

북천에 서식하는 종개 *Barbatula toni* (Pisces: Namacheilidae)의 서식지 특징 및 섭식생태

전용락 · 고명훈^{1,*}

국립생태원, ¹고수생태연구소

Habitat Characteristics and Feeding Ecology of the Siberian Stone Loach *Barbatula toni* (Pisces: Namacheilidae) in the Bukcheon (Stream) by Yonglak Jeon and Myeong-Hun Ko^{1,*} (National Institute of Ecology, Seocheon-gun 33657, Republic of Korea; ¹Kosoo Ecology Institute, Seoul 07952, Republic of Korea)

ABSTRACT The habitat characteristics and feeding ecology of the Siberian stone loach *Barbatula toni* were investigated in Bukcheon (Stream), Eocheonri, Ganseong-eup, Goseong-gun, and Gangwon-do, Korea from January to December 2013. *B. toni* lived in rapids or slow rapids from the upper stream to downstream, with the largest number of inhabitants in the middle-downstream regions. As a result of analyzing habitat preferences by age, 0+ and 1+ to $\geq 3+$ showed differences. Ages of 0+ (juveniles) lived mainly in rapidly flowing water (37.6 ± 26.79 cm/sec) and low water depths (13.3 ± 9.47 cm) in the pebble bottoms (substratum particle size 9.5 ± 6.66 cm), but ages 1+ to $\geq 3+$ lived mainly in relatively slowly flowing water (13.3 ± 17.33 cm/sec) and relatively deep depths (25.9 ± 10.31 cm) in stone and large stone bottoms (substratum particle size 18.0 ± 7.63 cm). *B. toni* was mainly eaten from March to December when the temperature was above 5°C, and the amount of food eaten peaked in June and October. Their main food sources analyzed by the index of relative importance (IRI) included Diptera (57.0%), Ephemeroptera (29.3%), and Trichoptera (13.5%). The juveniles (age 0+) fed on small-sized prey such as Diptera and Trichoptera whales, but as they grew, they mainly ate large-sized Ephemeroptera. These feeding habits and changes in food according to the growth of *B. toni* were very similar to those of sibling species, *B. nuda*.

Key words: *Barbatula toni*, stone loach, habitat characteristics, feeding ecology

서 론

종개과(Namacheilidae) 어류는 잉어목(Cypriniformes), 미꾸리상과(Cobitoidea)에 속하는 분류군으로 유라시아와 에티오피아에 다양하게 분화하여 42속 618종이 서식하는 것으로 보고되었고(Kottelat, 2012; Nelson *et al.*, 2016), 우리나라에는 2속 3종인 종개 *Barbatula toni*, 대륙종개 *B. nuda*, 쌀미꾸리 *Lefua costata*가 서식하고 있다(Chae *et al.*, 2019). 우리나라 종개속 어류는 반문과 외부형태, 염색체 등의 연구로 지리적 변이가 있지

만 단일종으로 간주되어 왔으나(Kim *et al.*, 1988; Yang *et al.*, 1991), Kim and Park (2002)은 반문 및 추성의 배열 등의 차이를 들어 종개와 대륙종개로 구별하였다. 하지만 종개와 대륙종개는 형태적으로 유사하여 분류학적으로 논란이 되어 왔는데, 최근 비공의 형태적 특징으로 쉽게 구별되는 것이 보고되었다(Cao *et al.*, 2012). 종개의 분포는 과거 태백산맥을 기준으로 동해의 강릉남대천 이북에 서식하는 것으로 알려졌으나(Kim and Park, 2002), 최근 비공의 형태적 특징으로 동해안의 강원도 고성군 천진천 이북의 하천에 서식하고 일부 연곡천과 서해로 흐르는 안성천, 어곡천에 분포하는 것으로 보고되었고(An *et al.*, 2021a), 국외에는 일본의 북해도, 러시아의 사할린 및 시베리아 동부 등에 서식하는 것으로 알려져 있다(Kim and Park, 2002).

저자 직위: 전용락(연구원), 고명훈(소장)

*Corresponding author: Myeong-Hun Ko Tel: 82-70-7370-6612,
E-mail: hun7146@gmail.com

우리나라 종개속 어류는 하천 중·상류의 큰돌과 돌, 자갈 바닥에 넓게 서식하는 대표적 저서성 자생종으로 주로 수서곤충을 섭식하는 어류로 보고되어(Kim, 1997; Kim and Park, 2002; Byeon, 2010) 수생태계 먹이사슬에서 중요한 2차 소비자 역할을 하고 있다. 종개에 관한 연구는 대부분 분류학적 연구로 형태와 핵형분석, DNA 염기서열 분석(Kim *et al.*, 1988; Lee *et al.*, 1990; Park and Lee, 1991; Yang *et al.*, 1991; An *et al.*, 2021a, 2021b) 등이 있지만 생태학적 연구는 생활사(Ko, 2017)에 대한 연구만이 있다. 종개과에서도 대륙종개의 피부구조(Park and Kim, 2003)와 생태(Byeon, 2010), 쌀미꾸리의 초기생활사 및 산란상태(Park *et al.*, 2020; Kim *et al.*, 2021) 등이 있고, 국외에도 *B. barbatula*, *Metaschistura cristata*, *L. echigonia* 등 일부 종들에 대해서만 생활사와 연령, 산란 및 섭식생태 등의 연구가 진행되었을 뿐이다(Symyly, 1955; Sauvonsaari, 1971; Mills *et al.*, 1983; Eros, 2001; Hofmann and Fischer, 2001; Saat *et al.*, 2003; Vinyoles *et al.*, 2010; Aoyama and Doi, 2011; Patimar *et al.*, 2011).

따라서 본 연구에서는 한국자생종 종개의 서식지 특징과 연령별 서식지 선호도, 섭식생태 등을 조사하여 생물학적 특징을 밝히고 근연종들과 비교·논의하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 조사 지점 및 기간

조사는 종개 *B. toni*가 집단으로 서식하는 것으로 보고된(Lee *et al.*, 2010) 강원도 고성군 간성읍의 북천에서 2013년 1월부터 12월까지 실시하였다. 종개의 하천내 분포적 특징을 밝히기 위하여 북천의 최상류부터 최하류까지 3~5 km 간격으로 9개 지점을 선정하여 봄(5월)과 가을(9월)에 각각 1시간씩 조사하였다(Fig. 1). 종개의 서식지 선호도와 섭식생태 등은 종개의 집단서식지인 강원도 고성군 간성읍 간천리(St. 7)에서 실시하였다.

2. 조사 방법

1) 채집 방법

채집은 족대(망목 1×1, 4×4 mm)를 사용하였으며, 채집된 개체는 마취제 MS-222 (Sindal, Canada)로 마취하여 전장과 체중 등을 조사한 후 서식 및 섭식량 분석이 필요한 개체는 10% 포르말린에 고정하였고 그 외 개체는 바로 방류하였다.

2) 서식환경

지점별 종개의 서식지 특징을 밝히기 위해 수문학적 환경과 수질을 조사하였다. 수문학적 환경은 하폭과 유폭, 수심, 고도, 하천형, 하상구조 등을 측정하였는데, 하천형은 Kani (1944),

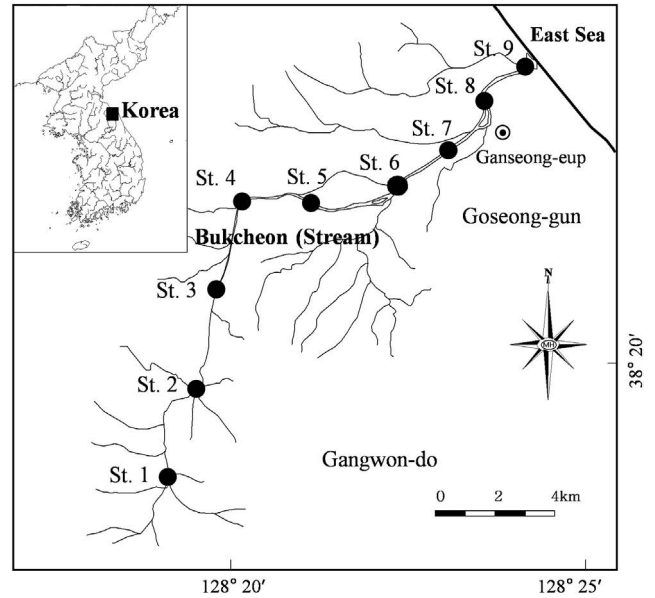


Fig. 1. Map showing the study stations of *Barbatula toni* in the Bukcheon (Stream), Ganseong-eup, Ganseong-gun, Gangwon-do, Korea, 2013. St. 1: Jinburi, St. 2, 3: Jangsinri, St. 4, 5: Gwangsinri, St. 6: Eocheonri, St. 7: Ganchonri, St. 8: Daedaeri, St. 9: Bonghori.

하상구조는 Cummins (1962)의 방법에 따라 현장에서 육안으로 구분하였다. 지점별 수질은 가을에 수온과 전기전도도(Conductivity), 용존산소량(DO), pH, 염도 등을 수질측정기(HI-9828, Romania)를 사용하여 측정하였다. 또한 집단서식지(St. 7)의 월별 수질 변화를 확인하기 위하여 매달 12시에 동일한 항목을 측정하였다. 기온변화는 2013년 1월부터 12월까지 국가수자원관리종합시스템(WAMIS)의 기상 자료(속초관측소)를 이용하였다(WAMIS, 2013).

3) 연령별 서식지 선호도

종개의 연령별 서식지 선호도를 파악하기 위해 9월부터 10월까지 채집을 통해 개체별로 수심과 유속, 하상입자 크기를 조사한 후 9월의 전장빈도분포도(Ko, 2017)를 근거로 당년생(0+)과 1년생(1+), 2년생(2+), 3년생 이상($\geq 3+$)으로 구분하여 비교하였으며, 통계적 유의성은 SPSS 21.0을 사용하여 일원배치분산분석(One-way-ANOVA, $\alpha = 0.05$)을 실시한 후 사후분석 LSD test를 수행하였다.

4) 섭식생태

월별 섭식률 변화를 알아보기 위하여 2013년 매달 전장 100 mm 이상의 개체를 10~15개체를 채집하여 섭식개체율(섭식개체/전체개체×100)과 평균섭식량 변화를 계산하였다. 소화관내용물 분석은 계절별인 4월과 7월, 9월에 채집된 개체로 조사하였는데, 채집 즉시 10% 포르말린 수용액에 바로 고정하였다. 고

정된 개체는 실험실로 옮겨 Ko (2017)에 따라 연령별로 구분하고 연령별로 5개체를 선정한 후 복부를 절개하여 소화관내용물을 해부현미경(Olympus SZX9, Japan)과 광학현미경(Olympus BX50, Japan) 상에서 Yoon (1995)과 Won *et al.* (2005) 등에 따라 수서곤충을 분류·동정하여 계수하고 습중량을 측정하였다. 먹이생물은 Pinkas *et al.* (1971)의 방법에 따라 개체수(%N)와 부피(%W), 출현빈도(%F)를 이용한 상대중요성지수(index of relative importance, IRI)로 계산($IRI = (\%N + \%W) \times \%F$)한 후 백분율로 환산하여(%IRI) 비교하였다. 또한 성장에 따른 먹이변화는 먹이 습중량을 근거로 연령별 비율을 계산하여 추정하였다.

결 과

1. 서식분포 및 환경

북천에서 종개 *B. toni*는 최상류(St. 1)부터 최하류(St. 9)까지 여울(riffle) 또는 느린 여울(run)이 형성된 곳에 모두 서식하고 있어 서식범위가 매우 넓었다. 특히 고도가 낮아지면서 작은돌(cobble)과 자갈(pebble), 큰돌(boulder)이 많이 쌓여있고 여울이 잘 형성된 중·하류부(St. 5~8)에 많은 개체들이 서식하고 있었다. 서식지의 수질을 측정된 결과, 용존산소량(DO)은 8.0~10.3 mg/L로 높았으나, 전기전도도(conductivity)는 대부분 70 μ s/cm 이하로 낮았고, pH는 7.1~7.8로 비교적 중성에 가까웠으며, 염도는 St. 9(0.2‰)를 제외하고 모두 0.1‰ 이하로 나타났다(Table 1).

2. 연령별 서식지 선호도

종개의 연령별 서식지 특성을 9~10월에 분석한 결과, 종개는 유속 20.3±23.22 cm/sec, 수심 22.3±11.57 cm, 하상입자

15.5±8.30 cm인 여울에 주로 서식하고 있었다. 연령별에서는 당년생 치어(0+)가 유속 37.6±26.79 cm/sec, 수심 13.3±9.47 cm, 하상 입자크기 9.5±6.66 cm로 수심이 얕으나 유속은 빠른 자갈여울에 주로 서식한 반면, 1년생(1+)부터 3년생 이상($\geq 3+$)은 유속 13.3±17.33 cm/sec, 수심 25.9±10.31 cm, 하상입자 크기 18.0±7.63 cm로 작은돌과 큰돌이 쌓인 느린 여울에 서식하여 당년생 치어보다 수심은 더 깊고 돌 크기는 더 커졌으나 유속은 느려져 유의한 차이를 보였다(One-way-ANOVA, $P < 0.001$). 1년생부터 3년생 이상의 연령군 간의 서식지 선호도에서 수심과 유속은 유의한 차이가 없었으나(One-way-ANOVA, $P > 0.05$), 하상입자 크기는 1년생(16.3±7.72 cm)이 2년생(20.6±6.34 cm)과 3년생(23.7±5.52 cm)보다 약간 작았으며(One-way-ANOVA, $P < 0.01$) 2년생과 3년생 간에는 유의한 차이를 보이지 않았다(One-way-ANOVA, $P > 0.05$) (Fig. 2).

종개는 저서성 어류로 바닥 기질 아래에 서식하고 있었다. 자갈 바닥에서는 대부분 당년생 치어였으며 일부 1년생이 포함되었다. 1년생 이상의 개체들은 대부분 작은돌이나 큰돌 아래에서 채집되었는데, 돌 크기가 증가하면서 서식하는 개체수도 증가하는 경향을 보였다. 돌 크기 8~20 cm (n=19)는 1.2±0.42개체, 21~30 cm (n=26)는 3.5±2.32개체, 31~40 cm (n=9)는 5.6±3.36개체, 40 cm 이상(n=3)은 9.7±9.68개체가 채집되어 돌 크기가 증가하면서 서식개체수도 급격히 증가하는 경향을 보였다(Fig. 3). 가장 많은 개체수는 45 cm 큰돌 아래에서 16개체가 채집된 것이었다. 또한 종개는 단독으로 있는 돌에도 많이 서식하고 있었지만 돌 층으로 쌓여있는 곳에서 더 많이 서식하고 있었다.

3. 섭식생태

1) 섭식개체를 및 평균섭식량 변화

월 활동주기를 알아보기 위하여 1년간 월별 온도와 섭식개체

Table 1. The environmental conditions and collected number of *Barbatula toni* in the Bukcheon (Stream), Ganseong-gun, Gangwon-do, Korea, September, 2013

St.	River width (m)	Water width (m)	Water depth (cm)	River type*	Altitude (m)	Bottom structure (%)**						Water temperature (°C)	DO (mg/L)	Conductivity (μ s/cm)	pH	No. of <i>O. toni</i>
						M	S	G	P	C	B					
1	30~50	5~30	30~100	Aa	256	-	5	20	10	25	40	12.2	10.1	58	7.8	10
2	70~100	10~30	30~200	Aa	92	-	10	10	20	40	20	14.0	9.7	58	7.8	5
3	60~80	10~20	40~100	Aa-Bb	68	-	5	15	20	30	30	14.6	10.3	58	7.5	7
4	80~100	10~50	10~150	Aa-Bb	46	-	20	20	30	20	10	17.4	10.0	59	7.6	12
5	100~120	10~30	20~120	Bb	28	-	10	10	20	40	20	17.1	9.5	66	7.5	25
6	100~150	20~60	30~150	Bb	16	-	30	10	20	25	15	16.7	9.4	57	7.5	108
7	150~170	40~60	30~120	Bb	13	5	30	20	15	20	10	16.8	8.9	59	7.4	181
8	200~250	20~50	30~150	Bb-Bc	2	10	40	40	5	5	-	17.4	8.1	66	7.1	44
9	300~400	200~300	50~200	Bc	1	30	50	10	5	5	-	17.9	8.0	250	7.3	3

*River type: by Kani (1944), **M: Mud (~0.1 mm); S: Sand (0.1~2 mm); G: Gravel (2~16 mm); P: Pebble (16~64 mm); C: Cobble (64~256 mm); B: Boulder (>256 mm) - by Cummins (1962).

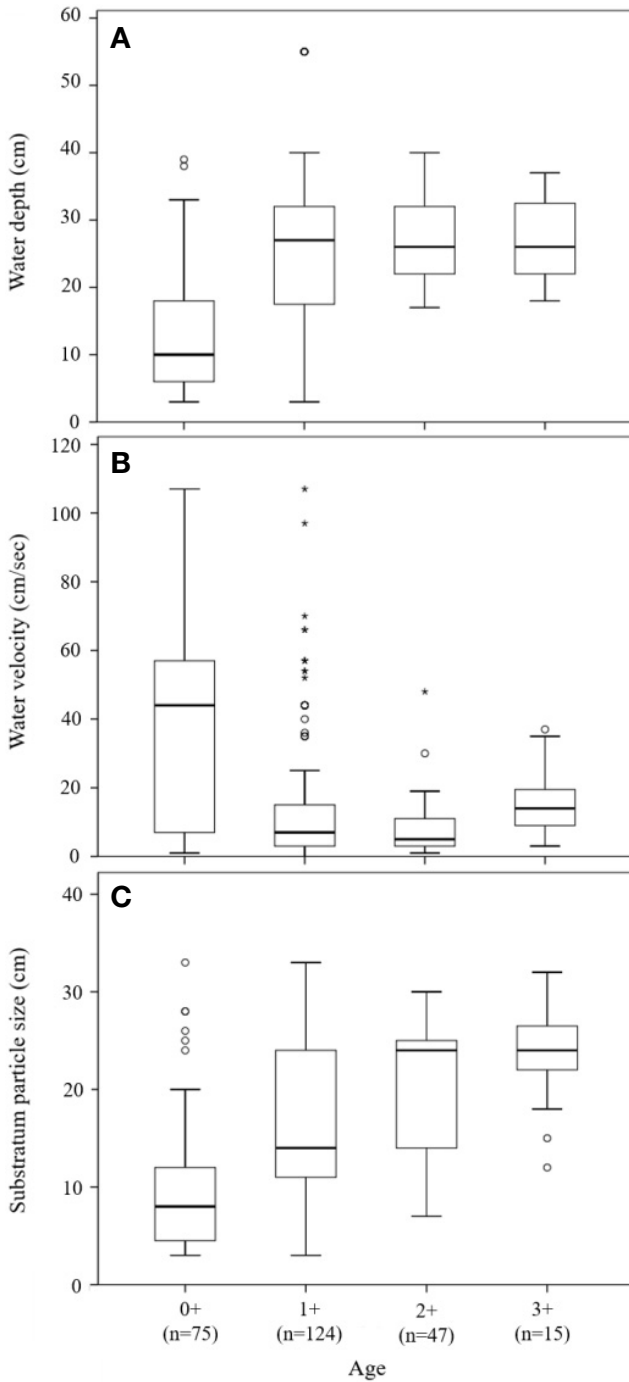


Fig. 2. Comparison of water depth, velocity and substratum particle size by age of *Barbatula toni* in the Bukcheon (Stream), Ganseong-gun, Gangwon-do, Korea from September to October, 2013. The diagrams indicate the median (horizontal line) and 50% range (rectangle). Open circle indicate potential outlier and black star indicate extreme value.

을, 평균섭식량을 조사하였다(Fig. 4). 1월의 기온은 대부분 영하로 낮았고 수온도 1.5°C로 매우 낮았으며 먹이섭식을 하지 않았다. 2월(수온 3.6°C) 이후 기온과 수온은 6월(수온 19.9°C)까지

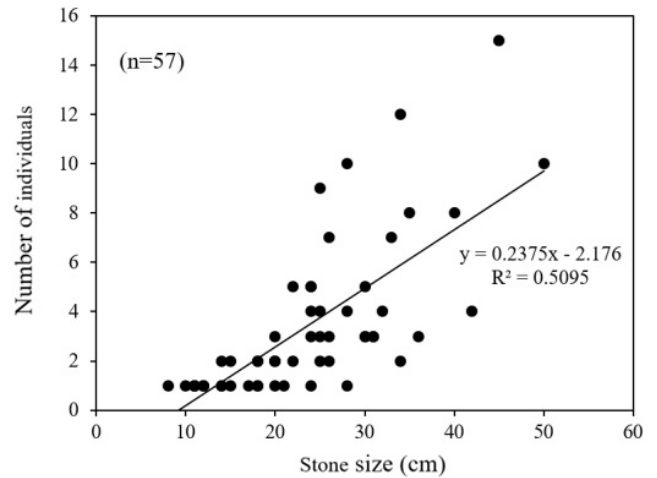


Fig. 3. Number of individuals living *Barbatula toni* by stone size of in the Bukcheon (Stream), Ganseong-gun, Gangwon-do, Korea, from September to October, 2013.

급격히 상승하였는데, 종개는 2월에 1개체가 섭식을 하여 섭식개체율 8.3%, 평균섭식량은 0.02 g이었고, 이후 4월 섭식개체율 72.0%, 평균섭식량은 0.16±0.08 g으로 급격히 상승하였으며, 6월 섭식개체율 87.5%, 평균섭식량은 0.20±0.11 g으로 정점을 보였다. 7월은 섭식개체율과 평균섭식량이 60.0%, 0.10±0.05 g으로 감소하였으나, 8월에는 섭식개체율 87.5%, 평균섭식량은 0.20±0.11 g으로 회복하였다. 9월(수온 16.7°C) 이후부터는 기온과 수온이 지속적으로 하강하여 12월(수온 5.1°C)까지 낮아졌다. 하지만 섭식개체율과 평균섭식량은 8월 이후 상승하여 10월에 섭식개체율 100.0%, 평균섭식량은 0.18±0.12 g으로 두 번째 정점을 보였고, 이후 12월 섭식개체율 41.7%, 평균섭식량은 0.09±0.02 g으로 급격히 감소하였다. 따라서 종개의 섭식개체율과 평균섭식량으로 볼 때 주 먹이활동 시기는 수온 5°C 이상 되는 3월부터 12월까지로 추정되었다.

2) 소화관 내용물

종개의 식성을 알아보기 위하여 계절별로 소화관 내용물을 조사한 결과 Table 2와 같았다. 조사 결과 가장 개체수가 많은 분류군은 절지동물문(Arthropoda), 곤충강(Insecta)의 파리목(Diptera, 44.2%), 하루살이목(Ephemeroptera, 26.9%), 날도래목(Trichoptera, 24.0%) 등의 순이었다. 파리목은 깔다구과(Chironomidae) 33.7%, 먹파리과(Simuliidae) 9.6%, 각다귀과(Tipulidae)가 1.0% 순으로 나타나 깔다구과가 전체에서 가장 높았다. 하루살이목(26.9%)은 꼬마하루살이과(Baetidae, 9.6%), 알락하루살이과(Ephemerellidae, 5.8%), 납작하루살이과(Heptageniidae, 5.8%), 하루살이과(Ephemeridae, 3.8%), 등딱지하루살이과(Caenidae, 2.5%), 갈래하루살이과(Leptophlebiidae, 2.5%) 순으로 꼬마하루살이과가 가장 높았다. 날도래목은 줄날

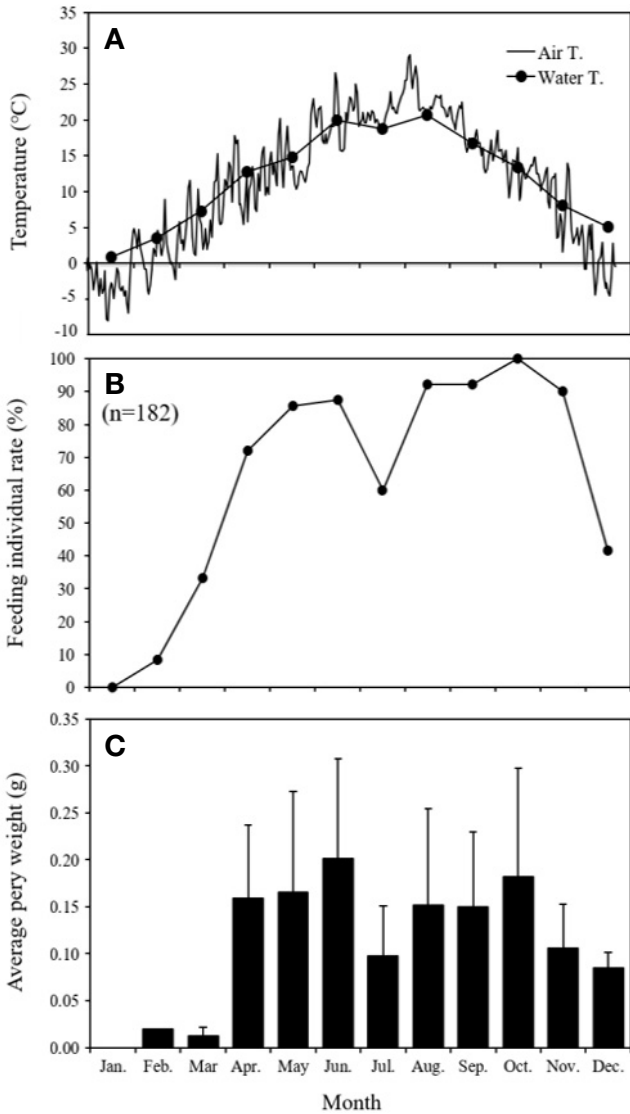


Fig. 4. Monthly change in the temperature (A), feeding individual rate (B) and average prey weight (C) of *Barbatula toni* in the Bukcheon (Stream), Ganseong-gun, Gangwon-do, Korea, 2013.

도래과 (Hydropsychidae, 11.5%), 광택날도래과 (Glossosomatidae, 5.8%), 물날도래과 (Rhyacophila, 5.8%), 가시날도래과 (Goeridae, 1.9%) 순으로 줄날도래과가 가장 높았다. 그 외에 곤충강 노린재목 (Hemiptera)의 꼬마물벌레 *Micronecta (Basileonecta) sahlbergii* (1.0%), 벌목 (Hymenoptera)의 맵시벌과 (Ichneumonidae, 1.0%), 환형동물문 (Annelida) 환대강 (Clitellata) 실지렁이목 (Tubificida)의 실지렁이과 (Tubificidae, 1.9%), 편형동물문 (Platyhelminthes), 와충강 (Turbellaria), 삼기장목 (Tricladida)의 플라나리아과 (Planariidae, 1.0%)가 관찰되었다.

습중량에서는 곤충강의 하루살이목이 41.7%, 파리목 36.5%, 날도래목 18.7%, 벌목 1.1%, 편형동물문의 삼기장목 1.5% 등의 순으로 하루살이목이 가장 높았고, 출현빈도는 곤충강의 파리목

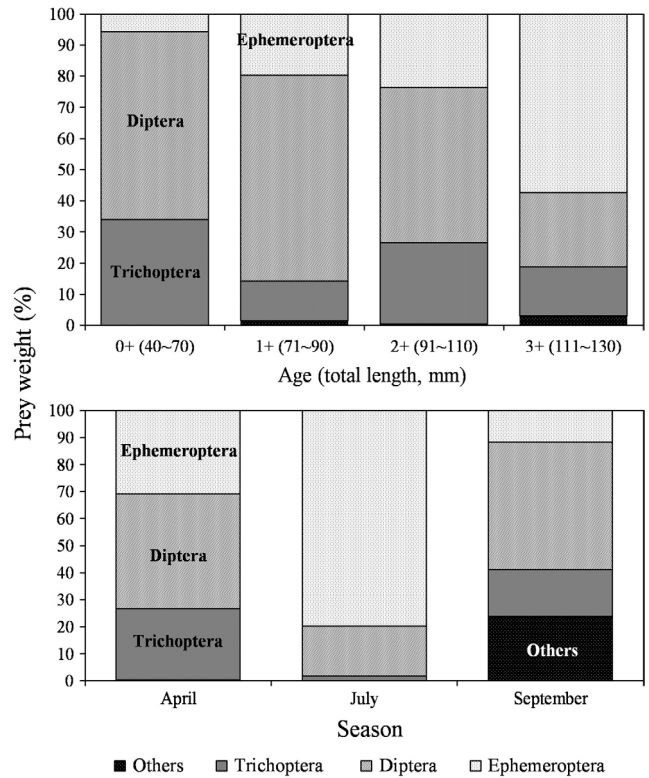


Fig. 5. Ontogenetic (age) and seasonal changes in composition of stomach contents by weight of *Barbatula toni* (n=50) in the Bukcheon (Stream), Ganseong-gun, Gangwon-do, Korea, 2013.

95.0%, 하루살이목 57.5%, 날도래목 42.5%, 환형동물문의 실지렁이목 5.0% 등의 순으로 파리목이 가장 높았다. 개체수비와 습중량비, 출현빈도를 모두 포함한 상대중요성지수 (%IRI)로 계산한 결과, 파리목 57.0%, 하루살이목 29.3%, 날도래목 13.5%이고 그 외 분류군은 0.1% 미만으로 나타나 파리목이 가장 중요한 먹이생물이었다.

3) 성장 및 계절에 따른 먹이 조성 변화

성장(연령) 및 계절에 따른 먹이 조성(습중량)은 Fig. 5와 같았다. 성장에 따른 먹이 조성 결과, 당년생(전장 40~70 mm)은 파리목 60.2%, 날도래목 34.0%, 하루살이목 5.8% 등으로 비교적 크기가 작은 파리목(깎다구류)을 많이 섭식하고 비교적 크기가 큰 하루살이목을 적게 섭식하였다. 하지만 연령이 높아지면서 크기가 큰 하루살이목은 급격히 증가하여 3년생 이상에서는 57.4%로 증가한 반면 파리목은 23.8%, 날도래목은 15.9%로 감소하였다. 계절에 따른 먹이 조성 결과, 봄은 파리목 42.5%, 하루살이목 30.8%, 날도래목 26.3% 등의 순으로, 여름은 하루살이목 79.8%, 파리목 18.5%, 날도래목 1.8% 등의 순으로, 가을은 파리목 47.0%, 날도래목 17.3%, 하루살이목 11.7%, 기타(플라나리아과, 맵시벌과, 실지렁이과) 23.9% 순으로 나타나 봄과 가을은 파리목이 가장 높았으나 여름은 하루살이목이 가장 높았다.

Table 2. Composition of the stomach contents *Barbatula toni* (n = 50) by frequency of number, volume, occurrence and index of relative importance (IRI) in the Bukcheon (Stream), Ganseong-gun, Gangwon-do, Korea, 2013

Prey organism	Season (n = 50)			Total	Total (%)	Weight (%)	Occurrence (%)	IRI	IRI (%)
	Apr.	Jul.	Sep.						
Arthropoda 절지동물문									
Insecta 곤충강									
Ephemeroptera 하루살이목	13	9	6	28	26.9	41.7	57.5	3944.7	29.31
Ephemeridae 하루살이과									
<i>Ephemera orientalis</i> 동양하루살이		4		4	3.8	19.2	10.0		
Baetidae 꼬마하루살이과									
<i>Acentrella sibirica</i> 콩알하루살이	1			1	1.0	1.1	2.5		
<i>Baetiella tuberculata</i> 애호랑하루살이	2			2	1.9	2.3	5.0		
<i>Baetis fuscatus</i> 개똥하루살이	2	1	1	4	3.8	3.6	10.0		
<i>Acentrella gnom</i> 깨알하루살이			2	2	1.9	0.3	5.0		
<i>Baetis ursinus</i> 방울하루살이			1	1	1.0	0.2	2.5		
Ephemerellidae 알락하루살이과									
<i>Cincticostella levanidovae</i> 민하루살이	3			3	2.9	5.0	7.5		
<i>Serratella setigera</i> 범꼬리하루살이		1		1	1.0	0.1	2.5		
<i>Drunella aculea</i> 뿔하루살이		1	1	2	1.9	1.1	5.0		
Heptageniidae 납작하루살이과									
<i>Ecdyonurus levis</i> 네점하루살이	2			2	1.9	3.1	5.0		
<i>Epeorus pellucidus</i> 부채하루살이	3			3	2.9	4.3	7.5		
<i>Ecdyonurus kibunensis</i> 두점하루살이		1		1	1.0	0.3	2.5		
Caenidae 등딱지하루살이과									
<i>Caenis</i> KUa 등딱지하루살이 KUa		1		1	1.0	0.2	2.5		
Leptophlebiidae 갈래하루살이과									
<i>Paraleptophlebia japonica</i> 두갈래하루살이			1	1	1.0	1.0	2.5		
Diptera 파리목	23	14	9	46	44.2	36.5	95.0	7672.6	57.00
Chironomidae 깔다구과	14	14	7	35	33.7	22.5	80.0		
Simuliidae 맥파리과	9		1	10	9.6	13.9	25.0		
Tipulidae 각다귀과									
KUa 명주각다귀 KUa			1	1	1.0	0.1	2.5		
Trichoptera 날도래목	19	2	4	25	24.0	18.7	42.5	1817.0	13.50
Hydropsychidae 줄날도래과									
<i>Cheumatopsyche brevilineata</i> 꼬마줄날도래	6		2	8	7.7	5.9	20.0		
<i>Hydropsyche kozhantschikovi</i> 줄날도래	2		2	4	3.8	4.7	10.0		
Glossosomatidae 광택날도래과									
<i>Glossosoma</i> KUa 광택날도래 KUa	4	2		6	5.8	1.4	15.0		
Goeridae 가시날도래과									
<i>Goera japonica</i> 일본가시날도래	2			2	1.9	2.5	5.0		
Rhyacophila 물날도래과									
<i>Rhyacophila</i> KUa 물날도래 KUa	1			1	1.0	2.0	2.5		
<i>Rhyacophila nigrocephala</i> 검은머리물날도래	4			4	3.8	2.2	10.0		
Hemiptera 노린재목	1			1	1.0	0.2	2.5	3.0	0.02
Corixidae 물벌레과									
<i>Micronecta (Basileonecta) sahlbergii</i> 꼬마물벌레	1			1	1.0	0.2	2.5		
Hymenoptera 벌목			1	1	1.0	1.1	2.5	5.1	0.04
Ichneumonidae 맷시벌과			1	1	1.0	1.1	2.5		
Platyhelminthes 편형동물문									
Turbellaria 와충강									
Tricladida 삼기장목			1	1	1.0	1.5	2.5	6.1	0.05
Planariidae 플라나리아과			1	1	1.0	1.5	2.5		
Annelida 환형동물문									
Clitellata 환대강									
Tubificida 실지렁이목			2	2	1.9	0.3	5.0	11.2	0.08
Tubificidae 실지렁이과			2	2	1.9	0.3	5.0		
Total	56	25	23	104				13459.6	

고 찰

종개과 어류에서 서식지 특징 및 섭식생태는 아직까지 많이 연구되지 않아 근연관계에 있는 미꾸리상과에 속하는 미꾸리과 (Cobitidae) 어류를 포함하여 비교·논의하였다. 우리나라 종개과 어류는 종개속과 쌀미꾸리속으로 나누어지는데, 종개속은 주로 하천 상류의 돌과 자갈이 많은 여울에, 쌀미꾸리속은 유속이 느리고 수초가 많은 호수나 늪, 농수로, 소하천 등에 서식하여 차이를 보이는 것으로 알려졌다(Kim, 1997; Kim and Park, 2002). 본 연구에서도 종개 *B. toni*는 돌과 자갈이 쌓인 여울에 대부분 서식하여 동일하였으나 서식양상에 있어서는 최상류부터 최하류까지 거의 전 구간에서 서식하고 중·하류부에 다량으로 서식하여 약간의 차이를 보였다. 미꾸리과 어류 중 대부분의 참종개속 *Iksookimia*과 쯤수수치속 *Kichulchoia*, 새코미꾸리속 *Koreocobitis* 어류는 자갈과 돌이 깔린 여울부 또는 느린 여울부에 주로 서식하는 것으로 알려져 본 종과 비교적 유사하였다(Kim, 1997; Kim and Park, 2002; Ko *et al.*, 2016).

종개의 연령별 서식지 선호도 결과, 당년생 치어(0+)는 수심이 얕으나(13.3±9.47 cm) 유속은 빠른(37.6±26.79 cm/sec) 자갈여울에 서식하여 1년생(1+)~3년생 이상(≥3+)의 수심은 비교적 깊으나(25.9±10.31 cm) 유속은 느린(13.3±17.33 cm/sec) 돌여울에 서식하여 차이를 보였다. 미꾸리과 어류 중 자갈과 돌에 주로 서식하는 참종개속 어류인 참종개 *Iksookimia koreensis* (Ko *et al.*, 2009)와 부안종개 *I. pumila* (Kim and Lee, 1984), 왕종개 *I. longicorpa* (Kim and Ko, 2005), 동방종개 *I. yongdokensis* (Ko *et al.*, 2016), 남방종개 *I. hugowolfeldi* (Park, 2016)는 당년생 치어가 수심이 얕고 유속이 매우 느린 곳에 서식하여 수심이 비교적 깊고 유속이 빠른 1~3년생 개체와 차이를 보이고, 연령이 증가하면서 하상 기질 크기가 증가하는 것으로 보고되어, 본 종과 성장에 따른 수심과 하상 기질 크기 변화는 비교적 유사하였으나 유속은 반대의 경향을 보여 차이를 보였다.

종개과 어류의 월별 활동주기는 본 연구에서 처음 시도되었는데, 종개는 2월부터 12월까지 섭식을 하였고, 섭식개체율 및 평균섭식량은 5~6월, 9~10월의 두 번의 정점이 나타나고 여름인 7~8월은 비교적 낮게 나타났다. 지금까지 연구된 미꾸리과 어류인 왕종개(Kim and Ko, 2005)와 줄종개 *Cobitis tetralineata* (Kim *et al.*, 2006), 참종개, 점줄종개 *C. nalbanti* (Ko *et al.*, 2009), 북방종개 *I. pacifica* (Ko, 2015), 동방종개(Ko *et al.*, 2016)의 월별 활동주기에서는 대체적으로 3월부터 10월까지 섭식을 하고 섭식개체율과 평균섭식량에서 5월과 9월에 정점을 보이는 것으로 나타나 전체적인 경향은 본종과 비교적 유사하였으나, 종개는 수온이 낮은 2월과 12월에도 섭식을 하여 미꾸리과 어류보다 낮은 온도에서도 섭식활동이 가능한 것으로 판단되었다. 미꾸리과 어류에서 일 활동주기가 연구된 종 중에서 왕종개(Kim and Ko, 2005)와 줄종개(Kim *et al.*, 2006), 참종개, 점줄

종개(Ko *et al.*, 2009), 북방종개(Ko, 2015), 동방종개(Ko *et al.*, 2018), 미호종개 *C. choii* (Ko and Bang, 2018) 등은 주행성 어류로, 얼룩새코미꾸리 *Koreocobitis naktongensis*는 야행성 어류로 분석된 바 있는데(ME, 2009), 아직까지 종개과 어류에서 일 활동주기는 연구된 바 없기 때문에 추후 연구가 필요하다고 생각된다.

종개의 식성은 수서곤충을 주로 섭식하는 잡식성 어류로 알려져 왔는데(Kim and Park, 2002; Kim *et al.*, 2005), 본 조사 결과 먹이생물을 상대중요성지수(IRI%)로 계산한 결과 곤충강의 파리목(57.0%)과 하루살이목(29.3%), 날도래목(13.5%) 등의 순으로 중요하였으며 조류(algae) 등 식물성 먹이는 관찰되지 않아 수서곤충을 주로 섭식하는 식성성 어류로 판단되었다. 근연종인 대륙종개도 먹이수에서 파리목, 하루살이목, 날도래목 순으로 높게 나타난다고 보고하여(Byeon, 2010) 본 종과 매우 유사하였다. 성장에 따른 먹이생물 변화는 양적인 면에서 당년생치어가 파리목, 날도래목, 하루살이목 순으로 많이 섭식하나 성장하면서 파리목과 날도래목은 감소하고 하루살이목은 급격하게 증가하는 것으로 나타났는데, 대륙종개도 수적인 면에서 당년생치어는 파리목과 날도래목이 높은 비율을 차지하나 성장하면서 이들의 비율은 감소하고 하루살이목은 증가하는 것으로 보고하여(Byeon, 2010) 본 종과 유사한 경향을 보였다. 계절별 먹이생물은 봄에 파리목과 하루살이목, 여름에는 하루살이목과 파리목, 가을에는 파리목과 날도래목이 높은 것으로 나타났는데, 이는 먹이생물인 수서곤충 유충이 성체로 변태하고 여름의 장마로 인해 먹이생물이 유실되면서 종조성에 변화가 있었기 때문으로 판단된다. 종개와 유사한 자갈과 돌 바닥에 서식하는 미꾸리과 어류들은 잡식성으로 동물성 먹이와 조류를 함께 섭식하여 조류를 섭식하지 않은 종개와 큰 차이를 보였으며, 동물성 먹이에서도 왕종개(Kim and Ko, 2005)와 참종개(Kim, 1978), 부안종개(Kim and Lee, 1984), 새코미꾸리 *Koreocobitis rotundicaudata* (Byeon, 2007)는 파리목과 하루살이목을 많이 섭식하여 본 종과 비교적 유사하였으나, 동방종개는 파리목과 새각목(Branchiopoda) (Ko *et al.*, 2018), 남방종개는 파리목과 날도래목(Park, 2016), 얼룩새코미꾸리는 파리목(Hong *et al.*, 2011), 쯤수수치 *Kichulchoia brevifasciata*는 날도래목과 하루살이목(Kim *et al.*, 2011), 수수미꾸리 *K. multifasciata*는 날도래목과 파리목(Chong, 1986) 등을 주로 섭식하는 것으로 보고되어 본 종과 차이를 보였다.

요 약

북천에 서식하는 종개 *Barbatula toni*의 서식지 특징 및 섭식생태를 밝히기 위해 2013년 1월부터 12월까지 강원도 고성군 간성읍의 북천에서 조사를 실시하였다. 종개는 최상류부터 최하류까지의 여울 또는 느린 여울의 돌과 자갈 바닥에 서식하

였는데, 채집개체수는 중·하류부가 가장 많았다. 연령별로 서식지 선호도를 분석한 결과 당년생(0+)과 1년생(1+)~3년생 이상($\geq 3+$)은 구별되었는데, 당년생은 유속이 빠르고(37.6 ± 26.79 cm/sec) 수심이 낮으며(13.3 ± 9.47 cm) 자갈 바닥(하상크기 9.5 ± 6.66 cm)에 주로 서식하였지만, 1년생~3년생 이상은 유속이 비교적 느리고(13.3 ± 17.33 cm/sec) 수심은 비교적 깊으며(25.9 ± 10.31 cm) 작은돌과 큰돌 바닥(하상크기 18.0 ± 7.63 cm)에 주로 서식하여 차이를 보였다. 종개는 주로 5°C 이상 되는 3월부터 12월까지 섭식을 하였고, 평균섭식량은 6월과 10월에 정점을 보였다. 소화관 내용물을 상대중요성지수(IRI)로 분석한 결과, 파리목(Diptera, 57.0%), 하루살이목(Ephemeroptera, 29.3%), 날도래목(Trichoptera, 13.5%) 등의 순으로 높게 나타났다. 당년생 치어는 크기가 작은 파리목과 날도래목을 주로 섭식하였으나 성장하면서 크기가 큰 하루살이목을 주로 섭식하여 먹이전환을 보였다. 이러한 종개의 먹이습성 및 성장에 따른 먹이 변화는 자매종 대륙종개 *B. nuda*와 매우 유사하였다.

REFERENCES

An, J.H., B.J. Kim and Y.S. Bae. 2021a. Distribution of the Korean *Barbatula* species reviewed by the morphological traits of nostrils. Korean J. Ichthyol., 33: 117-125. <https://doi.org/10.35399/ISK.33.2.8>.

An, J.H., J.N. Yu, B.J. Kim and Y.S. Bae. 2021b. Genetic diversity and relationship of the genus *Barbatula* (Cypriniformes; Nemacheilidae) by mitochondrial DNA Cytochrome *b* partial gene in Korea. Korean J. Ichthyol., 33: 107-116. <https://doi.org/10.35399/ISK.33.2.7>.

Aoyama, S. and T. Doi. 2011. Morphological comparison of early stages of two Japanese species of eight-barbel loaches: *Lefua echigonia* and *Lefua* sp. (Nemacheilidae). Folia Zool., 60: 355-361. <https://doi.org/10.25225/fozo.v60.i4.a14.2011>.

Byeon, H.K. 2007. Ecology of *Koreocobitis rotundicaudata* (Cobitidae) in the Naerin Stream, Korea. Korean J. Ichthyol., 19: 299-305.

Byeon, H.K. 2010. Ecological study of *Orthrias nudus* (Balitoridae) in the Eoron Stream of Korea. Korean J. Ichthyol., 22: 162-167.

Cao, L., R. Causse and E. Zhang. 2012. Revision of the loach species *Barbatula nuda* (Bleeker 1865) (Pisces: Balitoridae) from North China, with a description of a new species from Inner Mongolia. Zootaxa, 3586: 236-248. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3586.1.22>.

Chae, B.S., H.B. Song, J.Y. Park and G.H. Cho. 2019. A field guide to the freshwater fishes of Korea. LG Evergreen Foundation, Seoul, Korea, 355pp.

Chong, D.S. 1986. Morphological and bionomical studies of *Niwaella multifasciata* (Wakiya et Mori). Master Thesis, Chonbuk National University, Jeonju, Korea, 37pp.

Cummins, K.W. 1962. An evolution of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special emphasis on lotic waters. Am. Midl. Nat., 67: 477-504. <https://doi.org/10.2307/2422722>.

Erös, T. 2001. Life history of the stone loach, *Barbatula barbatula* in the Bükkös stream (Hungary). Folia Zool., 50: 209-215.

Hofmann, N. and P. Fischer. 2001. Seasonal changes in abundance and age structure of burbot *Lota lota* (L.) and stone loach *Barbatula barbatula* (L.) in the littoral zone of a large pre-alpine lake. Ecol. Freshw. Fish, 10: 21-25. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0633.2001.100103.x>.

Hong, Y.K., H. Yang and I.C. Bang. 2011. Habitat, reproduction and feeding habit of endangered fish *Koreocobitis naktongensis* (Cobitidae) in the Jaho Stream, Korea. Korean J. Ichthyol., 23: 234-241.

Kani, T. 1944. Ecology of torrent-inhabiting insects. In: Furukawa, H. (ed.), Insect 1. Kenkyu-sha, Tokyo, Japan, pp. 171-317.

Kim, E.J., I.S. Kim and N. Onikura. 2011. Size-related changes in food of dwarf loach, *Kichulchoia brevifasciata* Kim & Lee, 1995. Folia Zool., 60: 295-301. <https://doi.org/10.25225/fozo.v60.i4.a5.2011>.

Kim, H.S., M.S. Han and M.H. Ko. 2021. Spawning period characteristics and early life history of the eight barbel loach, *Lefua costata* (Pisces: Balitoridae). Korean J. Environ. Ecol., 35: 285-293. <https://doi.org/10.13047/KJEE.2021.35.3.285>.

Kim, I.S. 1978. Ecological studies of cobitid fish, *Cobitis koreensis* in Jeonju-cheon Creek, Jeonrabug-do province, Korea. Korean J. Ecol., 2: 9-14.

Kim, I.S. 1997. Illustrated encyclopedia of Fauna & Flora of Korea. Vol. 37. Freshwater Fishes. Ministry of Education, Yeongi, Korea, 518pp.

Kim, I.S., E.H. Lee and Y.M. Son. 1988. Morphological variation and geographic distribution of two species of *Nemacheiline loaches* (Pisces, Cobitidae) from Korea. Korean J. Zool., 31: 283-294.

Kim, I.S. and J.Y. Park. 2007. Freshwater fishes of Korea. Kyohak Publishing Co., Ltd., Seoul, Korea, 467pp.

Kim, I.S. and M.H. Ko. 2005. Ecology of *Iksookimia longicarpa* (Cobitidae) in the Seomjin River, Korea. Korean J. Ichthyol., 17: 112-122.

Kim, I.S., M.H. Ko. and J.Y. Park. 2006. Population ecology of Korean sand loach *Cobitis tetralineata* (Pisces; Cobitidae) in the Seomjin River, Korea. J. Ecol. Field Biol., 29: 277-286. <https://doi.org/10.5141/JEFB.2006.29.3.277>.

Kim, I.S. and W.O. Lee. 1984. Morphological and ecological aspects on the population of *Cobitis koreensis* Kim (Pisces: Cobitidae) in the Begchon Stream, Puan-gun, Chollabug-do, Korea. Korean J. Ecology, 7: 10-20.

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 Co. Ltd., Seoul, Korea, 615pp.

Ko, M.H. 2015. Habitat characteristics and feeding ecology of the Korean endemic species, *Iksookimia pacifica* (Pisces: Cobiti-

- dae) in the Bukcheon (stream), Korea. Korean J. Ichthyol., 27: 275-283.
- Ko, M.H. 2017. Life history of the siberian stone loach *Orthrias toni* (Pisces: Balitoridae) in the Buk Stream, Korea. Korean J. Ichthyol., 29: 197-204.
- Ko, M.H. and I.C. Bang. 2018. Habitat characteristics, age, feeding ecology of the endangered miho spine loach, *Cobitis choii* (Pisces: Cobitidae). Korean J. Ichthyol., 30: 92-99.
- Ko, M.H., H.J. Kim, R.Y. Myung and Y.J. Won. 2018. The activity period and feeding ecology of the Korean eastern spined loach, *Iksookimia yongdokensis* (Pisces: Cobitidae). Korean J. Ichthyol., 30: 27-35.
- Ko, M.H., J.Y. Park and S.H. Kim. 2009. Habitat environment and feeding habitat of *Iksookimia koreensis* and *Cobitis lutheri* (Pisces: Cobitidae) in the Mangyeong River, Korea. Korean J. Ichthyol., 21: 253-261.
- Ko, M.H., Y.S. Jeon and Y.J. Won. 2016. The habitat, age and spawning characteristics of the Korean eastern spined loach, *Iksookimia yongdokensis* (Pisces: Cobitidae) in the Chuksancheon (stream), Korea. Korean J. Ichthyol., 28: 72-78.
- Kottelat, M. 2012. Conspectus Cobitidum: An inventory of the loaches of the world (Teleostei: Cypriniformes: Cobitoidei). Raffles Bull. Zool., 26 (Suppl.): 1-199.
- Lee, H.Y., K.J. Jee and E.K. Jung. 1990. Characteristics and variations of the chromosomal constituents of Korean *Nemacheilus toni* (Pisces, Cobitidae). Korean J. Genetics, 12: 256-262.
- Lee, W.O., M.H. Ko, J.M. Bak, D.H. Kim, H.J. Jeon and K.H. Kim. 2010. Characteristics of fish fauna and community structure in Buk Stream of Goseong, Korea. Korean J. Ichthyol., 22: 238-248.
- ME (Ministry of Environment). 2009. Development of culture techniques and construction of monitoring system for released seedlings of endangered fish *Koreocobitis naktongensis*. Ministry of Environment. 81pp.
- Mills, C.A., J.S. Welton and E.L. Rendle. 1983. The age, growth and reproduction of the stone loach *Noemacheilus barbatulus* (L.) in a Dorset chalk stream. Freshwater Biol., 13: 283-292.
- Nelson, J.S., T.C. Grande and M.V.H. Wilson. 2016. Fishes of the world, 4th ed. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, U.S.A., p. 192.
- Park, C.S. and H.Y. Lee. 1991. Systematic study on the fishes of family Cobitidae (Pisces: Cypriniformes): Extensive variation in mitochondrial DNA among geographic populations of *Nemacheilus toni*. Korean J. Ichthyol., 3: 140-147.
- Park, C.W. 2016. Ecology of the endemic Korean southern king spine loach, *Iksookimia hugowolfeldi*. Master Thesis, Chonbuk National University, Jeonju, Korea, 56pp.
- Park, J.M., S.J. Cho and K.H. Han. 2020. Early life history of *Lefua costata* (Cypriniformes: Balitoridae) from Korea. Dev. Reprod., 24: 307-316. <https://doi.org/10.12717/DR.2020.24.4.307>.
- Park, J.Y. and I.S. Kim. 2003. Skin and its gland cells of a neamcheiline loach, *Orthrias nudus* (Pisces: Balitoridae) in Korea. Korean J. Ichthyol., 15: 19-25.
- Patimar, R., K.M. Rishkhorri and A. Sabiani. 2011. Age, growth and reproductive characteristics of the Turkmenian crested loach *Metaschistura cristata* (Nemacheilidae). Folia Zool., 60: 302-307. <https://doi.org/10.25225/fozo.v60.i4.a6.2011>.
- Pinkas, L., M.S. Oliphant and I.K.K. Iverson. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California water. Fish. Bull., 152: 1-105.
- Saat, T., G. Lauringson and J. Lees. 2003. Reproduction of the stone loach, *Barbatula barbatula* (L.) in Estonia. Folia Biol. (Kra-kow), 51: 193-197.
- Sauvonsaari, J. 1971. Biology of the stone loach (*Nemacheilus barbatulus* L.) in the lakes Päijänne and Pälkänevesi, southern Finland. Ann. Zool. Fen., 8: 187-193.
- Smyly, W.J.P. 1955. On the biology of the stone-loach *Nemacheilus barbatula* (L.). J. Anim. Ecol., 24: 167-186.
- Vinyoles, D., A.D. Sostoa, C. Franch, A. Maceda-Veiga, F. Casals and N. Caiola. 2010. Life-history traits of the stone loach *Barbatula barbatula*. J. Fish Biol., 77: 20-32. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2010.02653.x>.
- WAMIS (Water Management Information System). 2013. Hydro/meteorology Sokcho Station. Retrieved from [http://www.wamis.go.kr. verson \(30/12/2015\)](http://www.wamis.go.kr. verson (30/12/2015)).
- Won, D.H., S.J. Kwon and Y.C. Jeon. 2005. Aquatic insects of Korea. Korean Ecosystem Service, Seoul, Korea, 360pp.
- Yang, S.Y., H.Y. Lee, H.J. Yang and J.H. Kim. 1991. Systematic study on the fishes of the family Cobitidae (Pisces: Cypriniformes): I. Geographic variation of *Nemacheilus toni*, *Lefua costata*, and *Niwaella multifastata*. Korean J. Zool., 34: 110-122.
- Yun, I.B. 1995. Aquatic insects of Korea. Jeonghang Publishing Company, Seoul, Korea, 262pp.