

만경강 수계 봉서천에 서식하는 각시붕어 *Rhodeus uyekii* (Pisces: Acheilognathinae)의 개체군 생태

김형수 · 고재근¹ · 최웅선 · 박종영*

전북대학교 자연과학대학 생물학과, 부설 생물다양성연구소, ¹자연환경복원연구원

Population Ecology of Korean Rose Bitterling, *Rhodeus uyekii* (Pisces: Acheilognathinae) in the Bongseocheon, Mankyeonggang (River), Korea by Hyeong Su Kim, Jae Geun Ko¹, Wung Sun Choi and Jong Young Park* (Department of Biological Science, College of Natural Science, Chonbuk National University, 567, Baekjedae-ro, Deokjin-gu, Jeonju-si, Jeollabuk-do 561-756, Korea; ¹Natural Environmental Restoration Institute Company, 1777-1, Dongseoda-ro, Daedeok-gu, Daejeon Metropolitan City 306-812, Korea)

ABSTRACT Population ecology of *Rhodeus uyekii* (Pisces: Acheilognathinae) was investigated at the Bongseocheon, Mankyeonggang (River) in Korea, from January to December 2014. It mainly inhabits the slow-flowing waters having mud bottoms. Measurement of the standard length of the population indicated that the following standardization: 24~29 mm are one year old, 30~35 mm are two years old, 36~39 mm are three years old, and >40 mm group are regarded over four years old (October in 2014). The spawning season was from March to June, with water temperatures in the range 11.5~27.0°C. The sex ratio of female: male was 1:0.77. The number of eggs in the ovaries was 104~168 (mean±SD: 124±18.1). The size of the matured eggs was 2.8~3.5 (3.2±0.15) mm in the long axis, and 1.4~1.5 (1.4±0.03) mm in the short axis. The eggs were found in *Unio douglasiae* and the number of eggs, larvae or both was 3~18 (10.2±5.0). Stomach contents were mainly phytoplanktons such as the genera *Navicular*, *Cocconeis*, *Cymbella* (Bacillariophyceae) and *Cloniophora* (Chlorophyceae).

Key words: *Rhodeus uyekii*, Korean rose bitterling, population ecology, spawning season, freshwater mussel

서 론

개체군 (population)은 동일 시기에 동일 지역에 함께 서식하는 동일 종의 집단으로 개체군 생태학은 그 개체군이 시간이 지남에 따라 어떻게 변화하는지를 밝히고 개체군과 주변 환경 사이의 다양한 상호관계를 연구하는 학문이다 (Campbell *et al.*, 2006; Sahotra and Plutynski, 2010). 자연상태에서 서식하는 모든 종들은 그들 자신만의 생태적 지위 (niche)를 가지고 있으며 서식지 환경과 개체군 생태에 대한 연구는 종의 이해와 계통분류학적 자료를 제공할 수 있다 (Mayr and Ashlock, 1991). 또한, 어류의 개체군 생태에 관한 연구는 산란시기, 성

장, 성숙연령, 성비, 먹이생물, 서식처조건 등 종에 대한 깊은 이해와 습성을 파악할 수 있고 다양한 생물학적 지식을 축적할 수 있기 때문에 종의 증식·복원·보존·보호 등의 다방면으로 활용이 가능하다 (Song and Baek, 2005).

잉어과 (Cyprinidae) 납자루아과 어류 (Acheilognathinae)는 전 세계에 약 40여종이 서식하는 것으로 알려져 있고 유럽-지중해 지역에 출현하는 *Rhodeus sericeus*, *R. amarus*, *R. colchicus* 등 3종을 제외한 나머지 종들은 동남아시아, 중국대륙, 한국, 일본 등지에 주로 분포한다 (Damme *et al.*, 2007). 산란기 동안 본 아과 어류의 암컷은 긴 산란관을 이용하여 담수산 조개 (Bivalves; Unionidae and Margaritiferidae)의 새강 안에 산란하며 수컷은 화려한 혼인색을 띠고 살아있는 조개 주위에 세력권을 형성하는 독특한 습성을 가지고 있다 (Smith and Hartel, 1999). 산란된 알은 난황이 완전히 흡수되는 2~4

*Corresponding author: Jong Young Park Tel: 82-63-270-3344, Fax: 82-63-270-3362, E-mail: park7877@jnbu.ac.kr

주 동안 조개 내에서 발생이 진행되며 자유유영기에 도달한 후 조개 밖으로 빠져나가게 된다 (Smith *et al.*, 2004). 우리나라에는 멸종된 것으로 추정되는 서호납줄갱이 *R. honda*를 포함하여 2속 15종이 보고되어 있다 (Kim and Park, 2002; Kim *et al.*, 2005; Kim and Kim, 2009; Kim *et al.*, 2014).

본 연구 대상종인 각시붕어는 Mori (1935)가 서울에서 채집된 체장 46 mm의 표본을 기준으로 신종 기재한 한국고유종으로 한강 이남의 서해와 남해로 유입되는 유속이 완만하고 수초가 많은 하천이나 저수지에 주로 서식하는 것으로 알려져 있다 (Kim, 1997b). 각시붕어에 대한 연구는 형태 및 생태에 관한 기초 생물학적 보고 (Uchida, 1939), 초기발생 (Suzuki *et al.*, 1985; Kim and Han, 1990), 골격구조 (Kim, 1997a), 생식주기 (An, 1995a, b), 산란관 신장 (Chae, 2001), 자연잡종 (Kim *et al.*, 2010), 배우자 선택 (Jeon and Suk, 2012) 등 다방면의 연구가 이루어진 바 있다.

그러나 최근 우리나라에서는 댐 건설, 하천 수계의 인위적 변경, 수질 오염, 외래종 유입 등으로 인하여 각시붕어의 서식처와 개체수가 현저하게 감소하고 있는 추세이지만 개체군 생태에 관한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 각시붕어의 연령, 산란시기, 성비, 포란수, 산란숙주 조개, 먹이생물 등 개체군 생태 연구를 통하여 종 보호를 위한 기초자료를 마련하고자 한다.

재료 및 방법

1. 연구장소 및 서식지 환경

각시붕어의 개체군 생태 연구는 2014년 1~12월까지 매달 25~30일 사이에 전라북도 완주군 용진면 봉서천 일대 (Fig. 1)에서 매달 1회 이상 시행하였다. 서식처 주변의 물리적 환경요인인 하폭과 유폭은 디지털거리측정기 (Bushnell Sport 600, USA), 유속은 Tachometer (Swoffer Model 2100, USA)를 이용하여 측정하였다. 수심과 하상구조는 줄자를 이용하여 측정하였고 하천형태는 Kani (1944), 하상구조는 Cummins (1962)의 기준에 따랐다. 서식처의 이화학적 환경요인인 기온과 수온은 현장에서 오전 11시에서 오후 1시 사이에 디지털 온도계를 사용하여 측정하였고 DO, pH, Conductivity, BOD, COD, SS는 물환경정보시스템 (<http://water.nier.go.kr>)에서 제공하는 월별 수질측정망 자료를 이용하였다. 동소출현종 조사는 투망 10회, 족대 30분을 기준으로 4, 7, 10월 3회 실시하였고 동정과 분류는 Kim and Park (2002), Kim *et al.* (2005)에 따랐다.

2. 연령, 산란기 특성, 산란숙주 조개 이용, 소화관 내용물

각시붕어의 연령을 조사하기 위해서 채집은 족대 (망목,

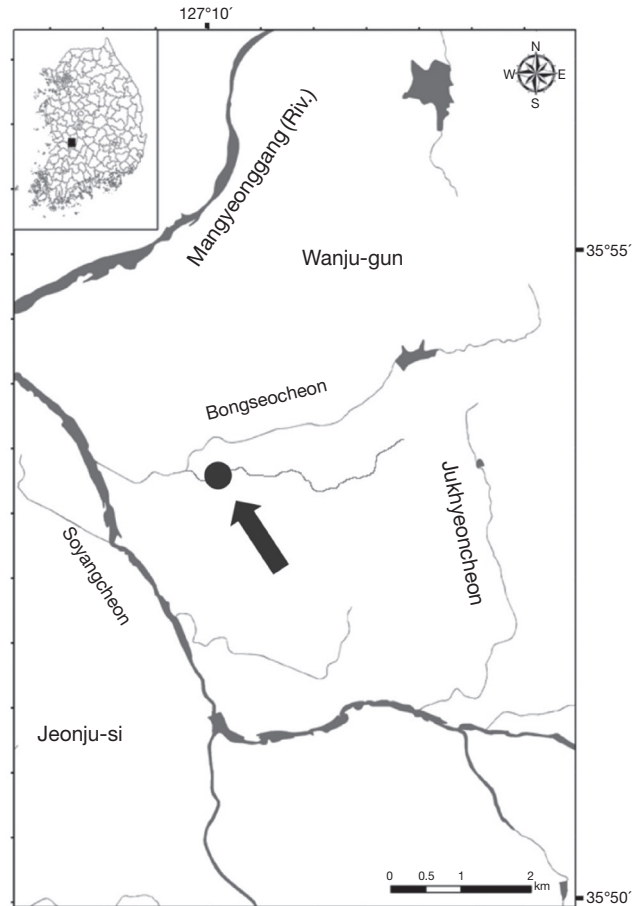


Fig. 1. A map showing the study site of *Rhodeus uyekii* in the Bongseocheon (River), Jeollabuk-do, Korea. An arrow indicates the study site.

3×3 mm)와 유인어망 (4×4 mm)을 이용하여 매달 실시하였다. 채집된 모든 개체는 마취제 (MS-222, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 이용하여 마취한 상태에서 체장 (Standard length)을 1/20 mm dial caliper로 0.01 mm까지 측정하여 체장빈도분포법 (Ricker, 1971)으로 분석하였고, 식성과 산란기 분석을 위한 일부를 제외한 나머지 개체는 모두 재방류하였다. 산란기는 매달 암컷의 산란관 길이를 측정하여 산란관 길이/체장의 비율 (%)의 월별 변화, 암컷의 복부를 압박하여 성숙한 알이 나오는 기간으로 추정하였다. 또한 산란기 이전, 산란 성기, 산란기 이후의 암컷 3개체씩을 대상으로 해부현미경 (HA80, HITEX, Japan) 하에서 난경의 크기를 측정하여 기간에 따른 난경의 크기와 난의 개수 변화를 관찰하였다. 산란 성기에 채집된 암컷은 체장별로 구분하여 포란수를 계수하였다.

산란숙주로 이용하는 조개를 확인하기 위해서 조사지점에서 족대로 채집하였고 동정 및 분류는 Kwon *et al.* (1993)에 따랐다. 조개 내 산란된 알 및 자어가 각시붕어로 확인된 개체는 실험실로 이동하여 조개의 각장 (Shell length), 각시붕어의

알이 산란된 위치와 개수를 기록하였다.

각시붕어의 주요 식성을 분석하기 위하여 당년생 치어 3개체 (17.9~19.9 mm SL)와 성어 3개체 (26.2~33.7 mm SL)를 10% 포르말린 용액에 즉시 고정하여 소화관 내용물을 관찰하였다. 소화관을 절개하여 핀셋으로 잘게 파쇄하였고 증류수를 첨가해 총 부피가 30 mL이 되게 만든 후 이 중 1 mL을 취하여 광학현미경 (Carl Zeiss, AX10, Germany) 하에서 Cho (1993), Chung (1993)에 따라 분류 동정하였다.

결 과

1. 서식지 환경

본 연구를 실시한 봉서천은 만경강으로 유입되는 소하천으로 수변부에는 달뿌리풀 *Phragmites japonica*이 하천변을 따라 서식하였다. 수중에는 말즘 *Potamogeton crispus*과 검정말 *Hydrilla verticillata*이 대부분을 차지하였고 주변은 농경지로 이용되고 있었다. 하천의 하폭은 15~20 m, 유폭은 1~10 m, 수심은 0.3~1.5 m이었다. 조사지점에는 1.0 m 높이의 보가 설치되어 물 흐름이 완만한 정수역이 형성되었고 하상은 켄의 비율이 90% 이상이었다 (Table 1).

조사지점 인근의 수질측정망 자료를 확인한 결과 이화학적 환경요인인 pH는 7.2~8.5, DO는 7.5~13.7 mg/L, Conductivity는 159~358 µmhos/cm, BOD는 0.4~3.0 mg/L, COD

는 2.3~5.7 mg/L로 나타났다. 기온과 수온의 변화에서 기온은 12월에 2.1°C, 수온은 1월에 2.7°C로 가장 낮았으며 7월에는 기온과 수온 모두 36.0°C, 27.1°C로 가장 높게 나타났다 (Table 2).

2. 동서출현종

조사 지점에서 출현한 어류는 모두 5목 8과 23종이었다 (Fig. 1). 우점종은 납자루 *Acheilognathus lanceolatus* (상대풍부도, 14.0%)였으며 다음으로 납지리 *A. rhombeus* (11.1%), 각시붕어 (11.1%), 떡납줄갱이 *R. notatus* (10.3%), 피라미 *Zacco platypus* (9.9%), 흰줄납줄개 *R. ocellatus* (8.5%) 순으로 나타났다. 한국 고유종은 6종이었고 생태계교란어종인 배스가 2개체 (0.4%) 확인되었다 (Fig. 2).

3. 연령

체장빈도분포법 (Ricker, 1971)으로 각시붕어의 암컷과 수컷을 구분하여 연령을 추정한 결과는 Fig. 3과 같다. 10월 조사를 기준으로 연령을 비교한 결과 암컷과 수컷의 체장은 비슷하였고 체장 24~29 mm 군은 만 1년생, 30~35 mm 군은 만 2년생, 36~39 mm 군은 만 3년생, 40 mm 이상 군은 만 4년생 이상으로 추정되었다. 각 연령군의 정점은 만 1년생은 26 mm, 만 2년생은 32 mm, 만 3년생은 37 mm로 나타났다. 6월부터 채집된 체장 15 mm 내외의 당년생 개체군은 10월에는 20~25

Table 1. The environmental conditions at the study site of *Rhodeus uyekii* in the Bongseocheon (River), Jeollabuk-do, Korea, 2014

Study site	Stream width (m)	Water width (m)	Water depth (m)	Bottom structure (%)*					
				B	C	P	G	S	M
	15~20	1~10	0.3~1.5	-	-	-	5	5	90

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

Table 2. The physico-chemical characters at the study site of *Rhodeus uyekii* in the Bongseocheon (River), from January to December 2014

Month	Air temp. (°C)	Water temp. (°C)	pH	DO (mg/L)	Conductivity (µmhos/cm)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	
Jan.	2.9	2.7	8.1	12.8	198	1.3	2.3	
Feb.	9.7	6.0	8.5	12.2	209	1.3	2.7	
Mar.	16.4	11.5	7.8	11.8	222	3.0	5.7	
Apr.	23.0	20.0	7.6	11.9	159	1.0	3.1	
May	25.7	20.7	8.5	11.1	181	2.0	3.9	
Study site	Jun.	31.0	27.0	7.7	8.7	178	1.8	5.2
Jul.	36.0	27.1	7.2	8.8	358	1.0	4.8	
Aug.	29.0	22.0	8.2	12.0	161	1.0	2.5	
Sep.	20.7	16.0	7.2	7.5	255	1.6	2.5	
Oct.	18.0	11.2	7.8	7.7	237	1.2	3.3	
Nov.	6.0	3.8	7.9	13.7	260	0.8	3.0	
Dec.	2.1	4.4	7.5	12.7	318	0.4	2.3	

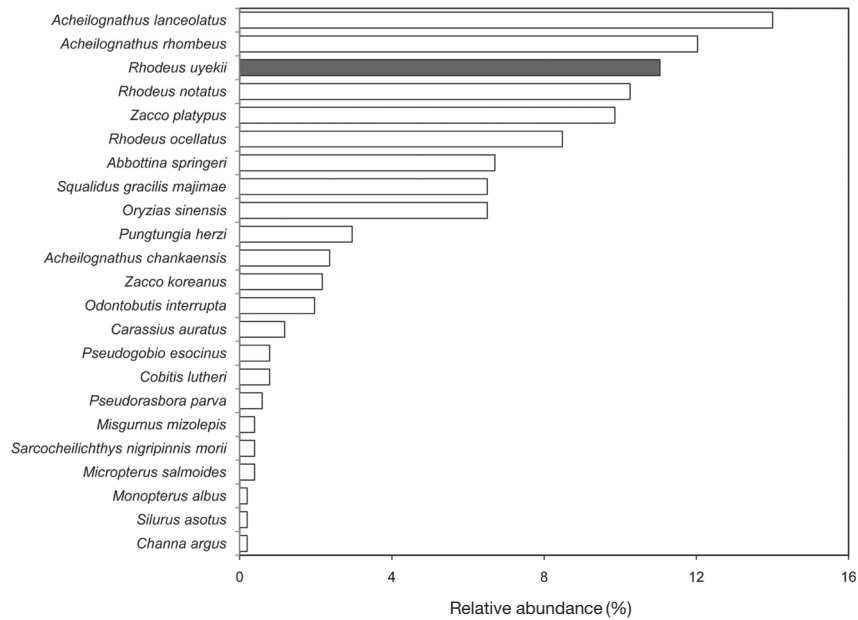


Fig. 2. Relative abundance of collected fishes in the Bongseocheon (River) on April, July, and October 2014.

mm까지 성장하여 만 1년생의 체장에 근접하였다. 채집된 개체 중 가장 큰 개체는 수컷 46.1 mm (2.4 g), 암컷 49.7 mm (1.7 g)이었다.

4. 산란기 특성

각시붕어의 산란관 길이/체장의 비율 (%)은 3월부터 증가하기 시작하여 4월 (55.3%)에 가장 높았고 7월 (5.6%)에 가장 낮게 나타났다. 암컷의 복부를 통해 성숙한 알이 나오는 기간은 3~6월까지였고, 채집된 전체 암컷 중 성숙한 알이 나오는 암컷의 비율은 3월 3.2%, 4월 13.7%, 5월 1.4%, 6월 1.4%로 4월에 가장 높게 나타나 산란기는 3월말부터 6월말까지로 추정되었다 (Fig. 4). 난소 내 알들의 크기 변화를 측정한 결과 산란기 전인 3월 11일에는 0.7~0.8 mm의 알 크기 비율이 가장 높았고 1.0 mm 이하의 미성숙한 알만 확인되었다. 산란성기인 6월 6일에는 2.0 mm 이상의 알 및 일부 성숙한 알이 확인되었으며 산란기 후인 8월 15일에는 0.7 mm 이하의 미성숙한 알만 확인되었다. 난소 내에서 확인된 알 수는 산란기 전인 3월 11일에 251개로 가장 많았고 기간이 지나면서 6월 6일에 168개, 8월 15일에 134개로 점차 감소하였다 (Fig. 5).

본 종의 산란기로 추정되는 4~6월에 체장 28~45 mm 사이의 성숙한 암컷 10개체의 난소를 적출하여 포란수를 계수한 결과 104~168 (124±18.1)개이고 포란수는 개체의 크기와 상관관계가 없었다 (Fig. 6). 산란관이 길어진 체장 27~38 mm 사이의 암컷 21개체를 대상으로 복부를 압박하여 성숙한 알을 확인한 결과 1~22 (12.8±6.7)개로 조사되었고 성숙한 알

의 크기는 장경 2.8~3.5 (3.2±0.15) mm, 단경 1.4~1.5 (1.4±0.03) mm (n = 30)로 나타났다.

본 종은 산란기가 되면 암컷은 산란관이 길어지는 반면 수컷은 머리 부위에 추성이 밀집하여 출현하고 주둥이 아래, 뒷지느러미 가장자리, 꼬리지느러미 중앙에 황색이 더욱 진해지는 특징이 나타나 암수의 구분이 가능하였다. 조사 기간 중 암컷이 676개체, 수컷이 521개체가 채집되어 성비는 1 : 0.77로서 암컷의 비율이 우세하였고 암수 간의 성비는 유의한 차이를 보였다 (Table 3; $\chi^2 = 20.07, P < 0.05$).

5. 산란숙주 조개 이용

본 연구 장소에서는 조사기간 동안 석패과 중 말조개 *Unio douglasiae* 1종 만이 확인되어 (대칭이 *Anodonta arcaeformis*는 죽은 패각만 2개체 확인) 각시붕어가 다른 석패과 조개에도 산란하는지는 판단할 수 없었다. 채집한 말조개의 각장은 38.8~53.8 (44.8±4.3) mm 범위였다 (n = 10). 말조개 내에서 확인된 각시붕어의 알은 점착성을 띠었고 난괴를 형성하여 새강에서 확인되었으며 부화한 자어는 새강 뿐 아니라 새엽 내에서도 확인되었다. 말조개 내에서 확인된 알 및 자어의 수는 3~18 (10.2±5.0)개로 나타났다.

6. 소화관 내용물

본 종의 식성을 알아보기 위해 7월에 채집한 개체군을 대상으로 당년생 개체군과 만 1년생 이상 성어군으로 구분하여 각각 3개체씩 소화관 내용물을 조사하였다. 당년생과 성어에서

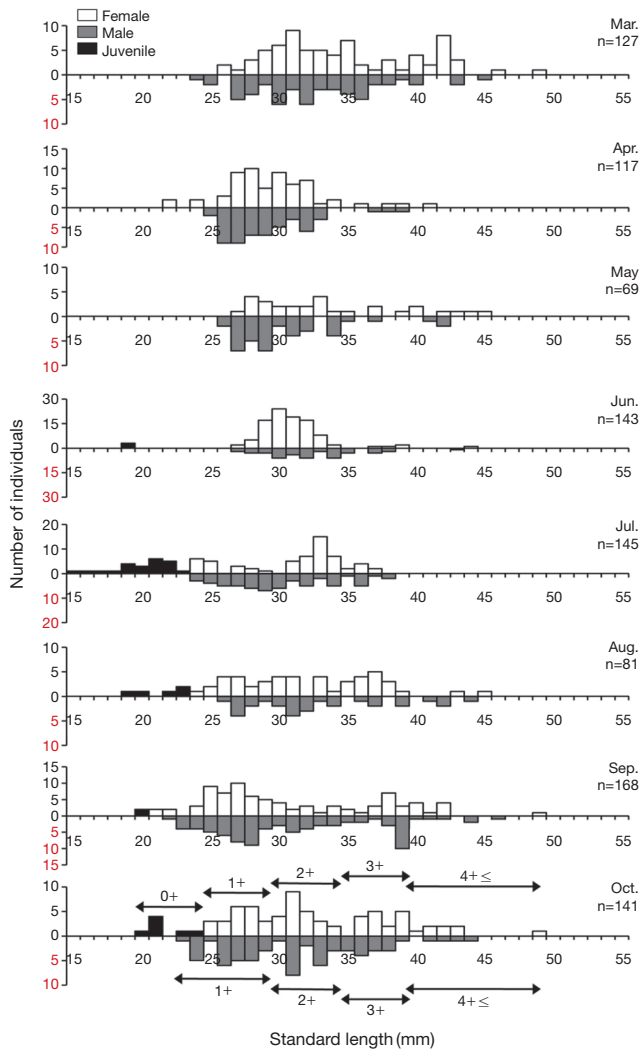


Fig. 3. Standard length frequency distribution of *Rhodeus uyekii* in the Bongseocheon (River) from March to October 2014.

모두 동물성 플랑크톤은 거의 관찰되지 않고 식물성 플랑크톤이 주로 확인되었으며 규조류(Bacillariophyceae)의 비율이 가장 높은 것으로 나타나 식성 차이는 발견되지 않았다. 출현빈도는 규조류 중 *Navicular*, *Cocconeis*, *Cymbella*속이 많았고 남조류(Chlorophyceae)인 *Cloniophora*속도 많이 관찰되었다 (Table 4).

고찰

각시붕어는 물 흐름이 완만하고 하상에는 썩과 수초가 많은 수환경 조건에서 서식하였는데, 납자루아과 어류 중에서는 흰줄납줄개, 떡납줄개, 큰납지리 *A. macropterus*, 가시납지리 *A. chankaensis*의 서식환경과 유사하였다(Uchida, 1939; Kim,

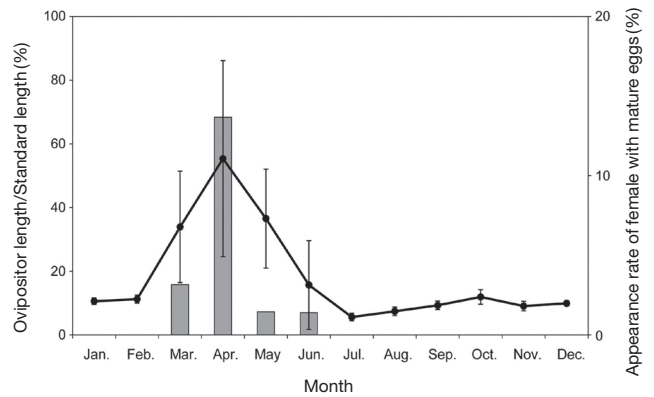


Fig. 4. Monthly change of ovipositor length / standard length of *Rhodeus uyekii* in the Bongseocheon (River) from January to December 2014. Vertical lines show SD and bar graphs indicate the appearance rate of female with mature eggs.

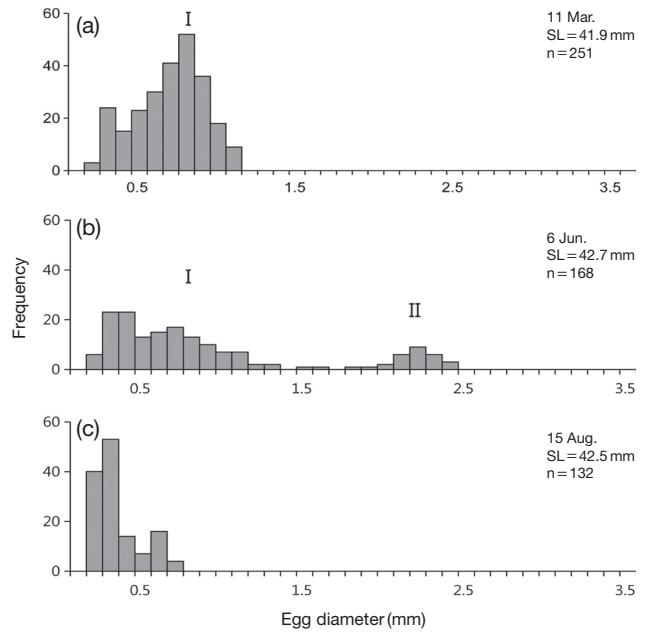


Fig. 5. Egg diameter distributions of *Rhodeus uyekii* in the Bongseocheon (River) on 11 March (a), 6 June (b), and 15 August (c) 2014. We used *Rhodeus uyekii* of similar length to control for size effects.

1997b). 본 조사지점은 만경강으로 유입되는 소하천이지만 출현한 어류는 모두 5목 8과 23종으로 매우 다양하였고 (Fig. 2), 6종의 납자루아과 어류가 서식하고 있어 주목되었다. 최근 4대강 공사와 지류하천 정비사업으로 많은 곳에서 하천생태계가 심각한 영향을 받고 있고 각시붕어의 서식처도 위협받고 있다. 이에 현재까지 훼손되지 않은 서식처를 시급히 파악하고 치어가 성장하거나 은신처로 이용하는 수변부와 산란숙주로 이용하는 조개가 서식하는 하상을 적극 보호하는 노력이 필요하다.

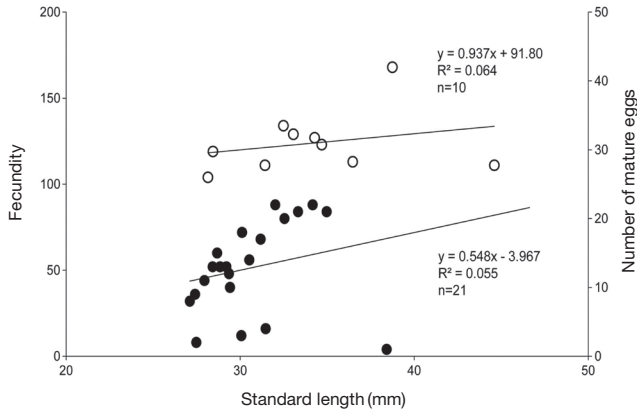


Fig. 6. Fecundity (○) and number of mature eggs (●) of *Rhodeus uyekii* in the Bongseocheon (River) from April to June 2014.

Table 3. The sex ratio of *Rhodeus uyekii* in the Bongseocheon (River), from January to December 2014

Month	Female	Male	Sex ratio (♂/♀)	χ^2 (chi-squared)
Jan.	49	26	0.53	7.05
Feb.	27	23	0.85	0.32
Mar.	73	54	0.74	2.84
Apr.	60	57	0.95	0.08
May	29	40	1.38	1.75
Jun.	99	41	0.41	24.03
Jul.	62	60	0.97	0.03
Aug.	47	29	0.62	4.26
Sep.	83	83	1.00	0.00
Oct.	70	64	0.91	0.27
Nov.	49	22	0.45	10.27
Dec.	28	22	0.79	0.72
Total	676	521	0.77	20.07

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

Uchida (1939)는 각시붕어의 생태에 관한 연구에서 만 1년생 전장은 35~40 mm라고 보고한 바 있는데 체장값으로 추정하면 본 연구 결과와 유사하였다. 납자루아과 어류의 연령에 대한 보고에서 묵납자루 만 1년생은 체장 40 mm 이하, 만 2년생은 45~50 mm, 만 3년생 이상은 55 mm 이상 (Back et al., 2002), 줄납자루 *A. yamatsutae* 만 1년생은 전장 30~50 mm, 만 2년생은 50~70 mm, 만 3년생은 70 mm 이상 (Song, 1994), 큰납지리 만 1년생은 체장 30~48 mm, 만 2년생은 48~58 mm, 만 3년생은 58~64 mm, 만 4년생 이상은 66 mm (Kim and Kim, 2012) 이상으로 추정하여 본 종은 납자루아과 어류 중 소형에 속하는 편이었다. 최근 본 아과 어류 중 특히 소형에 속하는 떡납줄갱이와 각시붕어의 서식밀도가 매우 낮아지

고 있는데 이는 급격한 서식환경 변화, 산란숙주인 조개의 감소와 더불어 정수역을 선호하는 생태계교란어종 배스의 서식 범위 확대 및 포식과 관련이 있을 것으로 판단되며 추후 면밀한 조사가 필요하다 (Kitamura, 2008).

각시붕어 암컷은 산란기간 동안 산란관이 매우 길어지기 때문에 육안으로 쉽게 구별이 가능하고 복부를 압박하여 성숙한 알을 확인할 수 있다 (Fig. 4). 각시붕어의 산란기는 2.0 mm 이상의 성숙한 알이 확인되었던 3월부터 6월까지로 추정되며 산란관 길이가 가장 길고 성숙한 알을 가진 암컷의 비율이 가장 높았던 4~5월이 산란성기로 추정된다 (Fig. 5). 체장 42 mm 내외의 암컷 3개체를 대상으로 기간에 따른 알 수의 변화를 확인한 결과 3월, 6월, 8월로 기간이 지나면서 알 수는 점차 감소하였는데 이는 산란 결과 포란한 알의 수가 감소했기 때문인 것으로 판단된다 (Roberts and Grossman, 2001). An (1995a)은 생식소지수 (GSI), 난경, 산란관 길이 변화를 조사하여 본 종의 산란기를 3월부터 6월까지로 보고하였는데 본 연구 결과와 유사하였다.

각시붕어의 포란수는 104~168 (124 ± 18.1)개로 나타나 줄납자루 289~514 (381)개 (Song, 1994), 묵납자루 141~314 (225)개 (Back et al., 2003), 큰납지리 432~1,058 (680 ± 209)개 (Kim and Kim, 2012)에 비해 적은 수의 알을 가졌다. 산란기 동안 각시붕어 암컷의 복부를 압박하여 확인된 성숙한 알 수는 1~22 (12.8 ± 6.7)개로 조사되어 전체 포란수의 1/10 정도였으며 난소 안에서는 난모세포부터 성숙한 알까지 여러 단계의 난모세포가 존재하고 있어 다회산란 가능성이 높다고 생각된다 (Fig. 5). 이는 생식소 발달과정을 확인하여 생식소 조직상 배란 및 방정이 되풀이되고 활발한 생식세포 형성 및 성숙상태를 유지하여 다회산란종이라고 보고한 An (1995a)의 연구와 유사하였다. 각시붕어는 다회산란종으로 추정되었는데 이는 안전한 조개 안에서 알과 자어 시기를 보내어 포식될 위험성이 낮고 많은 수의 알을 한 개의 조개에 산란하는 것보다 적은 수의 알을 여러 조개에 나누어 산란하는 것이 자손의 생존율을 높일 수 있기 때문으로 판단된다 (Aldridge, 1999).

산란숙주 조개는 본 종의 생식과 생존에 밀접한 관련이 있어서 매우 중요하지만 본 연구에서는 말조개 1종만이 서식하여 종 간 숙주 선택에 대해서는 조사하지 못하였다. 조개의 각장 크기에서는 선택성 차이가 없었는데 이는 묵납자루와는 유사하였으나 개체의 크기가 클수록 산란빈도가 늘어나는 줄납자루와는 차이가 나타났다. 말조개 내에서 확인된 알 및 자어의 수는 3~18 (10.2 ± 5.0)개로 나타나 작은말조개 내 산란한 묵납자루 2.5개, 말조개 내 산란한 줄납자루 3.6개보다는 많았는데 각시붕어의 알은 난괴를 형성하기 때문에 유사한 조개의 각장 크기일지라도 토출될 위험성이 낮아 더 많은 수의 알을 산란할 수 있는 것으로 판단된다 (Song, 1994; Back and Song,

Table 4. Food composition of the gut contents of *Rhodeus uyekii* in the Bongseocheon (River), on July 2014

Gut contents	Standard length (mm)					
	23.21	24.00	25.94	32.65	33.26	43.30
Cyanophyceae*						
<i>Phormidium</i>	+++	+	+	++	+	++
Bacillariophyceae*						
<i>Fragilaria</i>		+	+	++		++++
<i>Synedra</i>	+	+++		+	+	+++
<i>Cocconeis</i>	+++	++++	+++	++++	++++	++
<i>Navicula</i>	++++	++++	++	+++	++	++++
<i>Gomphonema</i>						+
<i>Cymbella</i>	+++	++	++		++	+
<i>Nitzschia</i>						+
Chlorophyceae*						
<i>Cloniophora</i>	++	++++	++++	++++	++++	
<i>Scenedesmus</i>	+	+	+			+
<i>Spirogyra</i>			+	++	+	+
<i>Closterium</i>	+	+	+			
<i>Cosmarium</i>		++				+
Others**						
Plant Leaf		+	+++	++		++
Copepoda	+			+		

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

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

2005b).

납자루아과 어류는 주로 흡입을 통하여 바닥의 유기물질을 먹으며 섭식장소에 따라서 식성이 약간씩 차이를 보인다고 알려져 있다 (Kim, 1997b; Kim and Park, 2002). 본 연구 지점은 뺨의 비율이 매우 높고 수중식물이 많은 수환경을 보였다. 각 시붕어는 주로 수중 식물이나 수변 식물을 은신처로 이용하며 식물이나 하천 바닥 등에 부착하는 조류 (Algae)와 유기물을 주로 섭식하는 초식성이 강한 잡식성으로 나타났으며 묵납자루, 줄납자루, 일본산 흰줄납자루와 유사한 결과를 보였다 (Solomon *et al.*, 1985; Song, 1994; Back and Song, 2005a).

요 약

본 연구는 2014년 1~12월까지 전라북도 완주군 용진면 봉서천 일대에서 각시붕어의 개체군 생태조사를 실시하였다. 각시붕어는 정수역의 하상이 주로 뺨로 이루어진 수역에서 대부분 서식하였다. 만 1년생은 체장 24~29 mm, 만 2년생이 30~35 mm, 만 3년생이 36~39 mm, 만 4년생이 40 mm 이상으로 추정되었다 (10월 기준). 산란기는 3월부터 6월까지로 추정되었고 (수온 11.5~27.0°C) 성비는 1:0.77 (♀:♂)이었다. 포란수는 104~168 (124±18.1)개였고 난경은 장경 2.8~3.5 (3.2±0.15) mm, 단경 1.4~1.5 (1.4±0.03) mm로 나타났다. 각시붕

어는 말조개 *Unio douglasiae*에 난괴를 형성하여 산란하였고 확인된 알 및 자어의 수는 3~18 (10.2±5.0)개로 나타났다. 각시붕어의 주요 먹이생물은 규조류의 *Navicula*, *Cocconeis*, *Cymbella*속과 납조류의 *Cloniophora*속과 같은 식물성 플랑크톤이 주로 관찰되었다.

인 용 문 헌

- Aldridge, D.C. 1999. Development of European bitterling in the gills of freshwater mussels. *J. Fish Biol.*, 54: 138-151.
- An, C.M. 1995a. Reproductive cycle of the spring-spawning bitterling, *Rhodeus uyekii* (Pisces: Cyprinidae). *Korean J. Ichthyol.*, 7: 33-42. (in Korean)
- An, C.M. 1995b. Effects of photoperiod and water temperature on the reproductive cycle of the spring-spawning bitterling, *Rhodeus uyekii* (Pisces: Cyprinidae). *Korean J. Ichthyol.*, 7: 43-55. (in Korean)
- Back, H.M. and H.B. Song. 2005a. Digestive apparatus and food of the Korean bitterling, *Acheilognathus signifer* (Cyprinidae). *Korean J. Ichthyol.*, 17: 57-63. (in Korean)
- Back, H.M. and H.B. Song. 2005b. Spawning in mussel and adaptation strategy of *Acheilognathus signifer* (Cyprinidae: Acheilognathinae). *Korean J. Ichthyol.*, 17: 105-111. (in Korean)
- 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)
- 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)
- Campbell, N.J., J.B. Reece, M.R. Taylor and E.J. Simon. 2006. Biology-concepts and connections (5th edition). Benjamin Cummings, 781pp.
- Chae, B.S. 2001. Elongation of the ovipositor in Korean rose bitterling, *Rhodeus uyekii* (Pisces: Cyprinidae). Korean J. Ichthyol., 13: 111-116. (in Korean)
- 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 evaluation of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special on lotic waters. Amer. Midl. Nat., 67: 477-504.
- Damme, V.D., N. Bogutskaya, R.C. Hoffmann and C. Smith. 2007. The introduction of the European bitterling (*Rhodeus amarus*) to west and central Europe. Fish Fish., 8: 79-106.
- Jeon, H.B. and H.Y. Suk. 2012. Male colors and female mate preference in Korean rosy bitterling, *Rhodeus uyekii* (Cyprinidae: Acheilognathinae). Korean J. Ichthyol., 24: 263-271. (in Korean)
- Kani, T. 1944. Ecology of torrent-inhabiting insects, pp. 171-317. In: Insect I (Furukawa, J., ed.), Kenkyu-sha, Tokyo. (in Japanese)
- Kim, C.H., W.O. Lee, Y.J. Kang and J.M. Back. 2010. Occurrence of a natural intergeneric hybrid, *Rhodeus uyekii* x *Acheilognathus signifer* (Pisces; Cyprinidae) from Jojongcheon, Bukhan River, Korea. Korean J. Ichthyol., 22: 225-229. (in Korean)
- Kim, D.M., H.B. Jeon and H.Y. Suk. 2014. *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 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 bitterling, *Acheilognathus macropterus* (Pisces: Cyprinidae) in the Bulgapcheon stream, Korea. Korean J. Ichthyol., 24: 27-34. (in Korean)
- Kim, I.J. 1997a. An osteological study of *Rhodeus uyekii*. Korean J. Ichthyol., 9: 130-140. (in Korean)
- Kim, I.S. 1997b. Illustrated encyclopedia of fauna and flora of Korea. Vol. 37. Freshwater Fishes. Ministry of Education, 629pp. (in Korean)
- Kim, I.S. and J.Y. Park. 2002. Freshwater fishes of Korea. Kyohak Publishing, Seoul, 465pp. (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, 613pp. (in Korean)
- Kim, Y.U. and K.H. Han. 1990. Early life history of the Korean bitterling, *Rhodeus uyekii* (Cyprinidae) reared in the laboratory. Korean J. Ichthyol., 2: 159-168. (in Korean)
- Kitamura, J. 2008. Bitterling fishes (Cyprinidae: Acheilognathinae): current threats and conservation. Japan J. Ichthyol., 55: 139-144. (in Japanese)
- Kwon, O.K., G.M. Park and J.S. Lee. 1993. Coloured shells of Korea. Academy Publishing Company, Seoul, 446pp. (in Korean)
- Mayr, E.W. and P.D. Ashlock. 1991. Principles of systematic zoology. Mcgraw-Hill Book Comp., 475pp.
- Mori, T. 1935. Descriptions of three new cyprinoids (Rhodeina) from Chosen, Japan Zool., 47: 559-574. (in Japanese)
- Ricker, W.E. 1971. Methods for assessment of fish production in freshwater. IBP hand book, 3: 112-113.
- Roberts, J.H. and G.D. Grossman. 2001. Reproductive characteristics of female longnose dace in the Coweeta Creek drainage, North Carolina, USA. Ecol. Freshw. Fish, 10: 184-190.
- Sahotra, S. and A. Plutynski. 2010. A companion to the philosophy of biology. Wiley-blackwell, pp. 302-320.
- 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.
- Smith, D.G. and K.E. Hartel. 1999. Margaritiferidae Mollusca: Unionoida: possible hosts for *Rhodeus* (Pisces: Cyprinidae). Pol. Arch. Hydrobiol., 46: 277-281.
- Solomon, G., M. Shimizu and Y. Nose. 1985. The feeding habits of rose bitterling in the Shin tone River. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., 51: 711-716.
- Song, H.B. 1994. Ecological studies on the bitterling, *Acheilognathus yamatsutae* Mori (Cyprinidae) in Korea. Doctoral dissertation, Kangwon National University, 181pp. (in Korean)
- Song, H.B. and H.M. Baek. 2005. Population ecology of the common freshwater goby *Rhinogobius brunneus* (Pices: Gobiidae) in Korea. Korean J. Ichthyol., 17: 195-204. (in Korean)
- Suzuki, N., N. Akiyama and T. Hibiya. 1985. Development of the bitterling *Rhodeus uyekii* (Cyprinidae), with a note on minute tubercles on the skin surface. Japan. J. Ichthyol., 32: 28-34.
- Uchida, K. 1939. The fishes of Tyōsen (Korea). Part 1. Nematognathi and Eventognathi. Bull. Fish. Exp. Sta. Gov. Gener. Tyōsen. 6., 458pp. (in Japanese)