

한국고유종 동방종개 *Iksookimia yongdokensis* (Pisces: Cobitidae)의 서식지와 연령, 산란기 특징

고명훈 · 전연선 · 원용진*

이화여자대학교 에코과학부

The Habitat, Age and Spawning Characteristics of the Korean Eastern Spined Loach, *Iksookimia yongdokensis* (Pisces: Cobitidae) in the Chuksancheon (stream), Korea by Myeong-Hun Ko, Yeon Seon Jeon and Yong-Jin Won* (Division of EcoScience, Ewha Womans University, Seoul 03760, Republic of Korea)

ABSTRACT The habitat, age and spawning characteristics of the Korean eastern spined loach, *Iksookimia yongdokensis*, were investigated to obtain baseline data for its ecological characteristics in the Chuksancheon (stream), Yeongdeok-gun, Gyeongsangbuk-do, Korea. The difference between the habitats of juveniles (0+) and 1~4 year old loaches was that juveniles mainly inhabited sandy bottoms (substratum particle size 0.6 ± 1.44 cm) with very slow velocities of water current (2.4 ± 2.09 cm/sec) and low depths (29.2 ± 7.57 cm), whereas 1~4 year old loaches inhabited pebble and cobble bottoms (substratum particle size 5.5~6.1 cm) with relatively fast velocities of water current (3.8~4.6 cm/sec) and deep depths (50~70 cm). The age groups for *I. yongdokensis* (female) estimated by the frequency distribution of total length in the spawning season (July) indicated that the 35~64 mm is 1-year old, the 65~94 mm group is 2-year old, the 95~119 mm is 3-year old, and the 120~145 mm is more than 4-year old. The sex ratio (σ/ρ) was 0.69, and females were 10~30 mm larger than males. The lamina circularis at the base of the pectoral fins in males, a secondary sexual characteristic, formed at the 13th month after hatching. The spawning season according to the gonadosomatic index (GSI) was June to July with water temperatures of 20~25°C. The average number of eggs was $2,292 \pm 618$, with a diameter of 1.46 ± 0.02 mm for mature eggs.

Key words: Spined loach, *Iksookimia yongdokensis*, habitat, age groups, spawning characteristics

서 론

미꾸리상과(Cobitoidea)는 잉어목(Cypriniformes)의 거대 분류군에 속하며 유라시아(Eurasia)의 강과 하천에 서식하는 저서성 소형어류로 10과 185속 1,499종이 보고되었고, 이 중 미꾸리과(Cobitidae)는 21속 171종이 보고되었다(Kottelat, 2012). 우리나라의 미꾸리과는 5속 16종이 서식하고 있으며, 이 중 참종개 *Iksookimia*속은 한국 고유속으로 6종이 지리적으로 나뉘어 서식하고 있다(Kim, 1997, 2009). 본 연구종인 동방종개 *Iksookimia yongdokensis*는 1997년 Kim and Park에 의

해 신종 보고되었는데, 근연종 왕종개 *I. longicorpa*와 체측반문과 골질반(lamina circularis), 비늘 등에 차이가 있으며 지리적으로 우리나라의 동남부 지역인 형상강과 영덕오십천, 축산천, 송천 일대에서만 서식하는 것으로 알려져 있다(Kim and Park, 1997). 특히 동방종개는 우리나라 미꾸리과 어류 중 유일하게 염색체 수가 $4n = 100$ 개로 보고되어 주목받고 있다(Kim *et al.*, 1999).

우리나라 미꾸리과 어류의 생태학적 연구는 Uchida (1939)에 의해 여러종의 생태적 특징이 간략히 보고된 이후 1978년 참종개 개체군 생태를 시작으로 현재까지 많은 종들에서 생태적 연구가 진행되었다(Kim, 1978, 1997, 2008; Kim and Lee, 1984; Chong, 1986; Kim and Ko, 2005; Kim *et al.*, 2006; Byeon, 2007; Choi and Byeon, 2009; Ko *et al.*, 2009; Hong *et*

*Corresponding author: Yong-Jin Won Tel: 82-2-3277-4630,
Fax: 82-2-3277-2385, E-mail: won@ewha.ac.kr

al., 2011; Ko, 2015; Park, 2016; Ko and Won, 2016). 특히 서식지에 있어서 미꾸리속 *Misgurnus* 어류는 유속이 거의 없이 정체되고 하상은 펄로 된 곳에 주로 서식하고, 기름종개속 *Cobitis* 어류는 유속이 느리고 하상이 모래로 된 곳에 주로 서식하며, 새코미꾸리속 *Koreocobitis*과 참종개속 *Iksookimia*, 좁수수치속 *Kichulchoia*은 유속이 비교적 빠르며 하상이 자갈과 돌 등으로 된 곳에 주로 서식하는 등 속에 따라 생태적 특이성을 보이는 것으로 보고되었다(Kim, 1997, 2009; Kim and Park, 2007). 현재까지 보고된 동방종개에 관한 연구는 핵형분석(Kim et al., 1999)과 난막구조(Park and Kim, 2001), 분자계통학적 연구(Šlechtová et al., 2008; Kwan, 2015; Perdices et al., 2016) 등이 있으나 생태학적 연구는 일부 단편적인 보고만 있을 뿐 자세한 연구는 이루어지지 않았다.

따라서 본 연구에서는 한국고유종 동방종개의 서식지 특성과 서식지 선호도, 성장 및 연령, 성비, 산란기 특징 등을 조사하여 생태적 특성을 밝히고 유연종과 비교·논의하고자 한다.

재료 및 방법

1. 연구 하천 선정 및 조사지역

동방종개의 생태 연구는 동방종개 출현지역인 송천과 축산천, 영덕오십천, 곡강천, 형산강 중에서 2014년 예비조사를 실시하여 서식개체수가 많고 서식지가 안정된 축산천을 선정하여 실시하였다. 축산천에서 동방종개의 서식경향 및 동소출현종을 알아보기 위하여 상류부터 하류까지 3~5 km 간격으로 5개 지점을 Fig. 1과 같이 선정하였으며 행정구역은 아래와 같다. 생태조사는 동방종개가 집단으로 서식하는 경북 영덕군 축산면 상원리(St. 3)에서 이루어졌다.

- St. 1: 경북 영덕군 축산면 화천리(36°27'49.37"N, 129°23'04.12"E)
- St. 2: 경북 영덕군 축산면 기암리(36°29'24.07"N, 129°23'23.25"E)
- St. 3: 경북 영덕군 축산면 상원리(생태조사 지역)(36°30'34.67"N, 129°24'04.13"E)
- St. 4: 경북 영덕군 축산면 축산리(36°30'17.53"N, 129°25'29.56"E)
- St. 5: 경북 영덕군 축산면 축산리(36°29'53.80"N, 129°26'31.92"E)

2. 조사시기

조사는 2015년 3월부터 2016년 2월까지 이루어졌는데, 동방종개의 서식경향 및 동소출현종 조사는 봄(5월), 여름(8월),

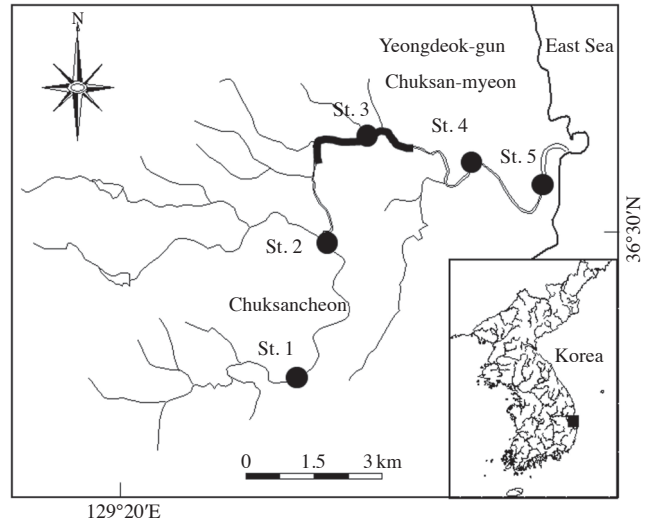


Fig. 1. Study stations of Chuksancheon (stream), Chuksan-myeon, Gyeongsangbuk-do, Korea, 2015. Thick line: distribution area of *Iksookimia yongdokensis*.

가을(10월) 3회 조사를 실시하였고, 생태조사는 매월 13~17일 사이에 이루어졌으며, 서식지 분석은 수위가 안정화되는 9월부터 10월까지 실시하였다.

3. 조사방법

동방종개의 서식환경은 수문학적 환경과 이화학적 환경으로 나누어서 조사하였다. 수문학적 환경은 하폭과 유폭, 수심, 하천형, 하상구조, 고도 등을 측정하였는데, 하천형은 Kani(1944)의 방법에 따라, 하상구조는 Cummine(1962)의 방법을 응용하여 현장에서 육안으로 구분하였다. 이화학적 환경은 2013년 매달 14~16일 사이에 12시를 기준으로 측정하였는데, 서식지의 기온과 수온은 디지털온도계(T-250A, ASAHI, Japan)를, 전기전도도(Conductivity)와 용존산소량(DO), pH, 염도 등은 수질측정기(HI-9828, Romania)를 사용하여 측정하였다.

채집방법은 지점조사의 경우 정량조사가 될 수 있도록 족대(망목 4×4 mm, 60분)와 투망(6×6 mm, 10회), 일각망(4×4 mm, 12시간 설치)을 동일하게 사용하였고, 어류의 동정은 Kim and Park(2007)과 Kim et al.(2005)에 따랐으며, 채집된 동소어류는 종을 확인하고 모두 바로 방류하였다. 동방종개 채집은 족대(1×1, 4×4 mm)와 투망(6×6 mm), 일각망(4×4 mm)을 사용하였고, 채집된 동방종개는 마취제 MS-222(Sindel, Canada)로 마취하여 전장과 체중, 성비 등을 조사한 후 대부분 방류하였으며, 일부 생식소 분석이 필요한 개체만 10% 포르말린 용액에 고정하여 실험실로 옮겨 분석하였다. 암·수는 수컷의 골질반의 유무로 판단하였으며, 전장은 0.01 mm까지, 체중은 0.01 g까지 측정하였다.

동방종개의 연령별 서식지 선호도는 개체별로 수심과 유속, 하상입자 크기 등을 조사한 후 연령별로 비교하였으며, 통계적 유의성은 SPSS 21.0을 사용하여 일원배치분산분석(One-way ANOVA, $\alpha=0.05$)을 실시한 후 사후분석 LSD test를 수행하였다. 매달 채집된 개체로 전장빈도분포도를 작성하여 성장도와 연령은 추정하였으며(Ricker, 1971), 성비를 계산하고 χ^2 검정을 통하여 성비 1:1 유의성을 확인하였다. 산란기는 매달 생식소가 발달한 암컷(전장 100~140 mm)과 수컷(전장 80~125 mm)을 각각 5~10개씩 채집하여 생식소성숙도(gonadosomatic index, $GSI = \text{gonad weight/body weight} \times 100$)를 계산하여 추정하였다. 포란수는 5월과 6월에 채집된 개체의 난수를 계수하였으며, 성숙란의 크기는 6월에 채집된 성숙개체의 난을 개체별 30개를 측정하여 계산하였다.

결 과

1. 서식지 특성

1) 서식분포 및 환경

축산천에서 동방종개 *Iksookimia yongdokensis*는 중류부인 경북 영덕군 축산면 상원리(St. 3) 일대 약 3 km 구간에만 서식하고 있었을 뿐 상류지역(St. 1~2)과 하류지역(St. 4~5)에는 서식하지 않았다. 이 지역은 하폭 50~70 m, 유평폭 10~30 m, 수심 30~80 cm이고 하천형은 여울과 소가 반복되는 Bb형이었으며 하상은 돌(cobble)과 자갈(pebble), 잔자갈(gravel), 모래(sand), 큰돌(boulder) 등이 비교적 균등하게 분포하는 곳이었다. 같은 미꾸리과에 속하는 미꾸리 *Misgurnus anguillicaudatus*는 축산천 전역에 서식하고 있어 동방종개보다 서식지역이 넓었다(Table 1).

동방종개 집단서식지인 경북 영덕군 축산면 상원리(St. 3)는 비교적 물이 맑았고 연중 전기전도도(conductivity)는 179~265 $\mu\text{S/cm}$, 용존산소량(DO)은 8.7~11.6 mg/L, pH는 7.25~8.26로 나타나 수질은 양호하였으며, 염도는 0.09~0.12‰로 순담수였다. 동소출현종은 10과 17종이 출현하였으며, 우점종은 점몰개 *Squalidus multimaculatus* (29.4%), 아우점종은 버들치 *Rhynchocypris oxycephalus* (21.8%)였으며, 그 밖에 참갈겨니 *Zacco koreanus* (18.2%), 피라미 *Z. platypus* (13.9%), 동방종개(5.2%), 미꾸리(2.7%), 밀어 *Rhinogobius brunneus* (2.4%), 참붕어 *Pseudorasbora parva* (1.9%) 등의 순으로 우세하였다(Table 1).

2) 연령별 서식지 특징

동방종개가 서식하는 지역은 여울과 소가 반복적으로 나타나는 지역의 소(pool)였으며 빠른 여울에는 서식하지 않았다. 개

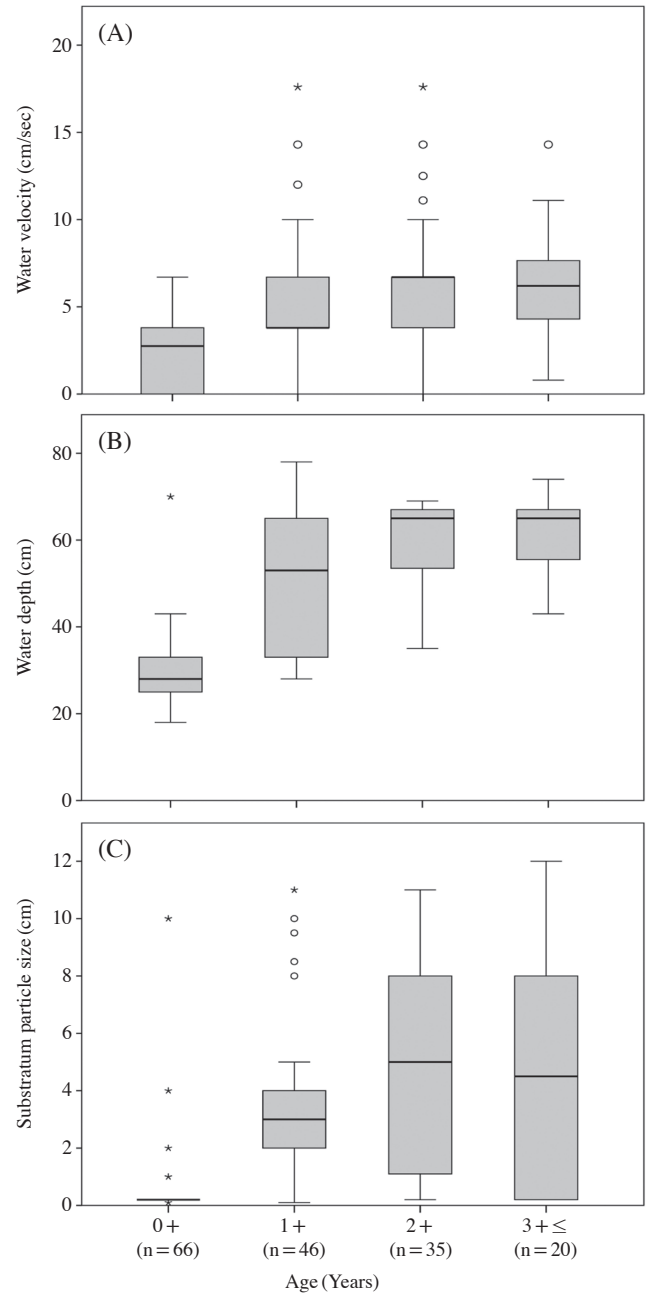


Fig. 2. Comparison of water velocity, depth and substratum particle size by age of *Iksookimia yongdokensis* in the Chuksancheon (stream), Chuksan-myeon, Yeongdeok-gun, Gyeongsangbuk-do, Korea from September to October, 2015. The diagrams indicate the median (horizontal line) and 50% range (gray rectangle).

체별로 유속과 수심, 하상 기질 크기를 측정한 결과(Fig. 2), 당년생 치어(전장 25~50 mm, n=66)는 소 가장자리의 유속이 느리고(2.4±2.09 cm/sec) 수심은 얕으며(29.2±7.57 cm) 하상은 대부분 모래로 이루어진 곳(기질 크기 0.6±1.44 cm)에 서식하였지만 1년생(전장 55~79 mm, n=46)과 2년생(전장

Table 1. Physical characteristics and the number of fish collected in the Chuksancheon (stream), Chuksan-myeon, Yeongdeok-gun, Gyeongsangbuk-do, Korea during May to October, 2015

Items / Scientific name	Station					Total	RA	Remarks*
	1	2	3	4	5			
River width (m)	25~30	30~40	50~70	50~60	70~90			
Water width (m)	3~7	2~6	10~30	10~25	10~30			
Water depth (cm)	50~120	50~150	30~80	30~130	40~70			
River type**	Aa~Bb	Aa~Bb	Bb	Bb	Bb~Bc			
Altitude (m)	64	36	21	16	6			
Bottom structure***								
Mud (~0.1 mm)			5					
Sand (0.1~2 mm)		10	20	20	10			
Gravel (2~16 mm)	10	10	20	30	20			
Pebble (16~64 mm)	20	30	25	40	30			
Cobble (64~256 mm)	50	40	30		30			
Boulder (256 < mm)	10	10	10	10	10			
Family Anguillidae								
<i>Anguilla japonica</i>			1			1	0.02	An
Family Cyprinidae								
<i>Carassius auratus</i>			24	1		25	0.55	
<i>Pseudorasbora parva</i>	15	5	46		3	69	1.53	
<i>Squalidus multimaculatus</i>		62	722	39	139	962	21.27	En
<i>Tribolodon hakonensis</i>					16	16	0.35	
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i>	53	65	537			655	14.48	
<i>Zacco koreanus</i>	215	337	447	85	60	1,144	25.29	En
<i>Zacco platypus</i>	27	121	342	217	323	1,030	22.77	
Family Cobitidae								
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	12	4	66	10	2	94	2.08	
<i>Iksookimia yongdokensis</i>			128			128	2.83	En
Family Bagridae								
<i>Pseudobagrus koreanus</i>			1			1	0.02	En
Family Siluridae								
<i>Silurus asotus</i>			15			15	0.33	
Family Osmeridae								
<i>Plecoglossus altivelis</i>			15	12	59	86	1.90	Di
Family Adrianichthyidae								
<i>Oryzias latipes</i>			23			23	0.51	
Family Centropomidae								
<i>Coreoperca herzi</i>			22	36	46	104	2.30	En
<i>Siniperca scherzeri</i>				1		1	0.02	
Family Odontobutidae								
<i>Odontobutis platycephala</i>		17	8	11		36	0.80	En
Family Gobiidae								
<i>Chaenogobius urotaenius</i>			4		21	25	0.55	
<i>Rhinogobius brunneus</i>		12	58	32	6	108	2.39	L
Number of species	5	8	17	11	11	19		
Number of individuals	322	623	2,459	444	675	4,523		

*En: Korean endemic species; L: land-locked species; An: andromous species; Di: diadromous species, **Kani (1944), ***Mud (~0.1 mm); Sand (0.1~2 mm); Gravel (2~16 mm); Pebble (16~64 mm); Cobble (64~256 mm); Bolder (256 mm <) (Cummins, 1962).

80~105 mm, n=35), 3년생 이상(전장 106~155 mm, n=20)은 대체로 유사하게 유속은 평균 5.5~6.1 cm/sec로 당년생보다 빨라졌고(One-way ANOVA, $P < 0.001$), 수심은 평균 50~62 cm 깊어졌으며($P < 0.001$), 기질 크기는 평균 3.8~4.6 cm로 커져($P < 0.001$) 차이를 보였다. 1년생 이상의 연령군들 간에는, 유속과 하상은 모두 연령별 유의한 차이가 없었고(One-way ANOVA, $P > 0.05$), 수심은 1년생과 2년생-3년생 이상에서 유의한 차이를 보였으나($P < 0.001$), 2년생과 3년생 이상은

유의한 차이가 없었다($P = 0.47$).

2. 성장 및 연령 추정

매월 채집된 전장빈도 분포는 Fig. 3과 같이 나타났다. 2015년에 태어난 당년생 치어는 8월에 처음 채집되었으며 전장 15~35 mm였고, 이후 성장을 하여 9월 27~43 mm, 10월 34~48 mm였으며, 이후 월동기로 접어들면서 2월까지 35~50

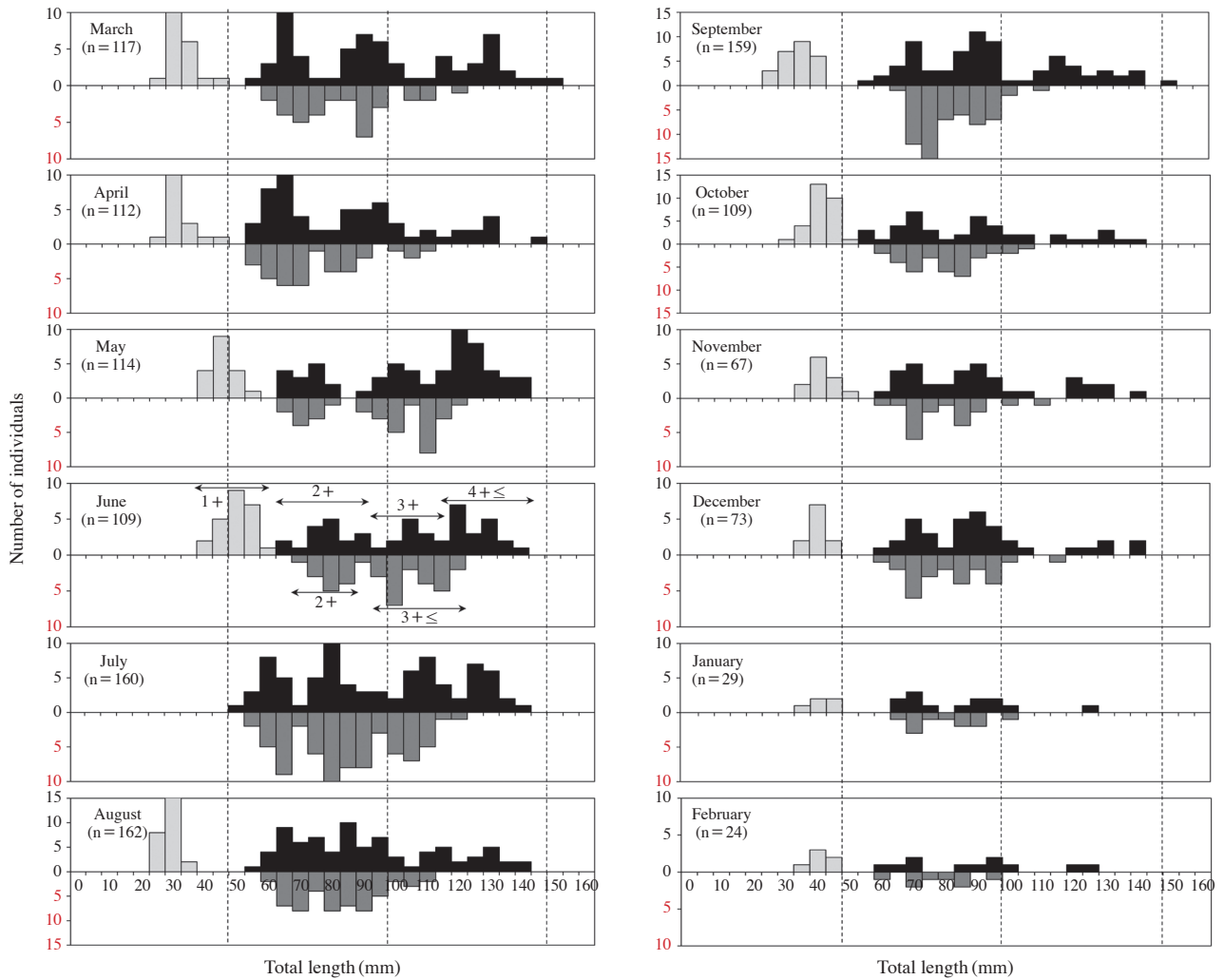


Fig. 3. Frequency distribution of the total length of *Iksookimia yongdokensis* in the Chuksancheon (stream), Chuksan-myeon, Yeongdeok-gun, Gyeongsangbuk-do, Korea from March, 2015 to February, 2016. Gray: juvenile, Black: female, Dark gray: male.

mm로 거의 성장을 하지 않았다. 2012년에 태어난 치어는 3월에 전장 30~49 mm였으나 4월 이후 급격한 성장을 하여 5월 40~59 mm, 7월 50~74 mm, 9월 55~80 mm였으며 이후 월동기로 들어가면서 거의 성장이 멈추었고, 7월부터는 수컷 가슴지느러미 기초에 골질반이 생성되면서 암컷과 구별되었다. 2년생 이상의 연령군도 공통적으로 4월부터 9월까지 비교적 빠른 성장을 보였으나 그 외의 계절은 느린 성장을 보이거나 성장하지 않았다. 산란이 시작되는 6월을 기준으로 연령을 추정하면, 암·수가 구별되지 않은 전장 40~64 mm는 만 1년생 치어였고, 만 2년생 이상은 암·수가 구별되었는데, 암컷은 65~94 mm가 만 2년생, 95~119 mm가 만 3년생, 120~145 mm가 만 4년생 이상으로, 수컷은 70~94 mm가 만 2년생, 95~125 mm가 만 3년생 이상으로 추정되었다. 암컷과 수컷은 만 1년생과 만 2년생에서 유사한 전장범위를 보였으나 만 3년생 이후부터는 암컷이 수컷보다 10~30 mm가 더 컸다.

3. 성비

만 1년 동안 채집된 개체 중 치어는 191개체, 암컷은 617개체, 수컷 427개체로 성비(♂/♀)는 0.69로 나타났으며 (Table 2), 암·수 간의 성비는 유의한 차이를 보였다 ($\chi^2 = 34.58, P < 0.05$). 월별로는 3월과 4월, 5월, 8월, 11월이 유의한 차이를 보였으나 ($\chi^2 > 3.84, P < 0.05$) 그 외의 달은 모두 유의한 차이를 보이지 않았다 ($\chi^2 < 3.84, P > 0.05$).

4. 산란기 특징

1) 산란기

산란기를 추정하기 위하여 매월 생식소성숙도(GSI)를 분석하였다. 암컷은 3월에 $4.8 \pm 1.64\%$ 로 낮았으나 이후 수온이 상승하면서 4월 $7.8 \pm 2.56\%$, 5월 $18.9 \pm 2.24\%$ 로 급격히 높아졌으며 6월은 $21.2 \pm 1.51\%$ 로 정점을 보였다. 이후 7월에는 $8.0 \pm$

Table 2. The sex ratio of *Iksookimia yongdokensis* in the Chuksancheon (stream), Chuksan-myeon, Yeongdeok-gun, Gyeongsangbuk-do, Korea from March, 2015 to February, 2015

Month	Juvenile	Female	Male	Total	Sex ratio (♂/♀)	χ^2
Mar.	19	64	34	117	0.53	9.18
Apr.	16	61	35	112	0.57	7.04
May	18	63	33	114	0.52	9.38
Jun.	24	48	37	109	0.77	1.42
Jul.	—	87	73	160	0.84	1.23
Aug.	26	80	56	162	0.70	4.24
Sep.	25	75	59	159	0.79	1.91
Oct.	29	44	36	109	0.82	0.80
Nov.	12	36	19	67	0.53	5.25
Dec.	11	36	26	73	0.72	1.61
Jan.	5	13	11	29	0.85	0.17
Feb.	6	10	8	24	0.80	0.22
Total	191	617	427	1,044	0.69	34.58

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.

3.22%로 급격히 낮아졌으며 8월은 $6.0 \pm 1.86\%$ 였고 이후 이듬해 2월까지 3.4~4.0%로 낮게 유지되었다(Fig. 4B). 수컷은 3월에 $2.0 \pm 0.12\%$ 로 낮았으나 이후 4월 $2.3 \pm 0.23\%$, 5월 $3.4 \pm 0.66\%$ 로 급격히 높아졌으며 6월은 $5.2 \pm 0.51\%$ 로 정점을 보였다. 이후 7월은 $2.0 \pm 0.70\%$ 로 급격히 낮아졌으며 8월부터 이듬해 2월까지 2.0% 이하로 낮게 유지되었다(Fig. 4C). 산란기는 6월에 채집된 암·수의 생식소성숙도가 모두 높고 암컷들은 모두 산란을 하지 않은 점과 7월에 채집된 암·수는 모두 생식소성숙도가 급격히 낮아지고 8월에 전장 15~35 mm의 당년생 치어가 채집된 점으로 볼 때 6월부터 7월로 추정되었고, 산란성기는 6월말부터 7월 초로 추정되었다(Fig. 3A). 이때의 수온은 20~25°C였으며(Fig. 4A), 산란에 참여하는 개체는 만 3년생 이상의 개체로 암컷은 전장 100 mm 이상, 수컷은 90 mm 이상의 개체들이었다(Fig. 5, Table 3).

2) 포란수와 성숙난의 크기

포란수는 만 3년생 (n=5) $1,672 \pm 655$ 개, 만 4년생 이상 (n=11) $2,574 \pm 349$ 개로 나타났으며, 전체 (n=16)는 $2,292 \pm 618$ 개였다(Fig. 5). 6월에 채집된 성숙란의 크기는 전장과 생식소성숙도, 포란수와 상관없이 1.46 ± 0.02 (1.43~1.49) mm로 대부분 균일하였다(Table 3).

고찰

축산천에서 동방종개 *Iksookimia yongdokensis*는 여울과 소가 반복적으로 나타나고 하상이 돌과 자갈, 잔자갈, 모래 등이 비교적 균등하게 이루어진 중류부(St. 3) 약 3 km 구간에서만

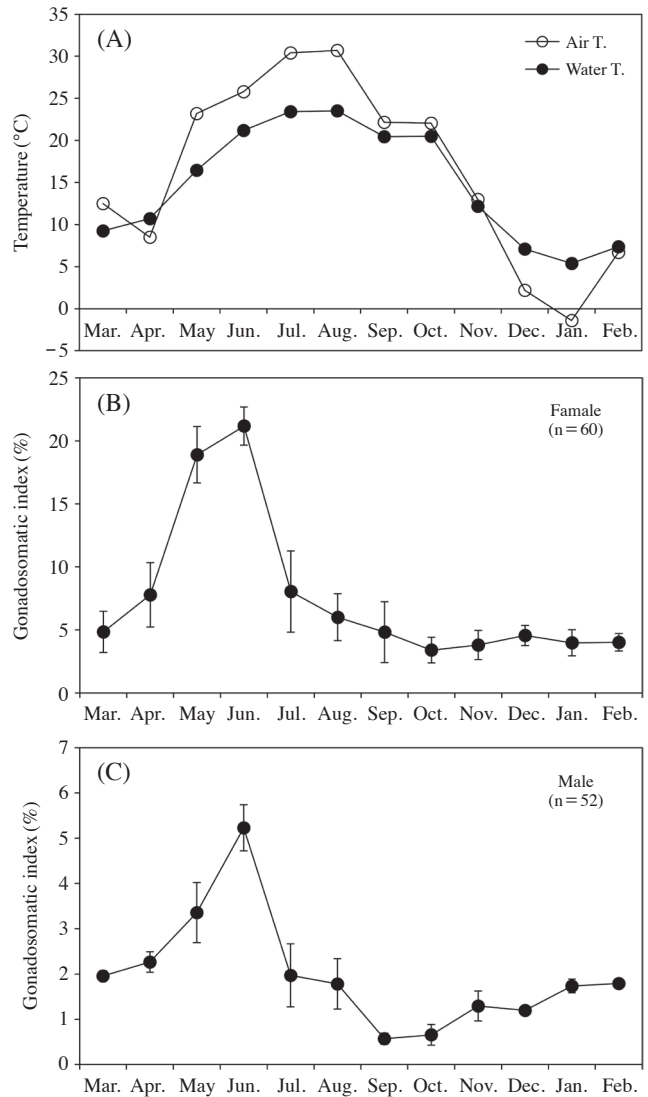


Fig. 4. Temperature and gonadosomatic index (GSI) of *Iksookimia yongdokensis* in the Chuksancheon (stream), Chuksan-myeon, Yeongdeok-gun, Gyeongsangbuk-do, Korea from March, 2015 to February, 2016.

서식하여 서식범위가 비교적 좁았다. 또한 예비조사를 실시한 영덕오십천과 곡강천, 형산강, 대종천 등에서도 동방종개는 비교적 좁은 범위에서만 서식하고 있고 공통적으로 물이 비교적 맑으며 하상이 돌과 자갈, 모래 등이 많이 쌓인 소지역이었다. 이러한 특징은 하천(또는 강)의 중·상류에 넓게 분포하는 같은 속의 참종개 *I. koreensis* (Ko et al., 2009)와 왕종개 *I. longicorpa* (Kim and Ko, 2005)와 서식지는 유사하였지만 서식범위에서는 차이를 보였다. 한국의 어류 적색자료집에서 동방종개는 동해 남동부의 제한된 곳에 서식하고 서식지가 점점 감소하고 있어 관심대상종(Least Concern, LC)으로 평가되었다(NIBR, 2011). 본 조사 결과 서식하천에서도 서식구간이 매

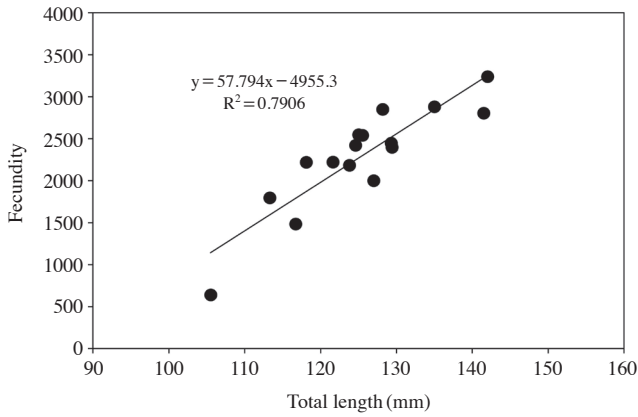


Fig. 5. Fecundity of *Iksookimia yongdokensis* (n = 16) in the Chuk-sancheon (stream), Chuksan-myeon, Yeongdeok-gun, Gyeongsangbuk-do, Korea from May to June, 2015.

Table 3. Mature egg size of *Iksookimia yongdokensis* in the Chuk-sancheon (stream), Chuksan-myeon, Yeongdeok-gun, Gyeongsangbuk-do, Korea, June, 2015

Total length (mm)	Body weight (g)	GSI (%)	Fecundity	Mature egg size (mm)
117	9.8	19.2	1,484	1.43 ± 0.10
118	12.4	20.0	2,220	1.45 ± 0.09
122	14.31	23.5	2,221	1.46 ± 0.07
124	14.8	23.2	2,185	1.49 ± 0.07
125	12.3	22.3	2,422	1.44 ± 0.09
126	14.62	20.0	2,540	1.47 ± 0.08
127	14.95	20.5	2,002	1.46 ± 0.06
128	13.83	16.5	2,850	1.45 ± 0.09
129	15.1	20.7	2,397	1.43 ± 0.07
142	21.8	21.6	2,804	1.49 ± 0.11
Mean ± SD				1.46 ± 0.02

우 좁은 것으로 나타났으며 일부하천에서는 각종 하천공사가 이루어지고 수질이 악화되는 것이 관찰되었다. 따라서 정확한 서식분포 및 감소경향을 파악하여 멸종위협 등급을 평가할 필요성이 있으며, 이후 평가 결과에 따라 보전대책을 세워야 할 것으로 판단된다.

동방종개의 1년생부터 3년생 이상은 유속이 있고(5.5~6.1 cm/sec) 수심은 깊으며(50~62 cm) 하상이 돌과 자갈인 곳을 선호하였지만 당년생 치어는 유속이 거의 없고(2.4 ± 2.09 cm/sec) 수심이 얇고(29.2 ± 7.57 cm) 하상이 모래인 곳에 주로 서식하여 수심이 얇고 유속이 느린 모래지형도 동방종개의 서식에 있어 중요한 요소로 판단되었다. 이러한 서식지 특징은 비교적 같은 속의 왕종개(Kim and Ko, 2005)와 참종개(Ko et al., 2009), 부안종개 *I. pumila* (Kim and Lee, 1984), 남방종개 *I. hugowolfedi* (Choi, 2003; Park, 2016) 등과 유사하였으나 모래지형에서만 거의 서식하는 북방종개 *I. pacifica* (Ko, 2015)와는 차이를 보였다.

동방종개의 성장은 모든 연령대에서 활동기인 4월부터 9월까지 급속한 성장을 보였으나 월동기인 11월부터 3월까지 거의 성장을 하지 않았다. 또한 수컷은 부화 후 13개월 후부터 가슴지느러미에 골질반이 형성되어 암수가 구별되었으며, 암수의 성장 차이를 보여 만 3년생 이상의 개체에서는 암컷이 수컷보다 10~30 mm가 더 크게 나타나 비교적 왕종개(Kim and Ko, 2005)와 참종개 *I. koreensis* (Ko et al., 2009), 부안종개(Kim and Lee, 1984), 북방종개 *I. pacifica* (Ko and Won, 2016), 기름종개 *Cobitis hankugensis* (Ko, 2009), 점줄종개 *C. lutheri* (Ko et al., 2011), 줄종개 *C. tetralineata* (Kim et al., 2006) 등과 유사하였다. 전장빈도분포도를 이용한 동방종개의 연령은 암컷이 4년생 이상, 수컷이 3년생 이상까지 추정되어 연령군의 수는 참종개와 부안종개, 기름종개, 점줄종개, 줄종개, 새코미꾸리 *Koreocobitis rotundicaudata*, 수수미꾸리 *Kichulchoia multifasciata*보다 많았으나 왕종개와 북방종개 보다는 적었고, 연령별 전장범위는 비교적 왕종개와 유사한 경향을 보였다(Table 4). 한편 일부 미꾸리과 어류에서는 연륜형질을 이용하여 연령을 추정한 바 있는데, 이석을 이용한 경우 유럽의 *C. paludica*는 암컷 5세, 수컷은 3세(Przybylski and Valladolid, 2000; Oliva-Paterna et al., 2002), *C. taenia*는 암컷 4세, 수컷 3세까지(Robotham, 1981), 비늘을 이용한 참종개는 암·수 모두 3세까지 추정되어(Kim et al., 2008) 본 결과와 비교적 연령수가 비슷하였다. 그러나 안하극을 이용한 일본의 *Niwaella delicata*는 암컷 12.5세, 수컷은 11.5세까지 보고된 바 있어(Kano, 2000), 추후 연륜형질을 이용한 연령 결과와의 비교 검토가 필요하다고 판단된다.

성비(♂/♀)는 0.69로 나타나 부안종개 1.01보다는 낮았으나 다른 미꾸리과 어류와는 비교적 유사하였다(Table 5). 미꾸리과 어류의 이차 성징은 골질반 외에 기름종개속 어류에서는 산란기에 반문 변화가 일어나는 것으로 보고되었는데(Kim and Jeong, 1988; Kim et al., 2006; Ko and Park, 2011; Ko, 2009), 동방종개에서는 이러한 반문변화는 관찰되지 않았다.

산란기는 6월에서 7월(수온 20~25°C)로 추정되어 춘하산란형에 속하였으며(Shimzu and Hanyu, 1982; Kaneko et al., 1986), 비교적 참종개와 부안종개, 왕종개, 남방종개, 줄종개, 쯤수수치 *K. brevifasciata*와 유사하였으나 북방종개와 기름종개, 점줄종개 보다는 빠르고 새코미꾸리, 얼룩새코미꾸리 *K. naktongensis*, 수수미꾸리, 미꾸리 *Misgurnus anguillicaudatus*, 미꾸라지 *M. mizolepis*보다는 느린 편이었다(Table 5). 성숙난의 크기는 1.45 ± 0.03 mm로 미꾸리과 어류 중에서 비교적 쯤수수치와 유사하고 수수미꾸리 다음으로 큰 편에 속하였으며, 포란수는 2,292 ± 618개로 미꾸리과 어류 중에서 중상위권에 속하였으며 비교적 왕종개와 북방종개, 남방종개, 기름종개, 수수미꾸리와 유사하였다.

동방종개를 비롯한 대부분의 참종개속 어류는 공통적으로

Table 4. Comparisons of age by the total length distribution of Cobitidae during spawning period in Korea

Species	Age									Reference
	Female					Male				
	1	2	3	4	5	1	2	3		
<i>Iksookimia yongdokensis</i>	(TL) 35~64	65~94	95~119	120~145		35~64	65~94	95~124		Present study
<i>I. koreensis</i>	(TL) 30~49	50~64	65~105			30~49	50~90			Kim, 1978
<i>I. pumila</i>	(TL) 30~44	45~59	60~80			30~44	50~60			Kim and Lee, 1984
<i>I. longicorpa</i>	(TL) 55~79	80~99	100~114	115~134	140~160	55~79	85~104	105~134		Kim and Ko, 2005
<i>I. pacifica</i>	(TL) 30~49	50~74	75~99	100~124	130~160	30~49	50~74	75~110		Present study
	(SL) 40~59	60~89	90~109	110~126		(without distinction of sex)				Choi and Byeon, 2009
<i>Cobitis hankugensis</i>	(TL) 45~59	60~89	90~124			50~60	70~99			Ko, 2009
<i>C. lutheri</i>	(TL) 40~59	60~79	80~109			45~59	60~79			Ko and Park, 2011
<i>C. tetralineata</i>	(TL) 45~59	70~94	95~125			45~60	70~94			Kim <i>et al.</i> , 2006
<i>Koreocobitis rotundicaudata</i>	(SL) 40~69	70~109	110~142			(without distinction of sex)				Byeon, 2007
<i>Kichulchoia multifasciata</i>	(TL) 80~110	110~150				80~130				Chong, 1986

Table 5. Comparisons of spawning characters of Cobitidae in Korea

Species	Sex ratio (♂/♀)	Spawning period (water temperature, °C)	Mature egg size (mm)	Fecundity	Reference
<i>Iksookimia yongdokensis</i>	0.69	June~July (20~25)	1.45 ± 0.03	2,292 ± 618	Ko <i>et al.</i> , 2016
<i>I. koreensis</i>	0.74	June~July (20~26)	1.10 ± 0.08	1,138 ± 431	Kim, 1978; Ko <i>et al.</i> , 2012
<i>I. pumila</i>	1.01	May~July (20)	1.35 ± 0.08	328 ± 203	Kim and Lee, 1984; Ko <i>et al.</i> , 2013
<i>I. longicorpa</i>	0.65	June (20~24)	1.32 ± 0.12	2,402 ± 944	Kim and Ko, 2005
<i>I. hugowolfeldi</i>	0.59	June~July (21~23)	1.30 ± 0.07	1,933 ± 530	Choi, 2003; Park, 2016
<i>I. pacifica</i>	0.63	July (20~25)	1.11 ± 0.04	2,503 ± 1,337	Ko and Won, 2016
	0.93	July (25~27)	0.76 ± 0.01	809 ± 295	Choi and Byeon, 2009
<i>Cobitis hankugensis</i>	1.55	July (22~27)	0.98 ± 0.05	2,783 ± 1,543	Ko, 2009
<i>C. lutheri</i>	0.65	July (24~26)	1.09 ± 0.02	1,127 ± 453	Ko and Park, 2011
<i>C. tetralineata</i>	0.58	June~July (22~26)	0.98 ± 0.10	1,288 ± 583	Kim <i>et al.</i> , 2006
<i>Koreocobitis rotundicaudata</i>	0.78	May~June (20~23)	1.18 ± 0.09	1,365 ± 720	Byeon, 2007
<i>K. naktongensis</i>	0.92	May~June (17~20)	0.87 ± 0.05	2,2643 ± 4,629	Hong <i>et al.</i> , 2011
<i>Kichulchoia brevifasciata</i>	0.49	June~July (19~29)	1.45 ± 0.16	69 ± 35.3	Kim, 2008; Ko and Bang., 2014
<i>K. multifasciata</i>	0.73	April~May (13~21)	1.78 ± 0.06	820 ± 207	Chong, 1986
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	-	May~June	1.1	16,430~40,000	Uchida, 1939
<i>M. mizolepis</i>	-	April~June	1.12	8,500~1,3500	Kim <i>et al.</i> , 1987, 1992

하천 중·상류의 자갈과 돌, 모래 바닥에 서식하고 있으며, 비교적 연령구조와 성비, 산란기, 난경, 포란수 등의 생태형질이 유사하였다. 그러나 모래에 서식하는 참중개속의 북방중개 및 기름중개속과 펄지역에 주로 서식하는 미꾸리속 등의 어류와는 서식지 특성과 산란기, 난경, 포란수 등에 차이를 보이고 있었다. Shimizu *et al.* (1998)은 서식유형에 따라서 초기생활 사에도 큰 차이가 있는 것으로 보고한 바 있으며, 최근 Kwan (2015)의 한국산 미꾸리와 어류의 분자계통학적 연구에서도 계통수는 서식지 유형에 따라 묶이는 경향을 보였다. 따라서 미꾸리과 어류의 서식지 특징은 다양한 생태학적 형질을 결정하는 중요한 요인으로 판단되며 진화에도 큰 영향을 미친 것으로 사료되었다.

요 약

한국고유종 동방중개 *Iksookimia yongdokensis*의 생태적 특성을 밝히기 위해 2015년 3월부터 2016년 2월까지 경상북도 영덕군 축산군의 축산천에서 서식지와 연령, 산란기 특성 등을 조사하였다. 연령별로 서식지를 분석한 결과, 당년생(0+)과 1~4년생은 구별되었는데, 당년생은 유속이 느리고(2.4 ± 2.09 cm/sec) 수심이 낮으며(29.2 ± 7.57 cm) 모래 바닥(하상 크기 0.6 ± 1.44 cm)에 주로 서식하였지만, 1~4년생은 유속이 비교적 빠르고(3.8~4.6 cm/sec) 수심은 깊은(50~70 cm) 자갈과 돌 바닥(하상 크기 5.5~6.1 cm)에 주로 서식하여 차이를 보였다. 전장빈도분포도로 연령(암컷)을 추정된 결과, 산란

기인 6월에 35~64 mm는 만 1년생, 65~94 mm는 만 2년생, 95~119 mm는 만 3년생, 120~145 mm는 만 4년생 이상으로 추정되었다. 생후 13개월 후에 수컷 가슴지느러미 기조에 골질반(lamina circularis)이 형성되어 암·수가 구별되었고, 성비(♂/♀)는 0.69였으며, 암컷이 수컷보다 10~30 mm가 더 컸다. 산란기는 생식소성숙도(GSI)로 추정한 결과 6~7월(수온 20~25°C)이었고, 포란수는 2,292±618개, 성숙난 크기는 1.46±0.02 mm였다.

사 사

이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(과제번호: 2015R1A2A2A01007117).

REFERENCES

- Byeon, H.K. 2007. Ecology of *Koreocobitis rotundicaudata* (Cobitidae) in the Naerin Stream, Korea. Korean J. Ichthyol., 19: 299-305. (in Korean)
- Choi, E.K. 2003. Biology of the southern spined loach, *Iksookimia hugowolfeldi* (Pisces, Cobitidae). Master Thesis, Chonbuk National University, Jeonju, 42pp. (in Korean)
- Choi, J.K. and H.K. Byeon. 2009. Ecological characteristics of *Cobitis pacifica* (Cobitidae) in the Yeongok Stream. Korean J. Limnol., 42: 26-31. (in Korean)
- Chong, D.S. 1986. Morphological and bionomical studies of *Niwaella multifasciata* (Wakiya et Mori). Master Thesis, Chonbuk National University, 37pp. (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. Amer. Midl. Nat'l., 67: 477-504.
- 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. (in Korean)
- Kaneko, T., K. Aida and I. Hanyu. 1986. Changes in ovarian activity and fine structure of pituitary gonadotropin during spawning cycle of thachichibugoby, *Tridentiger obscurus*. Nippon Suisan Gakkaishi, 52: 1923-1928.
- Kano, Y. 2000. Age and growth of the ajime-loach, *Niwaella delicata*, in the Yura river, Kyoto, Japan. Ichthyol. Res., 47: 183-186.
- Kani, T. 1944. Ecology of Torrent-inhabiting Insects, pp. 171-317. In: Insect 1 (Furukawa H., ed.). Kenkyu-sha, Tokyo. (in Japanese)
- Kim, D.H., H.Y. Jo and H.J. Lee. 2008. Study on the reproduction and growth of *Iksookimia koreensis* Kim (Pisces: Cobitida) in the Namdae Stream, Cheorwon-gun, Gangwon-do, Korea. Korean J. Ichthyol., 20: 21-27. (in Korean)
- Kim, D.S., J.H. Kim and I.S. Park. 1992. Induced and multiple spawnings by human chorionic gonadotropin injection of the loach, *Misgurnus mizolepis* (Teleostomi; Cobitidae). J. Aquacult., 5: 109-115. (in Korean)
- Kim, E.J. 2008. Conservation biology of dwarf loach, *Kichulchoia brevifasciata*. Master Thesis, Chonbuk National University, Jeonju, 58 pp. (in Korean)
- 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. (in Korean)
- Kim, I.S. 1997. Illustrated Encyclopedia of Fauna & Flora of Korea, Vol. 37, Freshwater Fishes. Ministry of Education, Yeongi, 518pp. (in Korean)
- Kim, I.S. 2009. A review of the spined loaches, family Cobitidae (Cypriniformes) in Korea. Korean J. Ichthyol., 21 (supplement): 7-28.
- Kim, I.S. and J.Y. Park. 1997. *Iksookimia yongdokensis*, a new cobitid fish (Pisces: Cobitidae) from Korea with a key to the species of *Iksookimia*. Ichthyol. Res., 44: 249-256.
- Kim, I.S. and J.Y. Park. 2007. Freshwater Fishes of Korea. Kyohak Publishing Co., Ltd., Seoul, 467pp. (in Korean)
- Kim, I.S. and M.H. Ko. 2005. Ecology of *Iksookimia longicorpa* (Cobitidae) in the Seomjin River, Korea. Korean J. Ichthyol., 17: 112-122. (in Korean)
- Kim, I.S. and M.T. Jeong. 1988. Seasonal variation of the color pattern in the Cobitid fish *Cobitis taenia lutheri* form Korea. Korean J. Ecol., 11: 77-82. (in Korean)
- 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, Cholla-bug-do, Korea. Korean J. Ecology, 7: 10-20. (in Korean)
- 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. (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, 615p. (in Korean)
- Kim, S.Y., J.Y. Park and I.S. Kim. 1999. Chromosome of spined loach, *Iksookimia yongdokensis* (Pisces: Cobitidae) form Korea. Korean J. Ichthyol., 11: 172-176.
- Kim, Y.U., D.S. Kim and Y.S. Park. 1987. Development of eggs, larvae and juveniles of loach, *Misgurnus mizolepis* Günther. Bull. Korean Fish. Soc., 20: 16-23. (in Korean)
- Ko, M.H. 2009. Reproductive mechanisms of the unisexual diploid-triploid hybrid complex between the spined loach *Cobitis hankugensis* and *Iksookimia longicorpa* (Teleostei, Cobitidae) in Korea. Doctoral Thesis, Chonbuk National University, Jeonju, 160pp. (in Korean)
- Ko, M.H. 2015. Habitat characteristics and feeding ecology of the korean endemic species, *Iksookimia pacifica* (Pisces: Cobit-

- idae) in the Bukcheon (stream), Korea. Korean J. Ichthyol., 27: 275-283. (in Korean)
- Ko, M.H. and I.C. Bang. 2014. Spawning character and early life history of the endangered Korean dwarf loach, *Kichulchoia brevifasciata* (Teleostei: Cobitidae). Korean J. Ichthyol., 26: 89-98. (in Korean)
- Ko, M.H. and J.Y. Park. 2011. Growth and spawning ecology of *Cobitis lutheri* (Teleostei: Cobitidae) in the Mangyeong river, Korea. Korean J. Ichthyol., 23: 158-162. (in Korean)
- 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. (in Korean)
- Ko, M.H., S.Y. Park and I.C. Bang. 2012. Egg development and early life history of Korean spined loach, *Iksookimia koreensis* (Pisces: Cobitidae). Korean J. Limnol., 45: 93-101. (in Korean)
- Ko, M.H., S.Y. Park and I.C. Bang. 2013. Egg development and early life history of the endangered Korean spine loach, *Iksookimia pumila* (Pisces: Cobitidae). Korean J. Ichthyol., 25: 65-73. (in Korean)
- Ko, M.H. and Y.J. Won. 2016. The age and spawning characteristics of the Korean endemic spine loach, *Iksookimia pacifica* (Pisces: Cobitidae) in the Bukcheon (stream), Korea. Korean J. Ichthyol., 28: 72-78. (in Korean)
- Kottelat, M. 2012. Conspectus Cobitidum: An Inventory of the Loaches of the World (Teleostei: Cypriniformes: Cobitoidei). The Raffles Bull. Zool., 26(Suppl.): 1-199.
- Kwan, Y.S. 2015. Molecular Phylogenetic and Population Genetic Studies of the Freshwater Fish Family Cobitidae (Teleostei: Cypriniformes) in Korea. Doctoral Thesis, Ewha Womans University, Seoul, 143pp.
- NIBR (National Institute of Biological Resources). 2011. Red Data Book of Endangered Fishes in Korea. Ministry of Environment, Incheon, 202pp. (in Korean)
- Oliva-Paterna, F.J., M.M. Torralva and C. Fernández-Delgado. 2002. Age, growth and reproduction of *Cobitis paludica* in a seasonal stream. J. Fish Biol., 60: 389-404.
- Park, C.W. 2016. Ecology of the endemic Korean Southern king spine loach, *Iksookimia hugowolfeldi*. Master Thesis, Chonbuk National University, Jeonju, 56pp. (in Korean)
- Park, J.Y. and I.S. Kim. 2001. Fine structures of oocyte envelopes of three related cobitid species in the genus *Iksookimia* (Cobitidae). Ichthyol. Res., 48: 71-75.
- Perdices, A.J., Bohlen, V. Šlechtová and I. Doadrio. 2016. Molecular evidence for multiple origins of the European spined loaches (Teleostei, Cobitidae). Plos One, 11: e0144628. doi:10.1371.
- Przybylski, M. and M. Valladolid. 2000. Age and growth of *Cobitis paludica* in the Lozoya River (Central Spain). Folia Zoo., 49 (Suppl.): 129-134.
- Ricker, W.E. 1971. Methods for assessment of fish production in freshwater. IBP hand book, 3: 112-113.
- Robotham, P.W.J. 1981. Age, growth and reproduction of a population of spined loach, *Cobitis taenia* (L.). Hydrobiologia, 129-136.
- Shimizu, A. and I. Hanyu. 1982. Environmental regulation of annual reproductive cycle in a spring-spawning bitterling *Acheilognathus tabira*. Nippon Suisan Gakkaishi, 48: 1563-1568.
- Shimizu, T., H. Sakai and N. Mizuno. 1998. Embryonic and larval development of a Japanese spinous loach, *Cobitis takatsuensis*. Ichthyol. Res., 45: 377-384.
- Šlechtová, V., J. Bohlen and A. Perdices. 2008. Molecular phylogeny of the freshwater fish family Cobitidae (Cypriniformes: Teleostei): Delimitation of genera, mitochondrial introgression and evolution of sexual dimorphism. Mol. Phylogenet. Evol., 47: 812-831.
- Uchida, K. 1939. The Fishes of Tyosen. Part I. Numatognathi, Eventognathi. Bull. Fish Exp. Sta. Gov. Gener. Tyôsen, pp. 400-458. (in Japanese)