

한강 지류에 서식하는 피라미, *Zacco platypus*의 생식 생태

백 현 민 · 송 호 복^{1,*} · 조 동 현¹

국립환경과학원 생태계조사단, ¹강원대학교 자연과학대학 생명과학부

Reproductive Ecology of the Pale Chub, *Zacco platypus* in a Tributary to the Han River

Hyun-Min Baek, Ho-Bok Song^{1,*} and Dong-Hyun Cho¹

Ecosystem Survey Team, National Institute of Environmental Research, Incheon 404-708 Korea

¹Division of Life Sciences, College of Natural Sciences, Kangwon National University,
Chunchon 200-701, Korea

We researched the reproductive ecology of pale chub, *Zacco platypus* that inhabits Gajeongcheon and Wonju-cheon that are a tributary to the Han river. The nuptial organ was formed on the head part, the anal fin and the tail part in male, the change of nuptial color was outstanding. By their changing body shape, the anal fin was extended and body depth came to be high during the spawning season in both sexes. Territorial male of defending behavior were head butting, rotated fighting, parallel swimming, biting and expelling. After pale chub located himself from the upper of the female that was approached to the side paralleling with the female, male and female spawned digging sand with their anal fin by vibrating and any parental care of the eggs was not taken. The spawning interval and lasting time were relevant to individuals density of spawning ground.

Key words : *Zacco platypus*, reproductive behavior, secondary sexual characters, nuptial organ, nuptial color

서 론

어류의 생식 생태에 관한 연구는 대상어종의 산란 시기, 산란장의 물리적 환경 조건, 생식행동에 따른 전략, 성비 등 다양한 중 정보를 취득할 수 있으며 (송과 최, 2000), 생식 행동 (reproductive behavior)은 구애와 산란을 위해 부모와 자손이 이용 가능한 먹이와 생존에 영향을 미칠 수 있는 포식자 회피 등과 같이 안정된 구조

의 환경적 요인들이 반영되므로, 다양한 어류의 독특한 산란전략을 이해할 수 있다.

잉어과 (Cyprinidae) 피라미속 (*Zacco*) 어류는 소형 담수어류로 중국, 한국, 일본, 대만 등지에 분포하는 것으로 알려져 있으며 (內田, 1939; Wu, 1964; 中村, 1969; 김 등, 2005), 우리나라에는 피라미 (*Z. platypus*), 갈겨니 (*Z. temminckii*), 참갈겨니 (*Z. koreanus*) 등 3종이 서식하고 (김 등, 2005; Kim et al., 2005), 이 중 *Z. platypus*는 국내에서 서남해로 유입되는 하천에 분포하는 것으로 알려져 있다 (김 등, 2005). 국내의 *Zacco*속 어류에 관한 연구로는 內田 (1939)이 조선어류지에서 *Z. platypus* 형태

*Corresponding author: hoboksong@hanmail.net

와 특징, 생태에 대하여 기술하였고, 계통분류학적 연구 (손, 1984; 양과 민, 1989; 민, 1991; 민과 양, 1991a, b, 민과 양, 1993), 핵형 분석 (조, 1985), 한강수계에서의 *Zacco*속 어류의 분포 및 군집 동태 (홍, 1991), *Z. platypus*의 난자와 정자형성에 관한 연구 (장, 1995; 조, 1996), *Z. platypus*의 종묘 생산 (남 등, 1999), *Zacco*속 어류의 서식 제한요인 (윤, 2001), *Z. platypus*의 생식과 기관계의 구조 (신, 2004), *Z. platypus*의 소화관 형태와 조직학적 연구 (유, 2005) 등이 있으며, 일본에 서식하는 *Z. platypus*에 대한 연구로는 Nakamura (1952)가 분포, 식성, 섭식행동, 산란, 초기생활사, 성장 등에 관한 연구와 中村 (1969)이 *Z. platypus*의 일반적인 생태에 대하여 보고한 바가 있다.

*Z. platypus*는 환경에 대한 내성 및 적응력이 강하여 우리나라 각 하천에서 우세종으로 서식하고 있으나 이에 대한 생태적 연구는 미흡한 편으로, 본 연구에서는 *Z. platypus*의 생태학적 연구의 일환으로 산란기에 나타나는 이차성징, 혼인색 및 산란 습성을 조사, 연구하여 생물학적 기초 자료로 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 조사시기 및 장소

본 연구를 위하여 2004년 12월부터 2006년 5월에 걸쳐 북한강 상류의 경기도 양평군 양수리 가평천 (N: 37° 32'4", E: 127° 19'5")과 강원도 원주시 태장동 원주천 (N: 37° 23'1", E: 127° 57'3")에서 조사, 연구하였다.

2. 조사 방법

1) 생식소 성숙도 지수

산란에 참여하는 개체의 생식소 성숙도를 알아보기 위해 가평천과 원주천 산란장에서 투망 (망목 5×5 mm) 및 족대 (망목 2×2 mm)로 채집하여 표본을 성별로 구분한 후, Vernier caliper (1/100 mm)를 이용하여 전장 (total length)과 체장 (body length)을 0.01 mm까지 측정하였고, 체중 (body weight)은 전자저울을 이용하여 0.01 g까지 측정하였다. 생식소성숙도 지수 (gonadosomatic index (%): $GSI = Gw/W \times 100$)는 복부를 절개하여 생식소를 분리하고 무게를 측정하여 산출하였다.

2) 혼인색과 추성 및 이차성징

혼인색 및 추성의 특징은 산란기 (6월)와 비산란기 (12월)에 *Z. platypus* 수컷을 채집 즉시 digital camera로

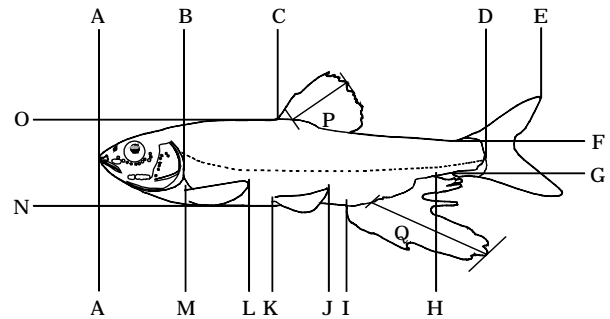


Fig. 1. Diagrammatic illustration showing the measuring methods of *Zacco platypus*. A-E: Total length, A-D: Body length, A-C: Predorsal length, A-B: Head length, A-I: Preanal length, F-G: Caudal peduncle depth, H-D: Caudal peduncle length, H-I: Length of anal fin base, J-K: Pelvic fin length, L-M: Pectoral fin length, N-O: Body depth, P: Dorsal fin length, Q: Anal fin length.

촬영한 후 변화 양상을 관찰하면서 스케치하였다. 성적 이형은 성숙한 암컷 (n=40)과 수컷 (n=28)을 대상으로 외부 형태를 측정하여 비교하였고, 각 각 형질의 차이에 대한 유의성 검정은 t-test하였으며, 모든 통계처리는 Systat V. 10을 이용하였다. 외부형태는 Vernier caliper (1/100 mm)를 사용하여 측정하고, Fig. 1과 같이 전장 (total length; AE), 체장 (body length; AD)에 대한 체고 (body depth; NO), 두장 (head length; AB), 등지느러미 기점거리 (predorsal length; AC), 뒷지느러미 기점거리 (preanal length; AI), 미병장 (caudal peduncle length; DH), 미병고 (caudal peduncle depth; FG), 뒷지느러미 길이 (anal fin length; Q), 뒷지느러미 기저길이 (length of anal fin base; HI), 배지느러미 길이 (pelvic fin length; JK), 등지느러미 길이 (dorsal fin length; P), 가슴지느러미의 길이 (pectoral fin length; LM)의 백분비를 구하였다.

3) 산란기 체형 변화

산란기의 체형 변화를 비교하기 위해 산란기인 2005년 6월 (암컷=40마리, 수컷=28마리)과 비산란기인 2004년 12월에 채집한 성숙 개체 (암컷=21마리, 수컷=20마리)를 대상으로 외부 형태를 Vernier caliper (1/100 mm)를 이용하여 측정한 후 비산란기와 산란기 체형의 차이점에 대한 유의성을 t-test로 검정하였다.

3. 산란장의 물리적 환경

Z. platypus 산란장의 환경조건은 하천의 유속, 수심, 하상구조 등 산란장 물리적 환경을 파악하였고, Surfer v. 7을 이용하여 산란장을 모식화하였다.

4. 산란행동

산란행동은 직접 관찰하면서 기록하고, 동시에 캠코더를 이용하여 촬영하였다. 이때 수컷의 세력권 싸움의 형태, 산란형태, 성비 등을 중점적으로 조사하였으며 현장에서 기록하지 못하였거나 미진한 내용은 캠코더로 촬영한 내용을 비디오 분석을 통하여 보완하였다.

결 과

1. 혼인색과 추성

*Z. platypus*의 체색변화는 비산란기 수컷이 등쪽에 암갈색, 배부위는 은빛 광택을 띠고, 등지느러미의 중앙부와 끝부분에는 검은 반문이 있었지만, 산란기 수컷은 등쪽에 암갈색이 더욱 짙어져 검은색에 가까워지고, 눈 주변, 주둥이, 아가미 덮개 앞쪽의 머리 부위는 전반적으로 검게 변하였다. 등지느러미와 뒷지느러미, 머리부위에서 아가미덮개의 뒷부분과 측선 아래쪽 배 부위는 붉은 색이었으며, 미병부의 앞쪽과 뒷지느러미의 상부는 노란색이 반문이 나타났다. 하지만 암컷은 산란기에도 체색의 변화가 거의 없었다 (Fig. 2).

추성 (nuptial organ)은 4월부터 나타나기 시작하여 산란성기인 6월에 최대로 발현되어 여름인 8월까지 유지되다가 9월 이후에는 소멸되었다. 추성은 머리에서 주둥이, 윗입술과 눈 사이, 앞 아가미 덮개의 아래에는 비교적 큰 돌기 모양의 추성이 날카롭게 형성되었으며, 눈 주변과 아가미덮개에는 작은 돌기모양의 추성이 비교적 촘촘히 배열되어 있었다. 뒷지느러미의 기저 가운데 부분에 작은 돌기모양의 추성이 형성되고, 뒷지느러미살이 비산란기에 비하여 매우 비대해졌으며, 미병부 아래 부분은 각질화 되어 있었다 (Fig. 3).

2. 성적 이형

산란기의 암, 수에서 나타나는 성적이형에 대하여 조사한 결과 산란기 수컷은 체장이 78.32~117.31 mm (mean±SD=100.69±10.67), 암컷이 62.21~108.07 mm (mean±SD=83.72±10.84)로 수컷의 사이즈가 더 큰 것으로 나타났다. 체장에 대한 두장 (df=60.9, p<0.001), 등지느러미 기점거리 (df=64.4, p<0.001), 등지느러미 길이 (df=38.4, p<0.001), 뒷지느러미 기점거리 (df=65.5, p<0.001), 뒷지느러미 길이 (df=43.5, p<0.001), 뒷지느러미 기저길이 (df=42.7, p<0.001), 가슴지느러미 길이 (df=58.2, p<0.001), 배지느러미 길이 (df=46.1, p<

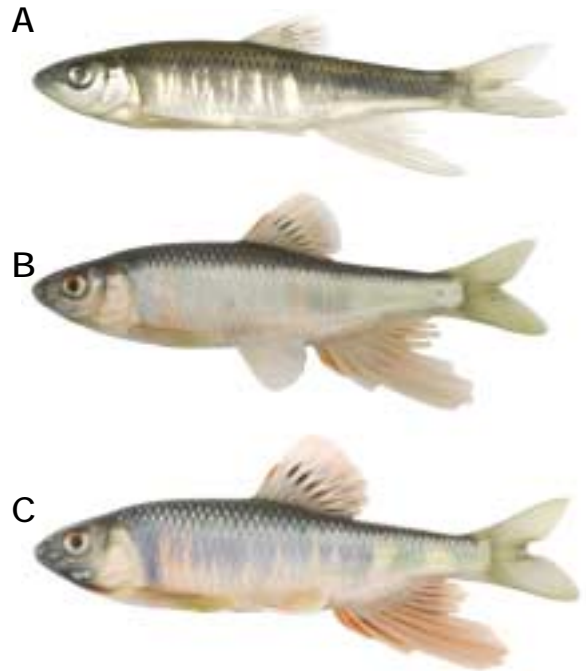


Fig. 2. Changes of body color in pale chub, *Zacco platypus* in Gajung-cheon, Korea. A: December, 2004 (Non-spawning season), B: May, 2005 (Just before of spawning season), C: June, 2005 (spawning season).



Fig. 3. Morphology and distribution of the nuptial organ in pale chub, *Zacco platypus*. position of nuptial organ (➤).

0.001), 미병장 (df=62.6, p<0.001)의 백분비가 암, 수간에 유의한 차이가 있었으나 체장에 대한 미병고 (df=59.4, p=0.259)와 체고 (df=62.7, p=0.753)는 차이가 없었다 (Table 1).

3. 산란기 체형변화

산란기 수컷의 가장 두드러지는 체형 변화는 체고가 높아지고, 뒷지느러미살이 두터워지면서 길어지는 점이었다. 그 이외에 꼬리지느러미를 제외한 각 지느러미는 체장에 대한 비율로 볼 때 약간씩 커지는 것으로 나타

Table 1. Comparison of biometric characters between male and female of pale chub, *Zacco platypus* during the spawning season

Biometric character	Mean±SD (mm)		df	P
	Female (n=40)	Male (n=28)		
AD	83.72±10.84	100.69±10.67	-	-
AB/AD (%)	20.940±3.168	24.065±2.936	60.9	0.001<
AC/AD (%)	50.170±2.052	48.696±1.212	64.4	0.001<
P/AD (%)	18.780±1.113	21.789±2.032	38.4	0.001<
AI/AD (%)	69.935±2.766	66.324±1.754	65.5	0.001<
Q/AD (%)	29.943±3.110	35.561±4.665	43.5	0.001<
HI/AD (%)	13.567±0.935	17.683±1.441	42.7	0.001<
LM/AD (%)	18.548±1.084	22.797±1.085	58.2	0.001<
JK/AD (%)	13.702±0.703	16.879±0.971	46.1	0.001<
DH/AD (%)	18.399±1.692	20.319±1.484	62.6	0.001<
FG/AD (%)	9.337±0.539	9.188±0.522	59.4	0.259
NO/AD (%)	24.947±2.216	24.815±1.201	62.7	0.753

Abbreviations, AD: Body length, AB: head length, AC: predorsal length, P: dorsal fin length, AI: preanal length, Q: anal fin length, HI: anal fin base length, LM: pectoral fin length, JK: pelvic fin length, HD: caudal peduncle length, FG: caudal peduncle depth, NO: body depth.

Table 2. Comparison on biometric characters between non-spawning and spawning season male specimen of pale chub, *Zacco platypus* by t-test

Biometric character*	Mean±SD (mm)		df	P
	NSS (n=20)	SS (n=28)		
AB/AD (%)	25.998±3.236	24.065±2.936	38.5	0.040
AC/AD (%)	49.048±0.770	24.065±2.936	45.5	0.226
P/AD (%)	19.127±0.948	21.789±2.032	40.6	0.001<
AI/AD (%)	66.589±1.178	66.324±1.754	45.9	0.533
Q/AD (%)	30.903±3.737	35.561±4.665	45.3	0.001<
HI/AD (%)	13.877±0.917	17.683±1.441	45.5	0.001<
LM/AD (%)	21.369±1.137	22.797±1.085	39.9	0.001<
JK/AD (%)	15.047±0.781	16.879±0.971	45.3	0.001<
DH/AD (%)	21.562±1.176	20.319±1.484	45.4	0.002
FG/AD (%)	8.939±0.589	9.188±0.522	37.9	0.139
NO/AD (%)	20.573±1.298	24.815±1.201	39.1	0.001<

*Abbreviations: See table 1.

났다. 비산란기인 12월에 체장에 대한 체고의 비율이 20.6%에서 산란기인 6월에는 24.8%로 4.2% 정도 높아졌고 (df=39.1, p<0.001), 체장에 대한 뒷지느러미길이는 비산란기에 30.9%이었으나 산란기에는 35.6%로 나타나 산란기에 4.7% 정도 길어지는 체형 변화를 보였다 (df=45.3, p<0.001). 산란기 수컷의 체장에 대한 등지느러미 길이는 비산란기에 비하여 2.6%, 가슴지느러미는 1.4%, 배지느러미는 1.8% 정도 길어져 뒷지느러미에 비하여 미약하지만 전반적으로 길어졌다 (Table 2). 암컷은 산란기와 비산란기에 등지느러미 길이의 유의한 차이가 없

Table 3. Comparison on biometric characters between non-spawning and spawning season female specimen of pale chub, *Zacco platypus* by t-test

Biometric character*	Mean±SD (mm)		df	P
	NSS (n=21)	SS (n=40)		
AB/AD (%)	22.218±2.110	20.940±3.168	55.5	0.065
AC/AD (%)	49.424±0.991	50.170±2.052	58.7	0.061
P/AD (%)	18.808±0.996	18.780±1.113	44.9	0.920
AI/AD (%)	67.388±1.222	69.935±2.766	57.8	0.001<
Q/AD (%)	24.020±3.906	29.943±3.110	33.6	0.001<
HI/AD (%)	13.338±1.060	13.567±0.935	36.6	0.410
LM/AD (%)	19.527±0.926	18.548±1.084	46.7	0.001<
JK/AD (%)	14.135±0.721	13.702±0.703	39.9	0.030
DH/AD (%)	21.215±1.235	21.215±1.692	52.6	0.001<
FG/AD (%)	8.754±0.357	9.337±0.539	55.6	0.001<
NO/AD (%)	19.578±0.692	24.947±2.216	51.4	0.001<

*Abbreviations: See table 1.

었고 (df=44.9, p=0.920), 그 외에 가슴지느러미는 체장에 대한 백분율로 1.0%, 배지느러미는 0.4%씩 짧아져 수컷과 신체 변화의 양상이 달랐으나, 산란기에 뒷지느러미의 길이는 체장에 대한 백분율로 4.6% 길어지고 (df=45.3, p<0.001), 체고도 4.3% (df=39.1, p<0.001) 높아져 수컷과 유사하였다 (Table 3).

4. 산란장의 물리적 환경

*Z. platypus*는 하상이 주로 모래인 곳에 산란하였고, 돌이 주 구성물질 경우에는 돌 틈에 모래가 깔린 공간을 산란장으로 이용하였다. 원주천에서 *Z. platypus*의 산란장은 수심 5~31 cm, 평균 21.8±7.9 cm이었으며, 유속은 0.52~20 cm/sec 범위에 평균유속은 7.4±8.4 cm/sec 이었다. 가정천에서 산란장은 수심 5~15.5 cm의 범위에 위치하였고, 평균 7.7±3.1 cm이었으며, 유속은 0~10.2 cm/sec 범위에 평균유속은 3.3±3.7 cm/sec 이었다 (Fig. 4). *Z. platypus*는 전반적으로 물의 흐름이 약하고, 수심이 비교적 얇으며, 하천의 바닥이 주로 모래인 곳을 산란장으로 이용하였다.

5. 생식 행동

1) 성비

산란에 참여하는 *Z. platypus*의 성비는 가정천에서 암컷은 22마리, 수컷이 9마리로 비율이 2.3:1이었고, 원주천에서는 암컷 46마리, 수컷이 33마리로, 암수의 비율이 1.4:1로 두 하천 모두 암컷의 비율이 수컷보다 높았다.

2) 산란에 참여하는 개체의 크기

산란에 참여하는 개체의 크기를 조사한 결과 가정천

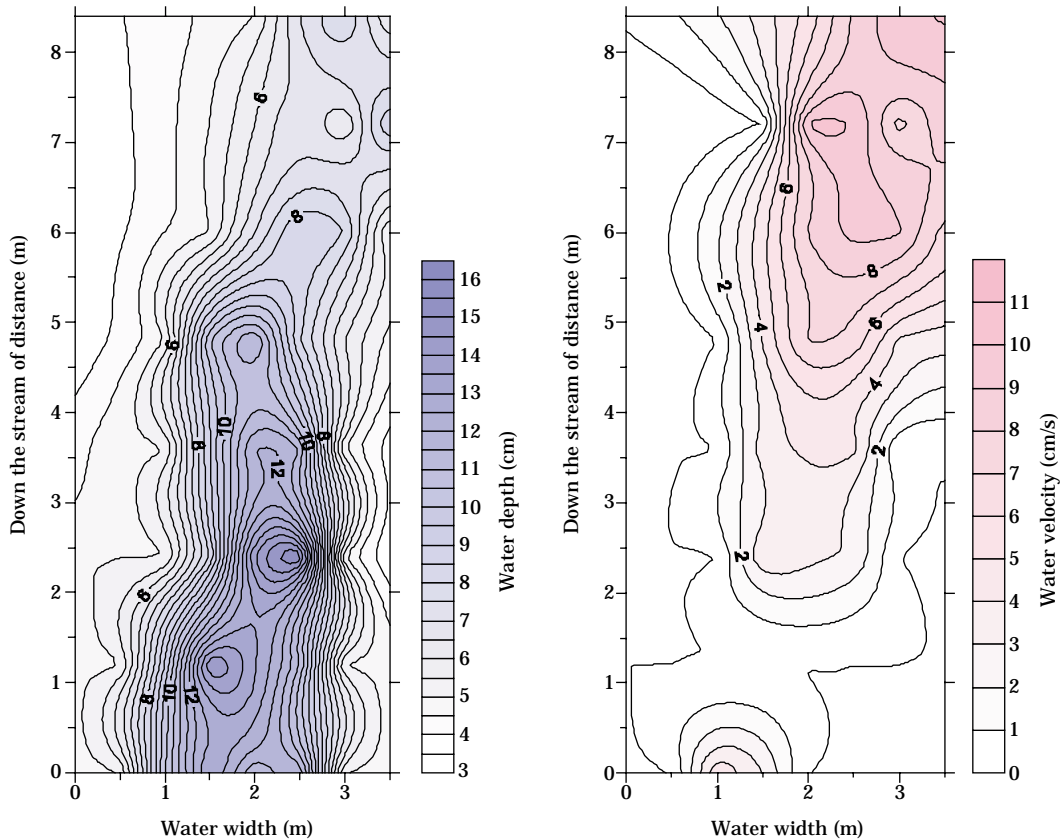


Fig. 4. Water depth and velocity of the spawning ground in pale chub, *Zacco platypus* at Gajung-cheon, Korea.

에서 *Z. platypus* 수컷은 전장 107.2~140.7 mm (평균 전장 128.4 ± 11.29 mm) 범위였으며, 암컷의 전장 범위는 87.6~128.8 mm (평균 전장 107.6 ± 9.36 mm)이었다. 원주천에서 산란에 참여하는 수컷의 전장은 95.1~133.1 mm (평균 전장 118.0 ± 11.8 mm) 범위였으며, 암컷의 전장 범위는 75.9~129.7 mm (평균 전장 93.8 ± 12.23 mm)로 가정천에서 산란하는 *Z. platypus* 개체가 더 큰 것으로 나타났다 (Fig. 5). 따라서 가정천에서는 전장이 수컷은 107 mm, 암컷은 87 mm 이상, 원주천에서는 수컷은 95 mm, 암컷은 75 mm 이상의 개체가 산란에 참여하였다.

3) 산란에 참여하는 개체의 성숙도

가정천에서 산란에 참여한 *Z. platypus*의 암컷 GSI는 4.20~12.75였고, 평균 GSI는 8.33 ± 2.669 로 나타났으며 수컷의 GSI는 0.04~0.65, 평균 GSI는 0.29 ± 0.175 이었다. 원주천에서는 암컷 GSI는 2.89~13.93이었고, 평균 GSI는 8.89 ± 3.703 로 나타났으며, 수컷의 GSI는 0.14~0.81, 평균 GSI는 0.51 ± 0.176 이었다. 가정천과 원주천에서 산란에 참여하는 *Z. platypus* 암컷의 GSI는 유사하

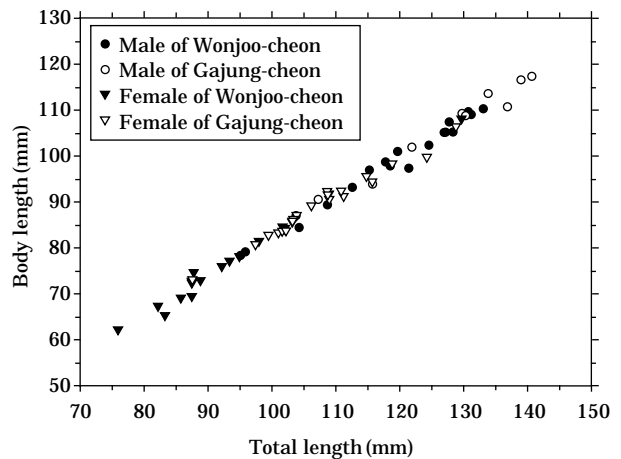


Fig. 5. Body size of the pale chub, *Zacco platypus* that participate in spawning in Gajung-cheon and Wonjoo-cheon, Korea.

였으나 수컷의 GSI는 원주천에서 높았다. 이때 산란 중인 개체들은 방란과 방정으로 GSI가 다소 감소했을 가능성이 있으나 산란에 참여하기 위해서는 최소한 GSI

가 평균치를 상회하여야 할 것으로 추정되어 수컷은 약 0.3 이상, 암컷은 8 이상 되어야 하는 것으로 판단된다 (Fig. 6).

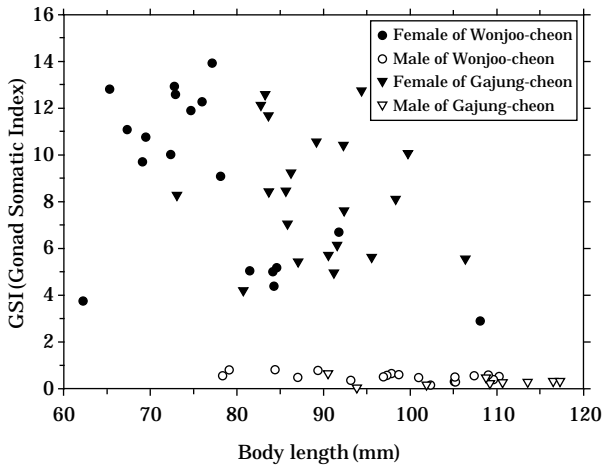


Fig. 6. GSI of the pale chub, *Zacco platypus* that participate in spawning in Gajung-cheon and Wonjoo-cheon, Korea.

4) 세력권 형성 및 방어행동

수컷은 하상이 모래로 된 곳에 직경 약 40~50 cm의 세력권을 형성한 후 세력권 내로 침입하는 다른 수컷과 지속적으로 세력권 방어 행동을 하면서 산란한다. *Z. platypus*의 세력권 방어 행동은 크게 머리싸움 (head butting; Fig. 7-A), 축출하기 (expelling; Fig. 7-B), 물어뜯기 (biting; Fig. 7-C), 평행하게 헤엄치면서 싸우기 (parallel swimming; Fig. 7-D), 회전싸움 (rotated fighting; Fig. 7-E) 등 크게 5가지 유형으로 나타났다. 머리싸움 및 회전싸움, 평행하게 헤엄치면서 싸우기 등은 수컷의 크기가 비슷한 경우에 발생하는 세력권 싸움이며, 세력권 내로 침입한 개체의 크기가 작으면 싸움이 거의 일어나지 않고 위협하거나 물어뜯어 세력권 밖으로 쫓아내었다 (Fig. 7).

5) 산란행동

Z. platypus 수컷은 하천 바닥이 주로 모래로 이루어진 곳에 세력권을 형성하였다. 세력권을 형성한 수컷 (territorial male)은 다른 수컷이 세력권 내로 들어오면 세력권 밖으로 몰아내는 방어행동을 지속적으로 반복하였다. 한편 산란이 임박한 암컷은 알을 낳을 장소에서 거의 움직이지 않고 수컷을 기다렸으며, 움직이더라도

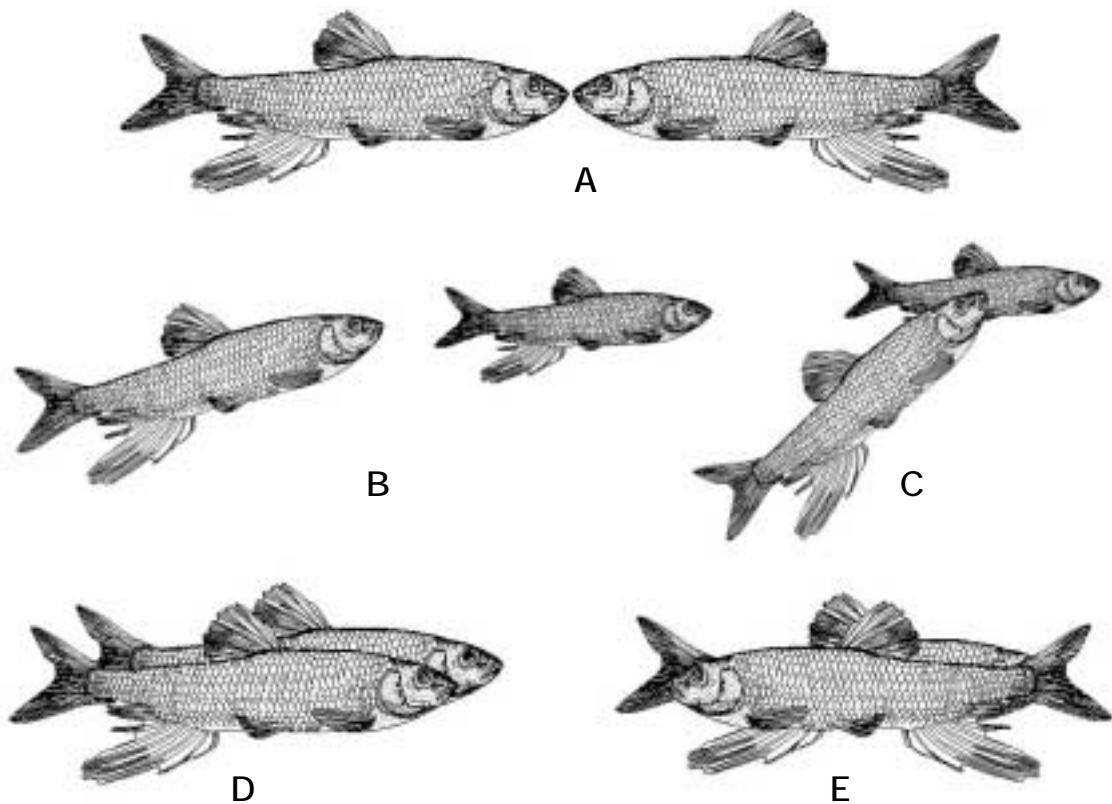


Fig. 7. Territory defending behavior in male of pale chub, *Zacco platypus*. A: head butting, B: expelling, C: biting, D: parallel swimming, E: rotated fighting.

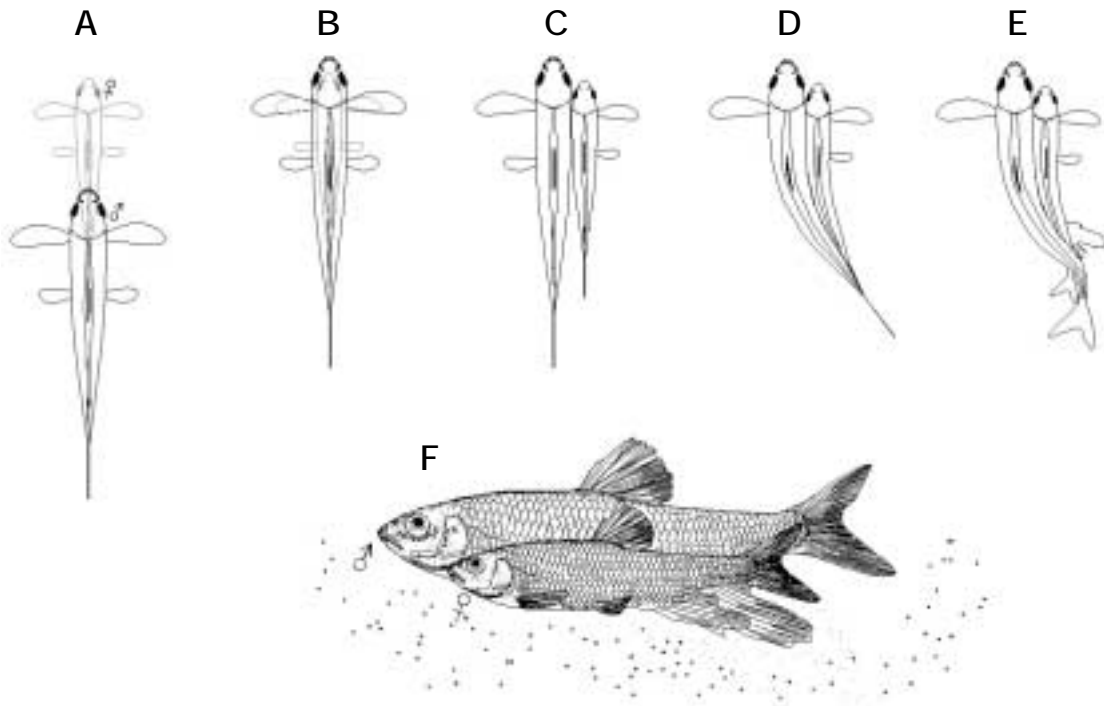


Fig. 8. Diagrammatic drawing of spawning behavior in pale chub, *Zacco platypus*. Picture A~E arranged by the order of spawning acts. Picture F was lateral view in spawning acts.

제자리에서 맴돌거나 산란장을 벗어나지 않았다. 수컷은 주위의 수컷을 산란장 밖으로 몰아낸 후 기다리던 암컷의 상부에 위치하다가 (Fig. 8-A, B) 옆으로 나란히 한 자세를 취한 뒤 산란을 시작하였다 (Fig. 8-C). 암컷의 위쪽에 위치할 때도 주위를 경계하기 위해 원을 그리며 빙빙 돌기도 하였다. 산란이 시작되면서 몸을 떨기 시작하며 2~3초 후 절정에 달하였다 (Fig. 8-D) 이때 몸이 활처럼 휘어지고, 입을 크게 벌리며, 몸의 떨림이 점점 극에 달하면서 몸통과 꼬리는 반대 방향으로 휘어지고 뒷지느러미로 바닥을 파헤치면서 산란하였다 (Fig. 8-E, F). 산란 중 주변에 있던 많은 개체의 암컷과 수컷 (satellites)이 순식간에 몰려들었고, 암컷을 차지하지 못한 수컷은 산란하는 사이에 끼어들어 방정하였으며, 암컷은 산란장의 알을 먹기도 하였다. 세력권을 형성한 수컷은 여러 마리의 암컷을 유인하여 산란하는 일부다처의 생식형태 (polygyny)로 나타났으며, 산란 후 알 보호는 하지 않았다. 성적으로 성숙했으나 크기가 작거나 열세에 있는 수컷은 세력권을 형성한 수컷이 자리를 비우거나, 산란하는 동안 끼어들어가 산란하는 전략 (sneaking)을 사용하였다.

6) 산란간격 및 지속시간

가정천과 원주천에서 각 각 산란이 활발히 행해지는 20분 동안의 산란 간격과 지속시간에 대하여 비디오 분

Table 4. Spawning intervals and lasting time of pale chub, *Zacco platypus* in Gajung-cheon and Wonju-cheon, Korea

Gajung-cheon		Wonju-cheon	
Spawning time (min : sec)	lasting time (sec)	Spawning time (min : sec)	lasting time (sec)
2 : 37	6.5	4 : 35	6.46
7 : 05	9.3	6 : 03	5.28
8 : 00	4.0	7 : 32	1.07
10 : 22	8.0	8 : 01	1.12
11 : 01	9.7	8 : 21	6.75
11 : 51	5.8	9 : 13	2.03
15 : 38	6.2	12 : 58	1.31
16 : 39	4.2	15 : 04	10.1
17 : 43	4.3	16 : 12	3.97
18 : 11	2.6	16 : 26	3.64
19 : 58	8.3	17 : 28	5.31
		17 : 41	8.12
		19 : 18	5.40
Mean interval	Mean ± SD	Mean interval	Mean ± SD
2 : 14	6.3 ± 2.3	1 : 51	4.7 ± 2.8

Total time of observation=20 min. Total individuals number=31, Sex ratio (M : F)=1 : 2.3 in Gajung-cheon. Total individuals number=79, Sex ratio (M : F)=1 : 1.4 in Wonju-cheon.

석한 결과 가정천은 20분간 11회의 산란행동을 하여 2분 14초의 산란 간격을 나타내었다. 원주천에서는 13회의 산란행동을 하였으며 1분 51초의 산란 간격을 나타

내었다. 몸을 떨기 시작하면서 알을 낳는 지속시간은 가정천이 2.6~9.7초의 범위로 평균 6.3초 이었고, 원주천에서는 1.07~10.1초로 평균 4.7초로 나타났다. 암컷의 경우에는 산란에 끼어드는 행동이 거의 없었으나 주위에서 산란에 끼어드는 수컷이 산란 지속시간에 가장 큰 영향을 미치는 요인이었고, 산란 지속 시간이 짧아지는 원인이 되었다. 주변의 다른 개체로부터 방해받지 않는 경우에는 8초 이상 산란 지속시간을 유지 하였다 (Table 4).

고 찰

산란에 참여하는 *Z. platypus*의 크기는 수컷이 암컷보다 컸는데, 이는 일부다처의 산란 형태 (polygynous mating system)에서 흔히 나타나는 진화적 적응과 연관이 있는 것으로 보고되었으며 (Trivers, 1985; Andersson, 1994), 제한된 수의 암컷을 차지하기 위해 수컷은 다른 수컷과 치열한 경쟁을 해야 하고, 자연선택에서 일반적으로 암컷은 유전적으로 우등한 큰 수컷을 선호하는 경향이 있는 것으로 알려져 있다 (Parker, 1992; Andersson, 1994). *Z. platypus*도 일부다처의 생식형태를 취하고 그 과정에서 종내 수컷과 생식을 위한 경쟁을 하므로 신체의 크기가 암컷보다 수컷이 더 큰 이유를 이러한 진화적 이론으로 설명할 수 있다.

Z. platypus 수컷은 산란기에 혼인색이 매우 화려해지고, 추성도 머리부분과 뒷지느러미 등에 특징적으로 나타났다. 산란기의 혼인색은 수컷 간의 경쟁이나 암컷을 유인하는 역할을 수행하며, 추성은 자신의 세력권으로 들어온 다른 수컷 개체와의 싸움이나 암컷을 자극하는데 이용되기도 한다 (백과 송, 2006). 산란기에 *Z. platypus* 수컷의 뒷지느러미의 길이 변화는 산란과 연관하여 볼 때 매우 중요한 생태적 의미를 지니고 있다. 비산란기에 비하여 각질화 되어 두툼해지고, 길어지는 특징은 모래 바닥을 파헤치면서 산란할 때 유용한 도구로 사용하기 위한 산란기의 체형변화로 생각된다. 암컷도 역시 산란기에 뒷지느러미가 길어지나 수컷처럼 각질화 되지는 않는다. *Z. platypus* 뒷지느러미가 산란기에 길어지는 특징은 지금까지 보고 된 바가 없었으나 본 종 뿐만 아니라 *Zacco*속 어류는 형태와 산란 습성이 매우 유사하므로 이러한 신체 변화는 유사하게 나타날 것으로 판단되며, 추후 면밀한 조사를 한다면 *Zacco*속 어류의 산란기 특징으로서 의미가 크리라 본다.

본 연구와 일본의 牛曲川산 *Z. platypus*의 산란생태 (Nakamura, 1952)는 유의하게 일치하였을 뿐만 아니라

*Zacco*속 어류 중 *Z. temminckii*, *Z. pachycephalus* 등은 *Z. platypus*와 산란장의 선택, 산란 형태 및 행동이 매우 유사하였다 (Katano, 1992a, b; Wang *et al.*, 1995; Katano, 1998). 특히 *Z. temminckii*는 뒷지느러미를 이용하여 하상에 알을 파묻는데, 이러한 행동은 주변에 많은 satellites (암컷과 수컷)들로부터 알을 보호하기 위한 것이라 보고한 바 있었고 (Katano, 1992a), 이때 산란된 알은 동종의 cannibalism에 의해 약 97%가 포식 된다고 보고한 바 있다 (Katano, 1992b). 본 연구에서도 이와 유사하여 뒷지느러미를 떨면서 하상에 산란하였고, 일련의 산란 후에 수십 개체의 암수가 달려들어 산란된 알을 먹는 것으로 보아 상당한 양의 알이 cannibalism으로 포식될 것으로 판단되었다.

*Z. temminckii*는 산란장 주변에 밀도가 낮은 경우에는 세력권을 방어하는데 에너지가 적게 소모되므로 한 산란장에서 반복적으로 산란 (repeating tactics) 하지만, 밀도가 높을 경우 특히 수컷의 밀도가 높을 때에는 세력권을 지키는데 에너지가 많이 소모되므로 주변에 다른 산란장으로 이동하여 산란 (shifting tactics)하는 생식 전략이 보고된 바 있다 (Katano, 1992a). *Z. platypus*도 이와 유사하여 한 장소에서 반복적으로 산란하다가 근처 산란장으로 이동하여 산란 전략을 사용하였다.

산란장에 개체의 밀도가 높으면 satellites (암컷과 수컷)가 많아져 그 만큼 산란장에 침범하는 횟수가 많아지고, territorial male이 산란할 때 산란 간격과 지속시간을 단축시키는데, 원주천에 비해 수컷의 밀도가 낮은 가정천에서 산란간격과 지속시간이 길게 나타난 것으로 보아 특히 수컷의 밀도가 산란행동에 더 큰 영향을 주는 것으로 판단되며, 추후 satellites가 산란에 미치는 영향을 면밀히 조사할 필요가 있으리라 본다.

적 요

한강 지류인 가정천과 원주천에 서식하는 *Z. platypus*의 생식생태에 관하여 연구하였다. 이차성징으로 수컷의 머리부위와 뒷지느러미, 미병부에 추성이 형성되었고 혼인색의 변화가 뚜렷하였으며, 산란기 체형변화로 암수에서 모두 뒷지느러미 길이가 길어지고, 체고도 높아졌다. *Z. platypus* 수컷의 세력권 싸움의 형태는 머리싸움 (head butting), 회전싸움 (rotated fighting), 평행하게 헤엄치면서 싸우기 (parallel swimming), 물어뜯기 (biting), 축출하기 (expelling) 등이었다. *Z. platypus*는 전반적으로 유속이 느리고, 수심이 얇은 모래 바닥에 산란이 임박한 암컷의 상부에 위치하다가 옆으로 내려와 나란히 자세

를 취한 뒤 뒷지느러미로 모래를 파헤치면서 산란 하였고, 별도의 난 보호행동은 하지 않았다. 산란 간격과 지속시간은 산란장의 개체 밀도와 관련이 있었다.

인 용 문 헌

Andersson, M. 1994. Sexual selection. Princeton University press. Princeton, 599 pp.

Katano, O. 1992a. Spawning tactics of paired males of the dark chub, *Zacco temmincki*, reflect potential fitness costs of satellites. Environ. Biol. Fishes, 35 : 343~350.

Katano, O. 1992b. Cannibalism on eggs by dark chub, *Zacco temmincki* (Temminck & Schlegel) (Cyprinidae). J. Fish Biol., 41 : 655~661.

Katano, O. 1998. Growth of dark chub, *Zacco temmincki* (Cyprinidae), with a discussion of sexual size differences. Environ. Biol. Fishes, 52 : 305~312.

Kim, I.S., M.K. Oh and K. Hosoya. 2005. A new species of Cyprinid fish, *Zacco koreanus* with redescription of *Z. temminckii* (Cyprinidae) from Korea. Korean J. Ichthyol., 17 : 1~7.

Nakamura, K. 1952. Environment, food habit, spawning, development, growth and fisheries of *Zacco platypus* in Chikuma river. Bull. Freshwater Fish. Lab., 1 : 2~25. (in Japanese)

Parker, G.A. 1992. The evolution of sexual size dimorphism in fish. J. Fish. Biol., 41 (Supplement B) : 1~20.

Trivers, R. 1985. Social evolution. Benjamin Cummings, Menlo park. 462 pp.

Wang, J.T., M.C. Liu and L.S. Fang. 1995. The reproductive biology of an endemic cyprinid, *Zacco pachycephalus*, in Taiwan. Environ. Biol. Fishes, 43 : 135~143.

Wu, H.W. 1964. The Cyprinid fishes of fishes of China. Vol. 1. Sci. Tech. press, Shanghai, 288 pp. (in Chinese)

김익수 · 최 윤 · 이충렬 · 이용주 · 김병직 · 김지현. 2005. 원색한국어류대도감. 교학사, 서울, 616 pp.

남명모 · 최낙중 · 김성원 · 석규진 · 이종윤. 1999. 피라미 *Zacco platypus* (Temminck et Schlegel)의 종묘생산. 한국양식학회지, 12 : 25~30.

민미숙. 1991. 피라미속 (잉어목, 잉어과) 어류의 계통분류학적

연구. 인하대학교 대학원 박사학위 논문, 94 pp.

민미숙 · 양서영. 1991a. 피라미속 (잉어목, 잉어과) 어류의 계통분류학적 연구 I; 유전적 변이 한국동물학회지, 115 : 557~570.

민미숙 · 양서영. 1991b. 피라미속 (잉어목, 잉어과) 어류의 계통분류학적 연구 II; *Zacco*속 및 *Candidia*속 어류의 계통적 유연관계. 한국동물학회지, 115 : 571~584.

민미숙 · 양서영. 1993. 피라미속 어류의 계통분류학적 연구 IV; 한국 및 일본산 갈겨니 (*Zacco temmincki*)의 유전학적 분화. 한국동물학회지, 120 : 28~35.

백현민 · 송호복. 2006. 목납자루, *Acheilognathus signifer* (Acheilognathinae: Cyprinidae)의 성적이형과 이차성징. 한국어류학회지, 18 : 141~147.

손홍중. 1984. 피라미아과의 계통분류학적 연구. 인하대학교 교육대학원 석사학위 논문, 19 pp.

송호복 · 최신석. 2000. 버들붕어, *Macropodus chinensis*의 생식생태와 초기생활사. 한국육수학회지, 33 : 282~286.

신순호. 2004. 이사천에 서식하는 칼납자루, *Acheilognathus koreansis*와 피라미, *Zacco platypus*의 생식과 기관계 구조에 관한 연구. 여수대학교 교육대학원 석사학위 논문, 57 pp.

양서영 · 민미숙. 1989. 갈겨니 (*Zacco temmincki*)의 진화에 관한 연구 IX; 피라미아과 어류의 계통진화. 한국동물학회지, 107 : 393~403.

유니나. 2005. 피라미, *Zacco platypus*의 소화관 형태와 조직학적 연구. 전북대학교 대학원 석사학위 논문, 25 pp.

윤희남. 2001. 한국산 피라미속 어류의 서식 제한 요인에 관하여. 상명대학교 대학원 석사학위 논문, 81 pp.

장성임. 1995. 피라미 (*Zacco platypus*)의 난자형성에 관한 연구. 청주대학교 대학원 석사학위 논문, 23 pp.

조장현. 1996. 피라미 (*Zacco platypus*)의 정자형성 과정. 청주대학교 대학원 석사학위 논문, 24 pp.

조정우. 1985. Banding방법에 의한 한국산 피라미속 어류 2종의 핵형분석. 인하대학교 대학원 석사학위 논문, 34 pp.

홍영표. 1991. 한강수계에 서식하는 피라미 (*Zacco Platypus*)와 갈겨니 (*Z. Temmincki*)의 분포 및 군집 동태에 관한 연구. 충남대학교 대학원 박사학위 논문, 197 pp.

内田惠太郎. 1939. 朝鮮魚類誌, 第一冊, 絲鰓類, 內鰓類. 朝鮮總督府水産試驗場. pp. 331~339.

中村守純. 1969. 日本のコイ科魚類. 資料科學研究所, 東京, pp. 5~99.

Received : July 9, 2006
Accepted : August 17, 2006