한국환경생태학회지 35(2): 115−125, 2021
Korean J. Environ. Ecol. 35(2): 115-125, April 2021
ISSN 1229-3857(Print) ISSN 2288-131X(Online)
https://doi.org/10.13047/KJEE.2021.35.2.115

추령천에 서식하는 가시납지리, *Acheilognathus chankaensis* (Pisces: Acheilognathinae)의 개체군 생태[1a]

김형수[2] · 김수환[3*]

Population Ecology of *Acheilognathus chankaensis* (Pisces: Acheilognathinae) in the Churyeongcheon (Stream), Korea[1a]

Hyeongsu Kim[2], Suhwan Kim[3*]

요 약

본 연구는 전라북도 순창군 복흥면 추령천 일대에서 2006년 2월부터 2007년 5월까지 가시납지리의 개체군 생태조사를 실시하였다. 가시납지리는 물의 흐름이 느리고 하상이 주로 모래, 뻘, 잔자갈의 비율이 높은 수역에서 서식하였다. 체장빈도분포법으로 연령을 추정한 결과, 체장 30~46㎜ 군은 만 1년생, 47~58㎜ 군은 만 2년생, 59~68㎜ 군은 만 3년생, 69㎜ 이상 군은 만 4년생 이상으로 추정되었다. 생식소성숙도지수(GSI)는 3월(암: 12.9%, 수: 5.0%)에 가장 높았고, 산란관길이/체장(Ovipositor length/Standard length)의 비율(%)은 4월(46.3%)에 가장 높았다. 성숙란인 1.6㎜ 이상 크기의 난경이 차지하는 비율은 5월(13.2%)에 가장 높게 나타났다. 산란기 특성을 종합적으로 분석한 결과 산란기는 3월부터 6월까지로 추정되었고 (수온 11.5~22.5℃) 조사기간 동안 성비는 1:1.13(♀:♂)이었다. 포란수는 318±174.5 (50~583)개, 성숙란수는 220±139.2 (50~406)개, 성숙난의 크기는 장경 2.04±0.110㎜, 단경 1.55±0.100㎜으로 나타났다. 가시납지리의 주요 먹이생물은 규조류 (Bacilariophyceae)의 *Fragilaria*, *Synedra*, *Navicular*, *Cymbella* 등과 녹조류(Chlorophyceae)의 *Cosmarium* 같은 식물성플랑크톤이 주로 관찰되었다.

주요어: 산란특성, 산란시기, 생식도성숙도, 납자루아과

ABSTRACT

This study surveyed the population ecology of *Acheilognathus chankaensis* (Pisces: Acheilognathinae) in the vicinity of the Churyeongcheon (Stream) and Seomjingang (River) in Jeonbuk, Korea, from February 2006 to May 2007. The survey found the habits mainly in the slow-flowing waters having sand, mud, and gravel bottoms. Age groups estimated by the standard length-frequency distribution of the population indicated that the one-year-olds were 30-46 ㎜ long, the two-year-olds were 47-58 ㎜ long, the three-year-olds were 59-68 ㎜ long, and the four-year-olds were longer than 69 ㎜. The gonadosomatic index (GSI) and the ratio of

1 접수 2021년 1월 12일, 수정 (1차: 2021년 2월 18일), 게재확정 2021년 2월 25일
Received 12 January 2021; Revised (1st: 18 February 2021); Accepted 25 February 2021
2 국립수산과학원 첨단양식실증센터 해양수산연구사 Advanced aquaculture research center, National Institute of Fisheries Science, 55 Yeomyeongro 25 beongil Jinhae-gu Changwon-si 51688, Korea (kimk2k@korea.kr)
3 국립생태원 선임연구원 National Institute of Ecology, Seocheon-gun 33657, Korea (ksh0814@nie.re.kr)
a 이 논문은 2021년도 국립수산과학원 수산시험연구사업 담수 수산생물 종보존 및 복원 연구(R2021040)의 지원과 2021년도 국립생태원 외래생물연구팀 생태계교란 생물 모니터링 연구사업(NIE-법정연구-2021-09)의 지원으로 수행된 연구임
* 교신저자 Corresponding author: ksh0814@nie.re.kr

ovipositor length/standard length were the highest in March (♀: 12.9%, ♂: 5.0%) and in April (46.3%), respectively. The ratio of mature egg diameters that were 1.6 ㎜ was highest in May (13.2%). The comprehensive analysis of spawning characteristics showed that the spawning season was from March to June with water temperatures in 11.5-22.5℃, and the sex ratio of female:male was 1:1.13. The fecundity in the ovaries and the number of mature eggs were 318±174.5 (50~583) and 220±139.2 (50~406), respectively. The size of the mature eggs was 2.04±0.110 ㎜ on the long axis and 1.55±0.100 ㎜ on the short axis for the study period. Gut contents of *A. chankaensis* were mainly phytoplankton such as the genera *Fragilaria*, *Synedra*, *Navicular, Cymbella* (Bacillariophyceae), and *Cosmarium* (Chlorophyceae).

KEY WORDS: SPAWNING CHARACTERISTICS, SPAWNING SEASON, GONADOSOMATIC INDEX, BITTERLING

서 론

잉어목(Cypriniformes) 잉어과(Cyprinidae) 납자루아과(Acheilognathinae) 어류는 유럽-지중해에 분포하는 *Rhodeus sericeus, R. amarus*, *R. colchicus* 3종을 제외하고는 베트남, 대만, 중국, 한국, 일본 등지에 주로 분포하며 전 세계에 약 60여종 알려져 있다(Damme *et al*., 2007). 납자루아과 어류는 산란기가 되면 암컷의 산란관이 길어지며 신장된 산란관을 이용하여 담수산 이매패 조개(Bivalves)의 아가미(새엽) 안에 산란하게 된다. 이 후 화려한 혼인색을 띠는 수컷이 조개 주위에 세력권을 형성하고 정액을 방출하여 조개의 아가미 안에서 알이 수정된다(Smith *et al*., 2004). 수정된 알은 3일 전후로 부화되며 자치어는 난황이 완전히 흡수되는 약 4주 동안 조개 안에서 살며 자유유영기가 되면 스스로 조개 밖으로 빠져나오게 된다(Aldrigde, 1999). 우리나라에는 멸종된 것으로 알려진 서호납줄갱이 *R. hondae*를 포함하여 2속 15종이 현재까지 보고되어 있다(Kim and Kim, 2009; Kim and Park, 2002, Kim *et al*., 2014b).

가시납지리는 Regan (1908)이 청주에서 채집된 표본을 근거로 *Acanthorhodeus gracilis*로 기재 발표한 고유종이었으나 Kim and Kim (2009)은 중국의 *A. chankaensis*와 원기재 및 형태학적 검토를 통하여 *A. chankaensis*의 동종이명(Junior synonym)으로 정리한 바 있다. 본 종은 우리나라 서남해 연안으로 흐르는 여러 하천에 주로 서식하는 것으로 알려져 있으나 생활사나 생태습성은 거의 알려져 있지 않다(Kim, 1997). 가시납지리에 대해서는 분류학적 검토(Kim and Kim, 2009; Chang *et al*., 2014), 골격연구(Kim and Kim, 1998), 초기발생(Suzuki and Jeon, 1990a) 등의 연구만 수행되었고, 생태에 관한 연구는 거의 이루어지지 않았다.

개체군(population)은 같은 시기, 같은 지역에서 살아가는

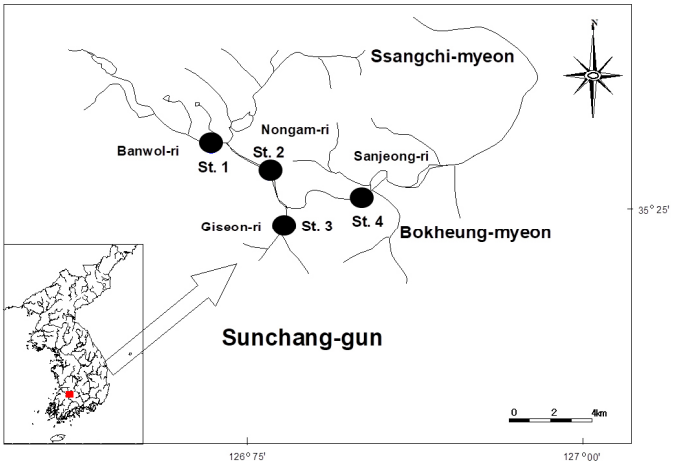

Figure 1. A map showing the study site of *Acheilognathus chankaensis* in the Churyeongcheon (Stream), Jeollabuk-do, Korea. An arrow indicates the study site (St. 1: Banwol-ri, Bokheung-myeon, Sunchang-Gun; St. 2: Nongam-ri, Bokheung-myeon, Sunchang-Gun; St. 3: Giseon-ri, Bokheung-myeon, Sunchang-Gun; St. 4: Sanjeong-ri, Bokheung-myeon, Sunchang-Gun)

동일한 생물종들의 집단을 의미하며 개체군 생태에 대한 연구는 종의 산란기, 산란특성, 성 성숙연령, 먹이생물 등 다양한 생물학적 기초자료와 서식지에 대한 자료를 확보할 수 있고, 종의 증식·복원 연구를 수행하기 위해서는 반드시 선행되어야 하는 분야이기도 하다(Song and Back, 2005). 한국산 납자루아과 어류의 개체군 생태연구는 묵납자루(Back, 2005)와 줄납자루(Song, 1994), 칼납자루와 임실납자루(Yang, 2004), 큰납지리(Kim and Kim, 2012), 각시붕어(Kim *et al*., 2015), 한강납줄개(Kim *et al*., 2017; Ko *et al*., 2019)를 대상으로 수행된 바 있지만 가시납지리를 비롯한 국내 납자루아과 어류의 대다수의 종에 대해서는 연구가 매우 부족한 실정이다.

최근 우리나라는 하천공사, 담수패류 감소, 외래종 유입 등 인위적 교란으로 납자루아과 어류는 감소하고 있다. 그러나 아직까지 납자루아과 어류에 대한 생물학적 특징 및 개체군 생태에 관한 연구는 매우 부족한 실정으로 본 연구에서는 가시납지리의 산란시기, 성비, 포란수, 연령, 먹이생물 등 개체군 생태 전반에 대한 연구를 통하여 종에 대한 기초자료를 마련하고자 한다.

연구방법

1. 조사지역 및 서식환경

본 연구는 전라북도 순창군 복흥면 추령천 일대에서 2006년 2월부터 2007년 5월까지 매달 25-30일 사이에 월 1회 이상 수행하였다(Figure 1). 물리적 환경요인으로 하폭과 유폭은 디지털거리측정기(Bushnell Sport 600 Laser Rangefinder, Columbia, USA)를 이용하였고, 수심과 하상구조는 줄자를 이용하여 측정하였다. 서식처의 이화학적 환경요인으로 기온과 수온은 현장에서 오전 12시에서 오후 2시 사이에 디지털 온도계를 사용하여 측정하였다. 하천형태는 Kani (1944), 하상구조는 Cummins (1962)의 기준에 따라 구분하였다. 공서종 조사는 투망 10회, 족대 30분을 기준으로 5, 9월 2회 실시하였고 종 동정과 분류는 Kim (1997), Kim *et al*. (2005)을 따랐다.

2. 연령, 산란기, 성비, 포란수, 소화관 내용물

가시납지리 채집은 투망(망목, 5×5㎜), 족대(3×3㎜), 유인어망(3×3㎜)을 사용하였다. 채집된 모든 개체는 마취제(MS-222, Sigma-Aldrich, St. Louis, USA)를 이용하여 100ppm 농도로 마취시킨 후 1/20㎜ dial caliper로 체장과 산란관길이를 0.01㎜까지 측정하였고, 체중은 전자저울(MW-200, CAS, Korea)을 사용하여 0.01g까지 측정하였다. 연령을 추정하기 위해 2006년 4월과 11월에 채집된 모든 개체를 대상으로 체장빈도분포법(Ricker, 1971)으로 분석하였다. 산란기 추정을 위한 생식소성숙도지수(goandosomatic index (GSI) = goand weight / body weight × 100) 조사는 2006년 2월부터 2007년 3월까지 매달 체장 40㎜ 이상의 암·수 10개체씩을 대상으로 조사하였고, 산란관의 길이변화는 산란관길이/체장(ovipositor length (OL) / standard length (SL))의 비율(%)을 월별로 조사하여 확인하였다. 월별로 평균 생식소성숙도지수를 보이는 암컷 3개체를 대상으로 해부현미경(HA80, HITEX, Japan) 하에서 난경을 측정하여 월별 난경 크기의 변화를 관찰하였다. 산란성기에 채집된 암컷 10개체를 대상으로 체장별로 구분하여 포란수를 계수하였고, 6개체는 추가적으로 복부를 압박하여 성숙난 수를 확인하였다. 가시납지리의 식성분석을 위해 2006년 6월 5개체에 대해 채집 즉시 10% 포르말린으로 고정하였다. 실험실로 이동한 후 소화관을 적출하여 핀셋으로 잘게 파쇄하였고, 30㎖의 증류수를 첨가하여 이 중 1㎖를 채취하여 광학현미경(carl zeiss, AX10, Germany)상에서 Cho (1993)와 Chung (1993)에 따라 분류하고 동정하였다.

결 과

1. 서식환경

조사지점은 섬진강 지류 하천인 추령천 상류부로 주변은 주로 농경지로 이용되었고, 수중에는 말즘 *Potomogeton crispus*, 검정말 *Hydrilla verticillata*, 마름 *Trapa japonica*이 다량 생육하고 있었다. 하천의 하폭은 20~50m, 유폭은 5~30m, 수심은 0.5~2.0m이었다. 가시납지리가 가장 많이 출현하는 St. 1은 유속이 느리고, 하상은 모래, 뻘, 잔자갈의 비율이 70% 이상을 차지하였다(Table 1). 조사지점의 기온과 수온은 모두 12월에 9℃, 8℃로 가장 낮았고 기온은 8월에 31℃, 수온은 7월에 27℃로 가장 높게 나타났다(Figure 2).

2. 공서종

조사 지점에서 공서종으로 출현하는 어류를 조사한 결과 모두 3목 5과 18종이었다. 긴몰개 *Squalidus gracilis majimae* (상대풍부도, 15.3%)가 우점적으로 출현하였고 다음으로 가시납지리(14.3%), 갈겨니 *Zacco temminckii* (12.7%), 칼납자루 *A. koreensis* (12.3%) 순으로 나타났다. 한국 고유종은 9종으로 전체 채집된 어류 중 50%로 나타났다(Figure 3).

Table 1. The environmental conditions at the study site of *Acheilognathus chankaensis* in the Churyeongcheon (Stream), Jeollabuk-do, Korea, 2006

Site	River width (m)	Water width (m)	Water depth (㎝)	River type	Bottom structure(%) *						No. of individuals	Relative abundance(%)
					B	C	P	G	S	M		
1	20-30	5-15	50-150	Bb	5	10	15	20	35	15	373	44.9
2	30-50	20-30	30-200	Bb	10	25	25	15	15	10	63	7.5
3	20-30	5-15	50-150	Bb	0	5	5	20	40	30	189	22.7
4	20-30	15-20	30-200	Bb	10	10	25	20	25	10	204	24.6

* Cummins (1962): B (boulder, >256㎜), C (cobble, 256~64 ㎜), P (pebble, 64~16 ㎜), G (gravel, 16~2 ㎜), S (sand, 2~0.1 ㎜), M (mud, 0.1 ㎜>)

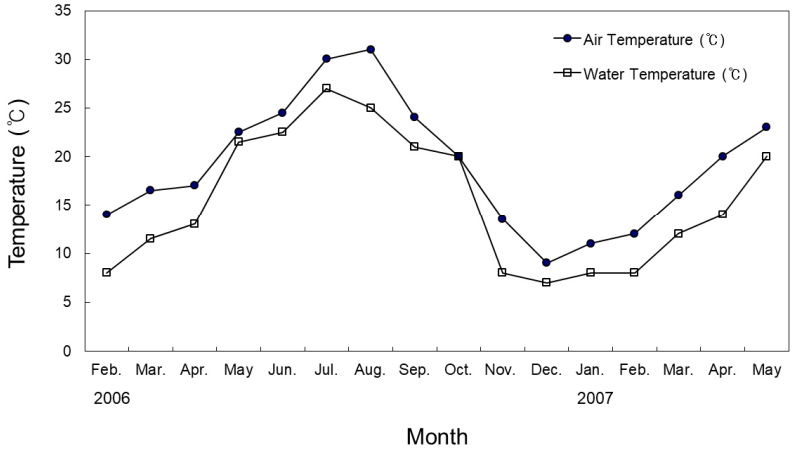

Figure 2. Monthly changes in the air and water temperature in the Churyeongcheon (Stream), Jeollabuk-do, Korea from February 2006 to May 2007.

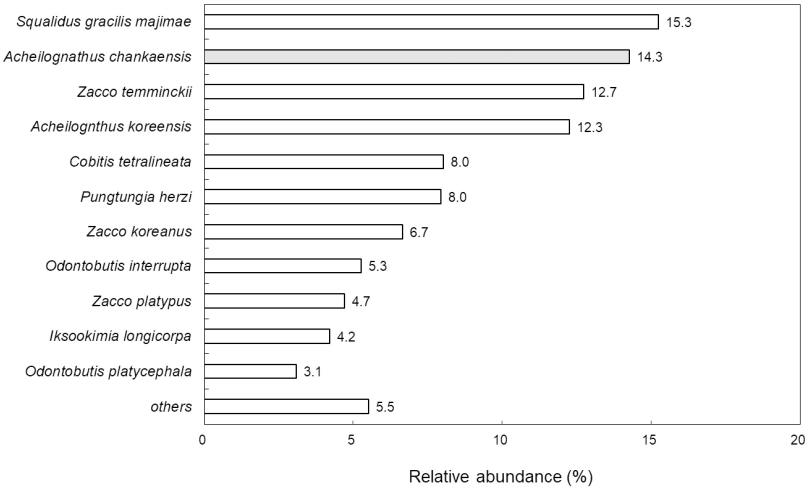

Figure 3. Relative abundance of collected fishes in the Churyeongcheon (Stream), Jeollabuk-do, Korea on May and September 2006.

3. 연령

체장빈도분포법으로 가시납지리의 연령을 추정한 결과는 Figure 4와 같다. 가시납지리 암수의 구분은 만 1년생에서는 혼인색과 산란관이 나타나지 않아 구분이 어렵지만 만 2년생 이상 암컷과 수컷은 산란관과 혼인색으로 구분이 가능하였다. 2006년 4월 조사를 기준으로 연령을 비교한 결과 암컷과 수컷의 체장은 비슷하였고 체장 30~46㎜ 군은 만 1년생, 47~58㎜ 군은 만 2년생, 59~68㎜ 군은 만 3년생, 69㎜ 이상 군은 만 4년생 이상으로 추정되었다.

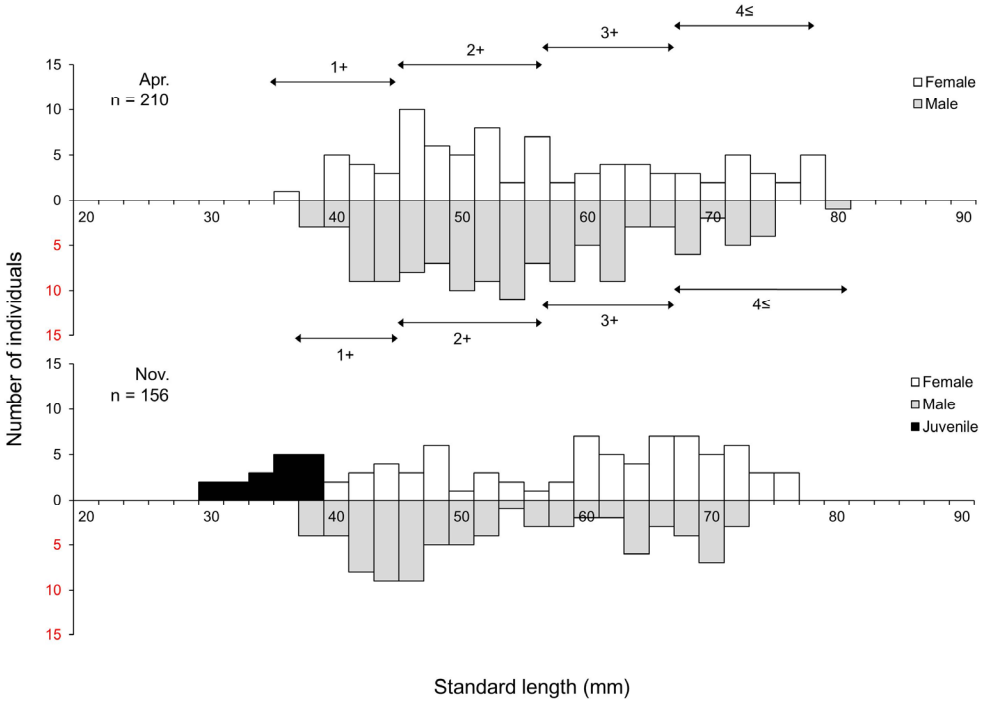

Figure 4. Standard length frequency distribution of *Acheilognathus chankaensis* in the Churyeongcheon (Stream), Jeollabuk-do, Korea in April and November 2006.

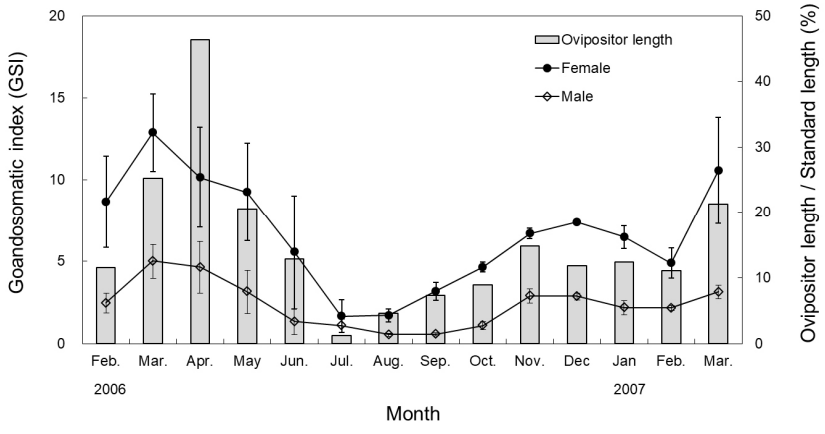

Figure 5 Monthly change of gonadosomatic index (GSI) and ovipositor length / standard length of *Acheilognathus chankaensis* in the Churyeongcheon (Stream), Jeollabuk-do, Korea from February 2006 to March 2007. Vertical lines show SD.

4. 산란시기 및 산란특성

가시납지리의 성 성숙시기를 확인하기 위해 매달 채집된 개체들의 생식소성숙도지수(GSI)를 조사한 결과 암컷과 수컷 모두 2월부터 증가하기 시작하여 3월(암: 12.9%, 수: 5.0%)에 가장 높게 나타났고, 7월(암: 1.6%)과 8월(수: 0.5%)에 가장 낮아졌으며 이후 다시 증가하였다. 산란관길이/체장의 비율(%)은 생식소성숙도와 유사한 경향을 보였는데 2월부터 증가하기 시작하여 4월(46.3%)에 가장 높았고 7월(1.2%)에 가장 낮아졌다 다시 증가하였다(Figure 5). 난소 내 알들의 난경 변화를 측정한 결과 전체 포란수에서 성숙난으로 판단되는 1.6㎜ 이상의 난경이 전체에서 차지하는 비율은 2월 0.3%, 3월 6.6%, 4월 10.6%, 5월 13.2%, 6월 0.1%로 나타났고 7월부터 성숙난은 모두 방출되거나 흡수되어 난경 1㎜ 이하의 미성숙난만 확인되었다(Figure 6). 본 종의 산란기로 추정되는 3~6월에 생식소성숙도가 10% 이상인 암컷 10개체의 포란수를 계수한 결과 318±174.5 (50~583)개로 조사되었고, 산란관이 길어진 체장 54.8~72.6㎜ 사이의 암컷 6개체를 대상으로 복부를 압박하여 산란관을 통해 나오는 성숙난수를 계수한 결과 220±139.2 (50~406)개로 조사되었다(Figure 7). 포란수와 성숙난수는 개체의 크기가 증가하면서 많아지는 경향을 보였으며, 성숙난의 크기는 장경 2.04±0.110㎜, 단경 1.55±0.100㎜으로 나타났다(n=30).

Table 2. The sex ratio of *Acheilognathus chankaensis* in the Churyeongcheon (Stream), Jeollabuk-do, Korea from February 2006 to May 2007

Month		Female	Male	Sex ratio (♂/♀)	χ^2 (chi-squared)
2006	Feb.	12	13	1.08	0.04
	Mar.	18	20	1.11	0.11
	Apr.	87	123	1.41	6.17
	May	28	57	2.04	9.89
	Jun.	23	10	0.43	5.12
	Jul.	16	10	0.63	1.38
	Aug.	24	10	0.42	5.76
	Sep.	23	22	0.96	0.02
	Oct.	33	31	0.94	0.06
	Nov.	74	82	1.11	0.41
	Dec.	24	21	0.88	0.20
2007	Jan.	10	12	1.20	0.18
	Feb.	16	12	0.75	0.57
	Mar.	14	11	0.79	0.36
	Apr.	30	63	2.10	11.71
	May	57	57	1.00	0.00
Total		489	554	1.13	4.05

The critical value for χ^2 goodness-of-fit test of equal numbers of females and males (1df) at 95% significance is 3.84.

가시납지리는 산란기가 되면 암컷은 산란관이 길어지고, 수컷은 입 주변에 추성이 출현하며 몸 전반의 체색은 얕은 보라색을 띄고 뒷지느러미 가장자리 끝은 검은색이 짙어지는 특징이 나타난다. 조사 기간 동안 암컷이 489개체, 수컷이 554개체가 채집되어 성비는 1:1.13로서 수컷의 비율이 우세하였으나, 암수간의 성비에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다(Table 2; X^2=4.05, P>0.05).

Table 3. Food composition of the gut contents of A*cheilognathus chankaensis* in the Churyeongcheon (Stream), Jeollabuk-do, Korea on June 2006

Gut Contents	Standard length (㎜) 54.8	60.1	66.4	70.8	72.6
Cyanophyecae*					
Chroococcus	+	++		+++	++
Phormiduium	++		++	+	++
Oscillatoria	++++	++	++	++	+
Bacillariophyceae*					
Cyclotella		++	+	+	
Melosira	++	+	++	+++	++
Fragilaria	++++	+++	+++	++++	++++
Synedra	++++	+	+++	+++	++
Cocconeis	++	+++	+	++	
Pinnularia	+	+		++	
Navicula	++++	++++	++++	++++	++++
Gomphonema	++	++	+	+++	+
Cymbella	+++	++++	++++	++++	++++
Nitzschia		+	+	+++	+++
Surirella	+	+		+	
Euglenophyceae*					
Trachelomonas	+	+		++	
Chlorophyceae*					
Scendesmus	++		+++	+	+
Pediastrum	+	+		++	+
Ankistrodesmus				+	
Staurastrium	+			+	
Cosmarium	++		+	+++	++
Others**					
Plant leaf		+	+		+
Copepoda			+	+	++
Sand and mud	+		+	++	+

* +: 1~10 cells, ++: 11~50 cells, +++: 51~100 cells, ++++: above 101 cells.

** +: 1~5 individuals,++: 6~10 individuals,+++: 11~15 individuals.

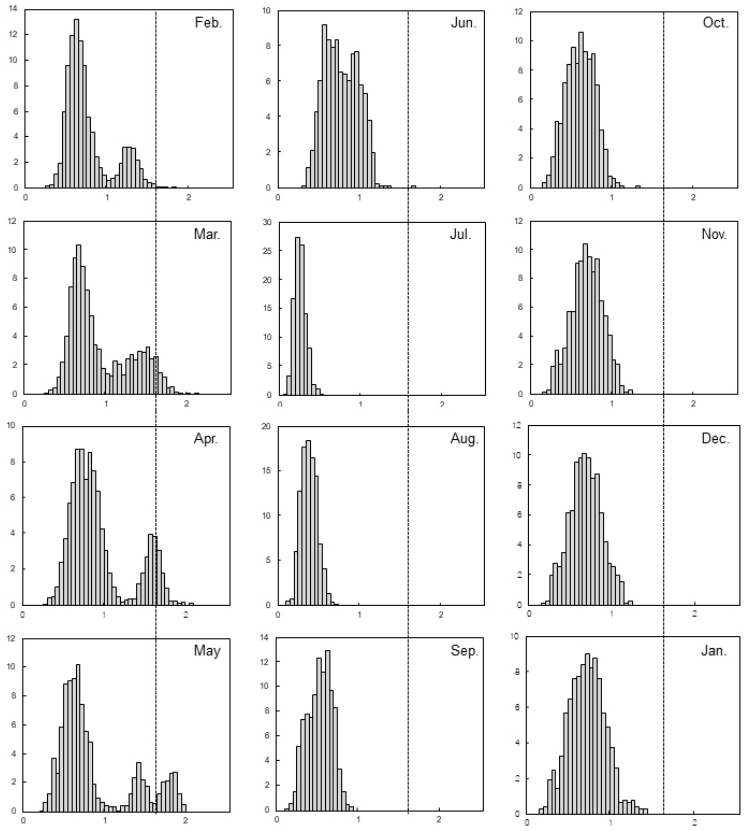

Figure 6. Monthly variations of frequency distribution of egg diameter (the long axis) in the female of *Acheilognathus chankaensis* in the Churyeongcheon (Stream), Jeollabuk-do, Korea from February 2006 to January 2007.

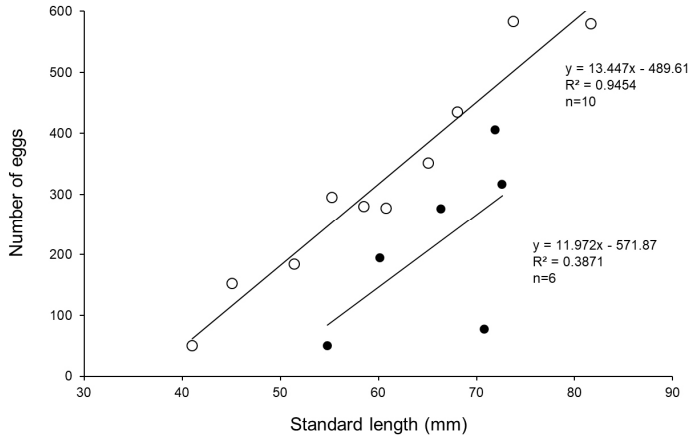

Figure 7. Fecundity (○) and number of mature eggs (●) of *Acheilognathus chankaensis* in the Churyeongcheon (Stream), Jeollabuk-do, Korea from April to June 2006.

5. 소화관 내용물

가시납지리의 식성을 알아보기 위해 6월에 채집한 5개체를 대상으로 소화관 내용물을 조사한 결과 식물성 플랑크톤이 주로 확인되었다. 규조류(Bacilariophyceae)의 비율이 가장 높은 것으로 나타났고 동물성플랑크톤으로 요각류(Copepoda)가 소량 관찰되었다. 출현빈도는 규조류 중 *Fragilaria*, *Synedra*, *Navicular*, *Cymbella* 등이 차지하는 비율이 높았고 남조류(Chlorophyceae) 중 *Cosmarium*도 관찰되었다(Table 3).

고 찰

가시납지리의 주요 서식처는 물 흐름이 느리고 하상은 뻘과 모래가 많은 수환경 조건이었다. 이와 유사한 환경에서 서식하는 납자루아과 어류로는 흰줄납줄개 *Rhodeus ocellatus*, 떡납줄갱이 *R. notatus*, 각시붕어 *R. uyekii*, 큰납지리 *A. macropterus*, 납지리 *A. rhombeus*가 보고되어 있다(Uchida 1939; Kim, 1997; Kim and Kim, 2012; Kim *et al*., 2015). 본 아과 어류의 미소서식지는 하상구조와 유속 등 물리적 요인 이외에도 산란숙주인 담수 이매패와 같은 생물학적 요인이 중요한 역할을 할 수 있는데, 묵납자루 *A. signifer*는 산란숙주로 가장 선호하는 곳체두드럭조개 *Lamprotula leai*와 작은말조개 *Unio douglasiae sinuolatus*의 서식환경과 유사한 서식환경에 주로 서식한다고 보고된 바 있다(Back and Song, 2005a; Kim, 2014). 이에 분포범위와 개체수가 감소하는 납자루아과 어류의 서식처 보존 및 복원을 위해서는 반드시 담수 이매패의 서식환경에 대한 연구도 병행되어야 할 것으로 생각된다.

본 조사지점은 섬진강으로 유입되는 소하천 상류지만 고유종이 9종으로 출현종의 절반을 차지하였다. 중·상류하천으로 종이 풍부하지는 않았지만 여울과 소가 반복되는 다양한 서식환경이 조성되었고, 수중식물과 수변식물이 풍부하게 서식하였으며, 뻘과 모래로 이루어진 하상구조로 인하여 저서성 어류의 출현빈도가 높게 나타났다(Kim, 1997). 섬진강은 하구가 열려 있고 자연스러운 하천형태가 잘 보존된 수계 중 하나로 현재까지 잘 보존되고 있는 곳이다. 하지만 최근 4대강 공사와 지류하천 정비로 많은 지역의 하천생태계가 훼손되거나 교란되고 있으며, 외래종의 유입으로 인한 토착어류들의 피해연구가 보고되고 있음으로 훼손하지 않으며 하천생태계를 보호하려는 적극적인 노력이 요구된다(Ko *et al*., 2008; Lee *et al*., 2009; Park *et al*., 2019).

본 종의 연령에 관한 연구는 수행된 바 없으나 다른 납자루아과 어류의 연령 추정결과와 비교해보면 큰납지리는 만 1년생

Table 4. The comparison of spawning characteristics of Acheilognathinae fish in Korea

Species	Egg size (㎜)	Fecundity	mature egg number	Reference
Rhodeus ocellatus	2.66×1.51*	-	21 (18~24)**	Kim and Park, 1985* Park and Han, 2018**
R. pseudosericeus	2.9~3.1×1.6~1.9*	-	14±7(5~45)**	Kim *et al.,* 2006* Kim *et al.,* 2017**
R. uyekii	3.3~3.8×1.4~1.7*	124±18 (104~168)**	12±6 (1~22)**	Suzuki and Jeon, 1995* Kim *et al.,* 2015**
R. notatus	2.6~3.2×1.3~1.6	-	-	Kim, 1997
Acheilognathus lanceolatus	4.58×1.49	-	85, 106	Suzuki and Jeon, 1990b
A. signifer	2.19×1.85*	225 (141~314)*	20 (10~30)**	Back *et al.,* 2003* Kim *et al.,* 2011**
A. koreensis	4.35×1.76		46 (10~80)	Kim *et al.,* 2011
A. somjinensis	3.6~3.8×2.2~2.4*		12~27**	Kim, 1997* Yang, 2004**
A. yamatustae	1.8×1.6	381 (289~514)	10~60	Song, 1994
A. majusculus	2.12×1.86	-	72 (40~112)	Kim *et al,* 2014a
A. rhombeus	2.58×1.77*	-	36±16 (17~75)**	Suzuki and Jeon, 1991* Kim *et al.,* 2020**
A. macropterus	1.92×1.60	680±209 (432~1,058)	156±121 (30~338)	Kim and Kim, 2012
A. chankaensis	2.04×1.55	318±174 (50~583)	220±139 (50~406)	Present study

이 체장 30~48㎜ 이하, 만 2년생 48~58㎜, 만 3년생 58~64㎜, 만 4년생이 66㎜ 이상(Kim and Kim, 2012), 묵납자루는 만 1년생이 체장 40㎜ 이하, 만 2년생이 45~50㎜, 만 3년생이 55㎜ 이상(Back *et al*., 2002), 줄납자루 *A. yamatustae*는 만 1년생이 전장 30~50㎜, 만 2년생이 50~70㎜, 만 3년생이 70㎜ 이상(Song, 1994), 각시붕어는 만 1년생이 체장 24~29㎜, 만 2년생이 30~35㎜, 만 3년생이 36~39㎜, 만 4년생이 40㎜ 이상(Kim *et al*., 2015)으로 보고되어 큰납지리와 가장 유사한 연령구조를 보였는데, 가시납지리는 다른 납자루아과 종들에 비하여 성장이 빠르며 전장이 큰 대형종인 것으로 생각된다. 본 연구 수행 중 가시납지리의 성숙란이 확인된 최소크기 개체는 체장 54.8㎜ 이었는데 이는 만 2년생의 연령구조를 보였고, 최소 만 2년 이상은 성장해야 성적으로 성숙하는 것으로 생각되며 다른 납자루아과 어류의 성숙연령과 유사하였다(Song, 1994; Kim, 1997; Back *et al*., 2002; Yang, 2004; Kim and Kim, 2012; Kim *et al*., 2015).

가시납지리의 생식소성숙도지수는 3월, 산란관길이/체장 비율은 4월, 난소 내 성숙난이 차지하는 비율은 5월이 가장 높았고 7월이면 모두 가장 낮아지는 것으로 분석되어 본 종의 산란기는 3~6월까지로 추정되었다. 국내 납자루아과 어류 중 납지리의 산란시기는 9~11월로 보고되었고 다른 종들은 4~7월 사이라고 알려져 있다(Kim, 1997). 가시납지리의 포란수와 성숙난수는 각각 318±174.5 (50~583)개, 220±139.2 (50~406)개로 확인되어 국내 납자루아과 어류 중에는 가장 많은 포란수를 보이는 큰납지리와 비슷하였다(Uchida, 1939; Song, 1994; Back *et al*., 2003; Kim and Kim, 2012; Kim *et al*., 2015; 2017; Ko *et al*., 2019)(Table 4). 그러나 납자루아과 어류는 잉어과 어류인 붕어 *Carassius carassius* 200,000~400,000개, 잉어 *Cyprinus carpio* 100,000~300,000개, 피라미 *Zacco platypus* 920~2,500개에 비해 매우 적은 포란수를 가지는데(Aldridge, 1999), 이는 잉어과 어류가 수초나 바닥에 산란하는 방식인데 반해 본 아과 어류는 숙주로 이용하는 조개 안에 산란하는 방식으로 초기 생존율을 높일 수 있기 때문으로 생각된다.

납자루아과 어류의 알은 모양과 크기에 따라 전구형(bulb type), 방추형(spindly type), 서양배형(pear type), 타원형(ovoid type)으로 구분한 바 있다(Kim *et al*, 2011). 가시납지리의 알은 큰납지리, 납지리와 유사하게 타원형이었는데, 타원형의 알은 크기가 작고 산란수가 증가하는 방향으로 선택되어진 것으로 보인다. 특히, 방추형은 장경이 매우 긴 형태로 조개의 새엽에 끼워지기 어렵기 때문에 접착성을 띄는 특징을 가진다. 전구형의 알은 점착성과 비점착성의 특징을 보이며 익상돌기가 형성되고 적은 수의 알을 산란하는 종들에게 나타나는 형태이다(Table 4). 이와 같이 본 아과 어류의 다양한 형태의 알은 산란 시 놓여지는 조개 내 아가미의 구조 및 크기와 연관되어 있고, 이는 조개로부터의 조기토출을 방지하기 위한 적응현상으로 알려져 있다(Mill and Reynolds, 2002; Smith *et al.,* 2004).

월별로 확인된 가시납지리의 알은 미성숙난부터 성숙난까지 여러 단계의 난모세포가 확인되었다. 이는 큰납지리의 월별 난경 변화를 보고한 Kim and Kim (2012)의 연구와 유사하였고, 각시붕어의 생식소 발달과정에서 나타나는 다양한 형태의 난소조직의 변화를 분석하면서 다회산란종으로 추정한 An (1995)의 연구와도 유사하였다. 또한 묵납자루는 수조 내 실험에서 60일 동안 최대 6회까지 성숙난 채란이 가능하다고 보고한 바 있어 본 아과 어류는 모든 알을 한 마리의 조개에 산란하지 않고 여러 마리에 나누어 산란하고, 긴 산란기를 가지는 다회산란종으로 판단된다(Kim *et al*., 2011; Kim and Yang, 2013). 가시납지리의 성비는 암수가 1:1.13으로 거의 유사하였는데 큰납지리의 1:0.99와는 유사하였고 각시붕어 1:0.77, 묵납자루 1:0.78과는 약간 차이가 나타났다(Back *et al*., 2003; Kim and Kim, 2012; Kim *et al*., 2015).

본 아과 어류는 주로 주둥이로 흡입하면서 바닥의 유기물질을 섭식하며, 먹이활동 장소에 따라서 식성에서 차이가 나타나는 것으로 알려져 있다(Kim, 1997). 본 연구 지점은 뻘과 모래의 비율이 높고 수중식물이 많은 서식환경을 보였다. 가시납지리의 소화관내용물은 하천 바닥이나 수생식물에 부착된 조류(Algae)가 주로 확인되었고 유기물과 일부 동물성플랑크톤이 확인되어 초식성이 강한 잡식성 어류로 판단되는데, 이는 묵납자루, 줄납자루, 큰납지리, 각시붕어와 유사한 결과를 보였다(Back and Song, 2005b; Song, 1994; Kim and Kim, 2012; Kim *et al*., 2015).

본 연구에서는 가시납지리의 산란숙주 조개에 대해서는 심도 깊은 연구가 수행되지 못하였다. 그러나 조사 과정에서 가시납지리의 알과 자어는 작은말조개의 새강안에서 확인되었는데(Kwon *et al*., 1993), 본 종의 보존과 보호를 위해서는 산란숙주조개에 대한 추가적인 연구가 수행되어야 할 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구를 수행하는데 많은 조언과 가르침을 주신 김익수 교수님께 감사드립니다. 이 논문은 2021년도 국립수산과학원 수산시험연구사업 담수 수산생물 종보존 및 복원 연구(R2021040)의 지원과 2021년도 국립생태원 외래생물연구팀 생태계교란 생물 모니터링 연구사업(NIE-법정연구-2021-09)의 지원으로 수행된 연구입니다.

REFERENCES

Aldridge, D.(1999) Development of European bitterling in the gills of freshwater mussels. J. Fish. Biol. 54: 138-151.

An, C.M.(1995) Reproductive cycle of the spring-spawning bitterling, *Rhodeus uyekii* (Pisces: Cyprinidae). Korean J. Ichthyol. 7: 33-42. (in Korean with English abstract)

Back, H.M. and H.B. Song(2005a) Spawning in mussel and adaptation strategy of *Acheilognathus signifer* (Cyprinidae: Acheilognathinae). Korean J. Ichthyol. 17: 105-111. (in Korean with English abstract)

Back, H.M. and H.B. Song(2005b) Digestive apparatus and food of the Korean bitterling, *Acheilognathus signifer* (Cyprinidae). Korean J. Ichthyol. 17: 57-63. (in Korean with English abstract)

Back, H.M.(2005) Ecological studies on the Korean bitterling, *Acheilognathus signifer* (Cyprinidae) in Korea . Ph. D. Dissertation, Kangwon National University, Chuncheon, 187pp. (in Korean with English abstract)

Back, H.M., H.B. Song and O.K. Kwon(2002) Age and growth of Korean bitterling, *Acheilognathus signifer* in upper reaches of the Hongcheon river, Korea. Korean J. Ichthyol. 14: 254-261. (in Korean with English abstract)

Back, H.M., H.B. Song and O.K. Kwon(2003) Sexual maturation and the spawning season of the Korean bitterling, *Acheilognathus signifer* in upper reaches of the Hongcheon river. Korean J. Ichthyol. 15: 278-288. (in Korean with English abstract)

Chang, C.H., F. Li, K.T. Shao, Y.S. Lin, T. Morosawa, S. Kim, H.Y. Koo, W. Kim, J.S. Lee, S. He, C. Smith, M. Reichard, M. Miya, T. Sado, K. Uehara, S. Lavoué, W.J. Chen and R.L. Mayden(2014) Phylogenetic relationships of Acheilognathidae (Cypriniformes: Cyprinoidea) as revealed from evidence of both nuclear and mitochondrial gene sequence variation: Evidence for necessary taxonomic revision in the family and the identification of cryptic species. Mol. Phylogenetics Evol. 81: 182-194.

Cho, K.S.(1993) Illustration of the freshwater zooplankton of Korea. Academy Publishing Company, Seoul, 389pp. (in Korean)

Chung, J.(1993) Illustration of the freshwater algae of Korea. Academy Publishing Company, Seoul, 496pp. (in Korean)

Cummins, K.W.(1962) An evolution of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special emphasis on lotic waters. The Amer. Midl. Nat. 67: 477-504.

Damme, V.D., N. Bogutskaya, R.C. Hoffimann and C. Smith(2007) The introduction of the European bitterling (*Rhodeus amarus*) to west and central Europe. Fish. Fish. 8: 79-106.

Kani, T.(1944) Ecology of the aquatic insects inhabiting a mountain stream. In: H. Furukawa(ed.), Insects I. Kenkyu-sha, Tokyo, pp. 171-317. (in Japanese)

Kim, C.H., E.J. Kang and J.H. Kim(2006) Development of eggs and early life history of Korean bitterling, *Rhodeus pseudosericeus* (Acheilognathinae). Korean J. Ichthyol. 18: 266-272. (in Korean with English abstract)

Kim, C.H., W.O. Lee, J.H. Lee and J.M. Beak(2011) Reproduction study of Korean endemic species *Acheilognathus koreensis*. Korean J. Ichthyol. 23: 150-157. (in Korean with English abstract)

Kim, C.H., W.S. Choi, D.H. Kim and J.M. Beak(2014a) Egg development and early life history of Korean endemic species, *Acheilognathus majusculus* (Acheilognathinae). Korean J. Ichthyol. 26: 17-24. (in Korean with English abstract)

Kim, D.M., H.B. Jeon and H.Y. Suk(2014b) *Tanakia latimarginata*, a new species of bitterling from the Nakdong river, South Korea (Teleostei: Cyprinidae). Ichthyol. Explor. Freshwaters 25: 59-68.

Kim, H.S. and H. Yang(2013) Spawning or respawning conditions of *Acheilognathus signifer* (Pisces: Acheilognathinae). Korean J. Ichthyol. 25: 74-81. (in Korean with English abstract)

Kim, H.S. and I.S. Kim(2009) *Acanthorhodeus gracilis*, a junior synonym of *Acheilognathus chankaensis* (Pisces: Cyprinidae) from Korea. Korean J. Ichthyol. 21: 55-60.

Kim, H.S. and I.S. Kim(2012) Population ecology of deep body bitterling, *Acheilognathus macropterus* (Pisces: Cyprinidae) in the Bulgapcheon stream, Korea. Korean J. Ichthyol. 24: 27-34. (in Korean with English abstract)

Kim, H.S.(2014) Spawning ecology and conservation of the Korean bitterling, *Acheilognathus signifer* (Cyprinidae). Ph. D. Dissertation, Chonbuk National University, Jeonju, 158pp. (in Korean with English abstract)

Kim, H.S., J.D. Yoon, H. Yang, H.S. Choi and J.H. Lee(2017) Reproductive characteristics of *Rhodeus pseudosericeus* (Pisces: Acheilognathinae) in the Heukcheon, Namhangang (River), Korea. Korean J. Ichthyol. 29: 235-243. (in Korean with English abstract)

Kim, H.S., J.G. Ko, W.S. Choi and J.Y. Park(2015) Population ecology of Korean rose bitterling, *Rhodeus uyekii* (Pisces: Acheilognathinae) in the Bongseocheon, Mankyeonggang (river), Korea. Korean J. Ichthyol. 27: 78-85. (in Korean with English abstract)

Kim, H.S., J.S. Park and H.T. Kim(2020) Spawning and adaptation characteristics inside the mussel, *Unio douglasiae* of autumn spawning bitterling, *Acheilognathus rhombeus* (Pisces: Acheilognathinae). Korean J. Environ. Ecol. 34: 274-281. (in Korean with English abstract)

Kim, I.S. and I.J. Kim(1998) Study on osteological characteristics of *Acanthorhodeus gracilis*. Korean J. Ichthyol. 19: 231-240. (in Korean with English abstract)

Kim, I.S. and J.Y. Park(2002) Freshwater fishes of Korea. Kyohak Publishing, Seoul, 467pp. (in Korean)

Kim, I.S.(1997) Illustrated encyclopedia of fauna and flora of Korea. vol. 37. Freshwater fishes. Ministry of Education, Seoul, 613pp. (in Korean)

Kim, I.S., Y. Choi, C.L. Lee, Y.J. Lee, B.J. Kim and J.H. Kim(2005) Illustrated Book of Korean Fishes. Kyohak Publishing, Seoul, 615pp. (in Korean)

Kim, Y.U. and Y.S. Park(1985) Egg development and larvae of the rose bitterling *Rhodeus ocellatus* (KNER). Bull. Korean Fish. Soc. 18: 586-593. (in Korean)

Ko, M.H., J.Y. Park and Y.J. Lee(2008) Feeding habits of an introduced large mouth bass, *Micropterus salmoides* (Perciformes; Centrachidae), and its influence on ichthyofauna in the lake Okjeong, Korea. Korean J. Ichthyol. 20: 36-44. (in Korean with English abstract)

Ko, M.H., R.Y. Myung and H.S. Kim(2019) Fish community characteristics and habitat aspects of endangered species, *Rhodeus pseudosericeus* in Heuk stream, a tributary of the Han river drainage system. Korean J. Environ. Ecol. 33: 266-279. (in Korean with English abstract)

Kwon, O.K., G.M. Park and J.S. Lee(1993) Coloured shells of Korea. Academy Publishing Company, Seoul, 445pp. (in Korean)

Lee, W.O., H. Yang, S.W. Yoon and J.Y. Park(2009) Study on the feeding habits of *Micropterus salmoides* in lake Okjeong and lake Yongdam, Korea. Korean J. Ichthyol. 21: 200-207. (in Korean with English abstract)

Mills, S.C. and J.D. Reynolds(2002) Mussel ventilation rates as a proximate cue for host selection by bitterling, *Rhodeus sericeus*. Oecologia 131: 473-478.

Park, J.M. and K.H. Han(2018) Early life history of *Rhodeus* fish (*R. uyekii* and *R. ocellatus*) in the Nakdong river water system. Dev. Reprod. 22: 39-53. (in Korean with English abstract)

Park, J.S., S.H. Kim, H.T. Kim, J.G. Kim, J.Y. Park and H.S. Kim(2019) Study on feeding habits of *Micropterus salmoides* in habitat types from Korea. Korean J. Ichthyol. 31: 39-53. (in Korean with English abstract)

Regan, C.T.(1908) A collection of freshwater fishes from Korea. Proc. Zool. Soc. London, pp. 59-63.

Ricker, W.E.(1971) Methods for assessment of fish production in freshwater. IBP Hand Book, 3: 112-113.

Smith, C., M. Reichard, P. Jurajda and M. Przybylski(2004) The reproductive ecology of the European bitterling (*Rhodeus sericeus*). J. Zool. Lond. 262: 107-124.

Song, H.B. and H.M. Back(2005) Population ecology of the common freshwater goby *Rhinogobius brunneus* (Pices: Gobiidae) in Korea. Korean J. Ichthyol. 17: 195-204. (in Korean with English abstract)

Song, H.B.(1994) Ecological studies on the bitterling, *Acheilognathus yamatsutae* Mori (Cyprinidae) in Korea. Ph. D. Dissertation, Kangwon National University, Chuncheon, 181pp. (in Korean with English abstract)

Suzuki, N. and S.R. Jeon(1990a) Development of the bitterling, *Acanthorhodeus* (=*Acheilognathus*) *gracilis* (Cyprinidae), with a note on minute tubercles on the skin surface. Korean J. Ichthyol. 2: 169-181.

Suzuki, N. and S.R. Jeon(1990b). Development of the bitterling, *Acheilognathus lanceolatus* from Ungchonriver. Korean J. Ichthyol. 2: 77-87.

Suzuki, N. and S.R. Jeon(1991). Development of the bitterling, *Acheilognathus rhombeus* (Cyprinidae), from Korea. J. Basic. Sci. 5: 53-62.

Suzuki, N. and S.R. Jeon(1995) Larval development of the bitterling, *Rhodeus uyekii* (Cyprinidae) from Ansong and Palan rivers in Korea. J. Basci. Sci. 8: 19-26.

Uchida, K.(1939). The fishes of Tyôsen (Korea). Part 1. Nematognathi and Eventognathi. Bull. Fish. Exp. Sta. Gov. Gener. Tyôsen., 6, 458pp. (in Japanese)

Yang, H.(2004) Ecology and speciation of two Korean bitterlings, *Acheilognathus koreensis* and *A. somjinensis* (Pisces: Cyprinidae) from Korea. Ph. D. Dissertation, Chonbuk National University, Jeonju, 100pp. (in Korean with English abstract)