인 2,200여개보다 약 3배 가까운 난을 가지고 있었다 (Fig. 9). 수컷이 보유하고 있는 난의 발생 단계로 구분한 결과 암컷으로부터 1회의 알은 받은 경우가 68.5%, 2회가 26.0%, 3회 4.1%, 4회가 1.4%였다 ($N = 73$).

8. 치어(juvenile)의 소상

본 종의 부화자어는 전장 3.4~3.8 mm ($N = 5$)로 매우

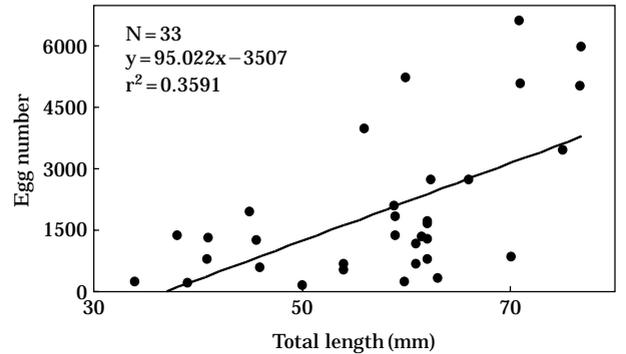


Fig. 9. Brood size (egg number) in nest of parental male, *Rhinogobius brunneus* at Jiam stream, a tributary of the Bukhan river from May in 2004.

작은 플랑크톤성이며 유영력이 거의 없는 상태로 부화된다. 산란장 부근 및 하천에서는 성장하는 자어나 치어가 전혀 채집되지 않았으나, 6월말부터 하천 하구의 호수 합수부에서 당년생의 치어들이 관찰되기 시작하였고 동시에 무리를 이루어 하천으로 소상하였으며 8월까지 소상 개체들이 계속 관찰 및 채집되었다. 호수로부터 하천으로 소상하는 치어들은 중층을 헤엄치며 소상하는 유영성이지만 점차 하천으로 소상하면서 반유영상태 그리고 성장하면서 저층성으로 바뀌었다. 한편 조사된 소상하는 치어의 최소형은 전장 19.57 mm였으나 20 mm 이하의 개체들은 거의 채집되지 않았다 (Fig. 6).

고찰

밀어의 일반적인 서식지 하천형은 주로 중상류, 중류 또는 하류형이지만 (Jeon and Aonuma, 1995; 김, 1997), 본 조사 지역의 하천이 모두 상류 및 중상류성인 것은 대형 인공호수와 연결된 하천으로서 담호의 담수에 의해 중·하류부가 침수되면서 유로 연장이 짧아진 결과에 의한 것이다. 본 조사지에서 밀어의 동서어류 중 버들치, *Rhynchocypris oxycephalus*, 금강모치, *Rhynchocypris kumgangensis*, 대륙종개, *Orthrias nudus*, 미유기, *Silurus microdorsalis* 등 최 상류성 어류가 나타나는 것도 이와 같은 이유로 추측된다. Jeon and Aonuma (1995)가 제시한 4 type의 밀어 중 본 연구 재료로 사용된 등황밀어는 환경에 대한 적응력이 높아 전국의 여러 하천과 호수 및 호수에 유입되는 하천에 넓게 분포하고 있으며, 담수역과 기수역 뿐만 아니라 유속이나 하상구조에 구애 받지 않고 적응 서식한다고 하였다. 본 조사 지역에서도 등황밀어는 우점종으로 나타나 환경에 잘

적응하여 서식하고 있는 것으로 판단되었다 한편 김과 양(1996)은 A type인 밀어는 우리나라의 대형 하천에서는 주로 상류역에, 소하천에서는 중류역에 주로 서식한다고 하였다.

본 종의 경우 양측회유성으로 부화 직 후 바다로 유하하여 연안에서 일정기간 성장한 후 소상하는 생활사를 가지고 있으며, 내륙에 서식하는 육봉형 밀어의 경우 대형 호수에 유입되는 소하천에 다수 서식하고 있는데, 이는 바다 대신 호수를 이용하여 생활사를 이어가기 때문으로 생각된다 (Iguchil and Mizuno, 1991; Katoh, 1996; Maruyama and Yuma, 2003). 하천의 서식지에서 호수 유입부와 가까운 하천의 여울부에 서식 밀도가 높은 것도 이러한 생활사와 연관이 있는 것으로 보인다. Iguchil and Mizuno (1999) 등은 서식지와 호수 유입부의 거리에 따라 유하하는 자어의 생존율에 많은 차이가 있다고 보고한 바 있으며, Maruyama and Yuma (2003)는 부화자어의 유하와 관련하여 비교적 먼 거리를 유하하는 하천-호수성 (fluvial-lacustrine) 밀어는 호수에서 생활하는 호수성 (lacustrine)보다 난황이 크며 이는 유하시 자어의 영양원으로 이용되기 때문이라 하였다. 한편 본 종의 산란장소에서는 부화 후 성장하고 있는 자어나 치어가 전혀 발견되지 않는 것으로 보아 부화 후 모두 호수로 유하하는 것으로 추측된다. 한편 6월 말부터 호수로부터 소상하는 다수의 개체들이 관찰되기 시작하였는데, 산란이 시작되는 5월 초경에 산란 및 부화된 후 유하한 개체들이 소상하는 것으로 간주한다면, 유하에서 소상까지 약 50~60일이 소요되는 셈이며, 소상 시 최소 전장이 약 20 mm에 달하는 것으로 보아 호수에서 약 20 mm 내외까지 성장한 후 소상하는 것으로 추측된다. Jeon and Aonuma (1995)는 본 종의 4 type 모두 산란기는 5~7월이고, 부화 즉시 바다나 호수로 내려가 2~3개월 후 전장 15~20 mm로 성장해 하천으로 소상한다고 하였다.

한편 본 종의 성장은 5월을 기준으로 만 1년생이 40 mm 이하, 만 2년생은 40~52 mm군, 만 3년생은 52~65 mm 군 등으로 조사되었는데, 전년도 10월 개체군의 전장조성과 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 즉 10월부터 다음해 2월까지 동절기 동안에는 거의 길이 성장이 일어나지 않았으며, 3월부터 5월 동안의 춘계에도 전장 분포가 크게 증가하지 않았는데, 이 기간에는 암, 수 모두 성장보다는 생식소에 에너지를 투자함으로써 산란을 위한 준비를 하는 것으로 판단된다. 본 종의 주된 성장기는 산란이 끝난 6월부터 9월까지로 나타났으며, 본 4개월이 연 성장률의 대부분을 차지하였다. 산란 직후인 6월 이후에는 만 4년생의 대형 개체들이 채집되지 않았

는데, 산란 후 대부분의 개체들이 죽기 때문인 것으로 판단된다.

밀어 전 연령군의 포란수는 평균 989 (151~2,209)개였는데, 본 종과 같이 알을 보호하는 습성을 가지고 있거나 알을 숙주에 의탁하여 보호 효과를 내는 잔가시고기, *Pungitius kaibarae*의 21~110개 (Chae and Yang, 1993), 줄납자루, *Acheilognathus yamatsutae*의 171~534개 (Song and Son, 2005) 등에 비하면 매우 많은 포란수를 가지고 있었다. 그러나 유사한 습성을 가진 같은 망둥어과의 문절망둑, *Acanthogobius flavimanus*의 8,600~16,800개, 왜풀망둑, *A. elongata*의 2,800~4,600개, 꼬마청황, *Parioglossus dotui*의 445~1,400개 (김, 1997) 등에 비하면 많은 수는 아니었다.

산란소의 입구는 약 85%가 수류에 대하여 후방이나 측방에 설치하였는데, 이는 수류에 따라 유입되는 각종 부유물이나 모래 등에 의해 입구가 막히거나 산란소 내부로 유입되는 것을 방지하기 위함으로 보인다. 본 종의 생식행동과 초기생활사에 대하여 한 등(1998)은 실험실 내의 자연산란을 통해 산란기를 2~5월로 보고하였으나, 하천에 서식하는 본 개체군의 산란시기와 큰 차이가 있었는데, 이는 수온이나 일장 조건 등에 따른 생식소 발달의 차이 때문인 것으로 추측된다. 문 등(2005) 역시 실험실 조건하에서 암컷의 1회 산란수를 550~820개로 보고한 바 있다. 본 조사에서는 수컷이 보호하고 있는 동지에서 144~6,630개의 난이 발견되었으며, 암컷이 1~2회 산란한 산란소가 94.5%, 3~4회 산란한 산란소는 5.5%였다.

적 요

밀어의 개체군생태 연구를 위하여 2003년 5월부터 2005년 6월까지 북한강수계에서 조사, 연구한 결과는 다음과 같다.

조사 하천 중 밀어의 밀도가 가장 높은 주된 서식지는 호수 유입부와 인접한 하천의 하류부였으며 돌과 자갈이 많은 여울지역에서 다수 채집되었다. 주된 동서어류는 피라미, 갈겨니, 돌마자, 참종개 등이었다.

암, 수컷 모두 만 1년이면 성적으로 성숙하는 것으로 나타났으며, 산란시기는 5~6월 (수온 22~25°C), 산란성기는 5월 20일경부터 6월 10일경으로 판단되었고, 평균 포란수는 989±511 (151~2,209)개였다.

성비는 1:0.90 (우:♂)으로 근소하게 암컷이 우세하였다.

연령은 전장 약 40 mm 이하군은 만 1년생, 40~52

mm군은 만 2년생, 52~65 mm군은 만 3년생 그리고 65 mm 이상군은 만 4년생으로 추정되었으며, 암, 수간 성장의 차이는 없었다.

산란소는, 수심 평균 13.7 ± 5.8 (5~31) cm (N = 80), 유속 평균 9.6 ± 4.8 (10~19) cm/sec (N = 35)의 장소에 형성하였으며, 알을 보호하고 있는 수컷의 보유 난수는 평균 $1,974 \pm 1810$ 개였다 (egg number = $95.022_{TL} - 3507$ ($r^2 = 0.3591$, N = 33)).

유하한 부화자어는 6월말부터 8월까지 소상하였으며 이 때 최소형의 전장은 대부분 20 mm 이상이었다.

인 용 문 헌

- Akihito, A. Iwata, K. Sakamoto and Y. Ikeda. 1993. Suborder Gobiinidei. The Fishes of Japan with Pictorial Keys to the Species. Nakabo, T. (ed), Tokai Univ. Press, Tokyo, pp. 1079~1082.
- Chae, B.S. and H.J. Yang. 1993. Spawning and growth of eightspine stickleback, *Pungitius sinensis kaibarae* (Tanaka) (Gasterosteidae, Pisces), in the Chayang stream, a tributary of Kumho river, Korea. Korean J. Zool., 36 : 181~192.
- 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.
- Iguchil, K. and N. Mizuno. 1991. Mechanisms of embryonic drift in the amphidromous goby, *Rhinogobius brunneus*. Environmental Biol. Fish., 31 : 295~300.
- Iguchil, K. and N. Mizuno. 1999. Early starvation limits survival in amphidromous fishes. Environmental Biol. Fish., 54 : 705~712.
- 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.
- Katoh, M. 1996. Seasonal variation in gonadal activity of females among four species of freshwater gobies in the *Rhinogobius brunneus* species complex in Okinawa, Japan. Ichthyol. Res., 43 : 169~174.
- 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.
- Maruyama, A. and M. Yuma. 2003. Interpopulational egg-size variation of a landlocked *Rhinogobius brunneus* goby related to the risk of larva starvation. Environmental Biol. Fish., 67 : 223~230.
- 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.
- Mizuno, N. 1976. Study on a freshwater fish, *Rhinogobius brunneus* (Pisces: Gobiidae). III. Distribution of four color types in Shikoku and Kyushu Islands. Physiol. Ecol. Japan. 17 : 373~381.
- Okuda, N., S. Ito and H. Iwao. 2002. Female spawning strategy in *Rhinogobius* sp. OR: How do females deposit their eggs in the nest? Ichthyol. Res., 49 : 371~379.
- Okuda, N., S. Ito and H. Iwao. 2003. Female mimicry in a freshwater goby *Rhinogobius* sp. OR. Ichthyol. Biol., 50 : 198~200.
- Ricker, W.E. 1971. Methods for Assessment of Fish Production in Freshwater. IBP hand book, 3 : 112~113.
- Sakai, H. and F. Yasuda. 1978. Development of eggs and larvae of the freshwater goby, *Rhinogobius brunneus*. Jap. J. Ichthyol., 25 : 92~100.
- Song, H.B. and Y.M. Son. 2005. Developmental characteristics of eggs and yolk sac larvae of Korean striped bitterling, *Acheilognathus yamatsutae* (Cyprinidae), spawning in mussels. Korean J. Ecol., 28 : 193~198.
- Suk, H.Y. and J.C. Choe. 2001. Sequential assessment in contests among common freshwater goby, *Rhinogobius brunneus* (Pisces, Gobiidae). Korean J. Biol. Sci., 5 : 313~317.
- 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.
- Suk, H.Y. and J.C. Choe. 2002. The presence of eggs in the nest and female choice in common freshwater gobies (*Rhinogobius brunneus*). Behav. Ecol. Sociobiol., 52 : 211~215.
- 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.
- 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.
- 김영자 · 이완옥 · 김종만 · 이재성. 2004. 한국산 농어목 망둑

- 어아목 어류의 미토콘드리아 cytochrome b 유전자 염기 서열 분석에 의한 분자계통. 한국어류학회지, 16 : 51~59.
- 김익수. 1997. 한국동식물도감, 제37권 동물편 (담수어류). 교육부, 국정교과서 (주), 연기, pp. 1~629.
- 김익수, 김용억, 이용주. 1986. 한국산 망둥어과 어류. 한국수산학회지, 19 : 387~408.
- 김익수 · 최 윤 · 이충렬 · 이용주 · 김병직 · 김지현. 2005. 원색한국어류대도감. 교학사, 서울, pp. 1~616.
- 김종범 · 양서영. 1996. 밀어속 (genus *Rhinogobius*, Gobiidae) 어류의 계통분류학적 연구 II. 한국산 밀어 (*R. brunneus* complex) 3형의 분포 및 분류학적 고찰. 한국동물분류학회지, 12 : 331~347.
- 문운기 · 나영언 · 안광국. 2005. 밀어 (*Rhinogobius brunneus*)의 산란행동 및 초기생활사. 한국육수학회지, 38 : 83~94.
- 정문기. 1977. 한국어도보. 일지사, 서울, 727 pp.
- 최기철 · 전상린 · 김익수 · 손영목. 1989. 한국담수어분포도. 한국담수생물학연구소, pp. 33~37.
- 한경호 · 김용억 · 최규정. 1998. 한국산 밀어 (*Rhinogobius brunneus*)의 산란습성, 난발생 및 자어의 형태발달. 한국수산학회지, 31 : 114~120.
- 宮地傳三郎 · 川郡部浩哉 · 水野信彦. 1976. 原色日本淡水魚類圖鑑. 保育社, 大坂, pp. 348~355.

Received: July 23, 2005

Accepted: September 5, 2005