

송현천에 서식하는 멸종위기어류 버들가지 *Rhynchocypris semotilus* (Pisces: Cyprinidae)의 생활사

고명훈* · 한미숙 · 서형수¹

고수생태연구소, ¹국립생태원

Life History of the Endangered Endemic Species, *Rhynchocypris semotilus* (Pisces: Cyprinidae) in the Songhyeoncheon (Stream), Korea by Myeong-Hun Ko*, Mee-Sook Han and Hyung Soo Seo¹ (Kosoo Ecology Institute, Seoul 07952, Republic of Korea; ¹National Institute of Ecology, Seocheon 33657, Republic of Korea)

ABSTRACT Life history of the endangered endemic species, *Rhynchocypris semotilus*, was investigated to obtain baseline data for its ecological characteristics in Songhyeoncheon, Hyeonnaemyeon, Goseong-gun, Gangwon-do, Korea from April to October, 2022. A total of 10 families and 18 species of fishes were collected from 4 survey stations, and *R. semotilus* was a subdominant species in the survey period (seven times). The main habitat of *R. semotilus* was the middle-upper stream of rock and boulder bottoms with aquatic plants and slow rapids and pools. The age groups for *R. semotilus* estimated by the frequency distribution of total length in spawning season (May) indicated the 4~12 mm is 0-year old, 32~49 mm is 1-year old, the 50~65 mm group is 2-years old, the 66~91 mm is 3-years old, and the 92~116 mm is more than 4-years old, and showed rapid growth from May to September. Total length range of female and male were the relatively similar, and sex ratio (♂/♀) was 0.78. The spawning period is from May to July (water temperature is 17 to 21°C), and gonad was developed more than three years old (more than TL 66 mm). In May, the gonadosomatic index (GSI) was $10.6 \pm 2.99\%$ for females and $8.2 \pm 2.34\%$ for males, fecundity was $6,830 \pm 1,943$, and mature eggs size was 1.34 ± 0.16 mm. Finally, life history characteristics of *R. semotilus* was discussed between the genus *Rhynchocypris* and *Phoxinus* species.

Key words: *Rhynchocypris semotilus*, endangered species, life history, age, spawning characteristics

서 론

한국고유종인 버들가지 *Rhynchocypris semotilus*는 냉수성 소형어류로 잉어목(Cypriniformes), 잉어과(Cyprinidae)에 속하며 우리나라의 강원도 고성군의 현내면과 수동면 일대와 북한의 함흥시와 원산시 고성군 일대에 서식하는 것으로 알려져 있다(Choi *et al.*, 1990; Kim, 1997; Kim *et al.*, 2002; Choi *et al.*, 2021). 버들가지는 서식 범위가 좁고 개체수가 많지 않아 환경부 멸종위기종으로 지정되었는데, 1996년 처음으로 특정야생동·식물에 지정되었고 이후 1998년에 해제되었으며, 다시 2012년 멸

종위기 야생생물 II급으로 지정되어 유지되고 있다(ME, 1996, 1998, 2005, 2012, 2017, 2022). 또한 멸종위협 평가로 2011년 적색자료집에 위기(CR)으로(NIBR, 2011), 2019년 적색자료집에 위기(EN) 등급으로 평가되었고(NIBR, 2019), Choi *et al.* (2021)에 의해 분포양상과 멸종위협 평가에 대해 연구되면서 성숙개체수가 1,000개체 이하이고 적은 출현범위 및 점유면적, 지소수 등으로 취약(VU)으로 평가된 바 있다.

멸종위기종의 체계적인 보존을 위해서는 멸종위협에 대한 정확한 평가가 진행되어야 하고(Ko *et al.*, 2018a, 2018b, 2019, 2020; Choi *et al.*, 2021), 이들의 서식분포특성과 서식지 특징, 연령, 산란특성, 섭식생태 등의 기초 생태학적 연구와 유전학적 연구, 인공증식 기술 개발 등의 다양한 연구가 필요하며, 이러한 다양한 연구를 통해 종합적이며 체계적인 보존방안을 수

저자 직위: 고명훈(소장), 한미숙(대표이사), 서형수(전임연구원)
*Corresponding author: Myeong-Hun Ko Tel: 82-70-7370-6612, hun7146@gmail.com

립·진행하여야 한다(ME, 2009, 2011, 2018; MLTM, 2010, 2011, 2012). 하지만 버들가지에 대한 연구는 서식지역이 모두 DMZ 민간인통제선 이북지역에 속하기 때문에 출입이 제한되어 DMZ 생태조사에 따른 출현기록(BCP, 1974; Jeon, 1987; Son and Jeon, 1991; Jeon and Hwang, 1992; Jeon *et al.*, 1995; KFS, 2000; NIER, 2001, 2012; NFRI and ME, 2004; NIE, 2014, 2015, 2019)과 간략한 생태특성(Uchida, 1939; Choi *et al.*, 1990; Kim, 1997)에 대해서만 보고되었으며, 최근 Choi *et al.* (2021)은 서식환경과 전장빈도분포도를 통해 연령을 추정할 수 있으나 1회 조사로 한계가 있었다.

연구가 진행된 송현천은 휴전선 아래 위치한 독립하천으로 강원도 고성군 현내면에 위치하며 하천 전체가 DMZ 민간인통제선 이북지역에 속한다(Kwater, 2007). 송현천은 고진동과 더불어 버들가지의 최대 서식지이며 하천 전체에 넓게 서식하는 것으로 보고되었다(BCP, 1974; Son and Jeon, 1991; KFS, 2000; Choi *et al.*, 2021).

따라서 본 연구에서는 멸종위기종 버들가지의 보존을 위한 연구의 일환으로 버들가지가 집단으로 서식하는 송현천에서 서식지 특징과 성장 및 연령, 산란기 특징 등의 생활사를 밝히고 근연종들과 비교·논의하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 조사 지점 및 시기

버들가지는 환경부지정 멸종위기 야생생물 II급으로 지정된 어류이기 때문에 채집은 원주지방환경청의 포획허가(제2022-07호, 제2022-36호)를 받은 후 군부대의 출입허가를 받아 실시하였다. 조사는 버들가지 집단서식지로 보고된(Choi *et al.*, 2021) 강원도 고성군 현내면의 송현천(Fig. 1)에서 상류부터 하류까지 1~1.5 km 간격으로 아래와 같이 4개 지점을 선정하여 2022년 1차(4월 25일), 2차(5월 30일), 3차(6월 20일), 4차(7월 29일), 5차(8월 22일), 6차(9월 27일), 7차(10월 24일)까지 매달 조사하였다.

- St. 1. 강원도 고성군 현내면 송현리
(38°33'33.12"N, 128°21'24.75"E)
- St. 2. 강원도 고성군 현내면 송현리
(38°33'49.23"N, 128°22'18.65"E)
- St. 3. 강원도 고성군 현내면 사천리
(38°34'7.64"N, 128°22'40.04"E)
- St. 4. 강원도 고성군 현내면 송현리
(38°34'13.05"N, 128°23'29.06"E)

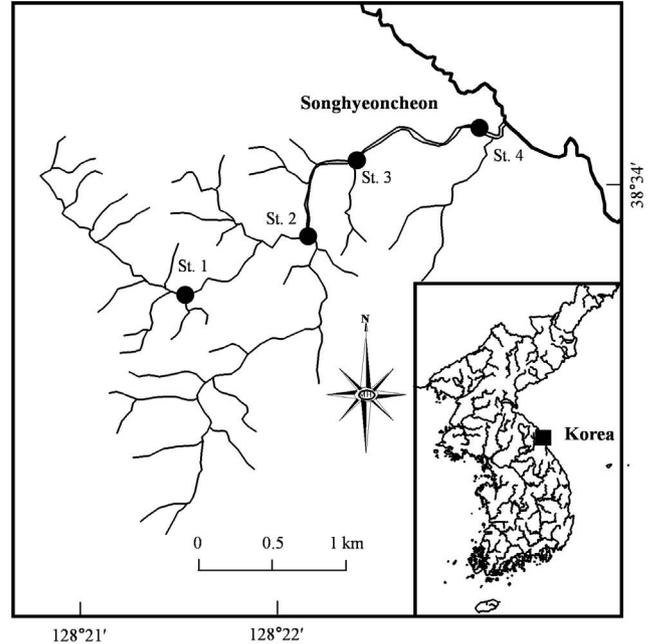


Fig. 1. Study station of Songhyeoncheon, Hyeonnae-myeon, Go-seong-gun, Gangwon-do, Korea.

2. 채집 방법

버들가지의 채집은 족대(망목 1×1, 4×4 mm)를 사용하였으며, 채집된 개체는 마취제 MS-222 (Sindal, Canada)로 마취하여 전장과 체중, 성비 등을 조사하였으며, 일부 생식소 분석이 필요한 개체만 10% 포르말린에 고정하고 그 외 모든 개체는 바로 분류하였다. 동소출현종은 족대(망목 4×4 mm)와 투망(망목 6×6 mm)을 사용하여 채집하였고, 동정은 Kim *et al.* (2005)과 Kim and Park (2007) 등에 따라, 분류체계는 Nelson (2006)을 따랐다.

3. 서식지 환경

송현천의 수문학적 환경은 하폭과 유폍, 수심, 하상구조, 하천형, 고도, 하천차수 등을 조사하였는데, 하상구조는 Cummins (1962), 하천형은 Kani (1944)의 방법을 사용하였고, 고도는 Google Earth (Google Earth Pro, USA)의 정보를 이용하였으며, 하천차수(stream order)는 축척 1 : 120,000 기준으로 계산하였다. 이화학적 환경은 기온과 수온, 전기전도도(conductivity), 염도(salinity), pH, 용존산소량(DO, dissolved oxygen) 등을 다항목 수질측정기(HI-9828, SLTECH, Romania)와 디지털온도계(T-250A, ASAHI, Japan)를 사용하여 매달 12시를 기준으로 측정하였다.

4. 성장 및 연령, 산란기 특징

성장 및 연령 추정은 4월부터 10월까지 매달 채집된 개체를

근거로 전장빈도분포도(Ricker, 1971)를 작성하여 성장 및 연령을 분석하였다. 성비는 생식소가 성숙하여 암·수가 구별되는 4월부터 7월까지 계산하였으며 χ^2 검정을 통하여 성비 1:1 유의성을 확인하였다. 산란기는 비만도지수(condition factor, BW/TL³ × 10⁵)와 월별 출현 치어의 크기를 감안하여 추정하였는데, 비만도지수는 매달 3년생 이상인 전장 70~110 mm 개체를 암컷과 수컷으로 나누어 각각 10~15개체를 전장과 체중을 측정·계산하여 작성하였다. 산란기 특징인 생식소성숙도(Gonadosomatic index, GSI)와 포란수, 성숙란 크기는 5월에 채집된 개체 중 산란하지 않은 암컷과 수컷 각각 10개체를 고정하여 조사하였는데, 개체별 성숙란 크기는 30개의 난을 0.01 mm까지 측정하여 평균값을 계산하였다.

결 과

1. 서식지 특징

송현천의 서식지 환경은 Table 1과 같다. St. 1, 3은 주변이 산과 농경지로 이루어져 있었으나 St. 2는 대부분 산으로, St. 4는 농경지로 이루어져 있어 차이를 보였다. 수문학적 환경에서는 St. 1이 1차 하천으로 하폭 10~13 m, 유폭 3~5 m로 좁았고, St.

2~4는 2차 하천으로 하류로 가면서 점차적으로 하폭과 유폭이 증가하여 St. 4는 유폭 10~15 m로 가장 넓었다. 수심은 0.3~1.5 m로 비교적 유사하였으며, 하천형은 St. 1, 2는 계류형, St. 3은 상류형, St. 4는 하류형이었다. 하상은 St. 1, 2가 큰돌(boulder, 50~60%), 돌(cobble, 30%), 자갈(pebble, 10~20%) 순으로 큰 돌과 돌의 비율이 높았고, St. 3은 돌(40%), 자갈(30%), 큰돌(20%), 잔자갈(gravel, 10%) 순으로 돌과 자갈의 비율이 높았으며, St. 4는 모래(sand, 60), 펄(mud, 20%), 돌(10%), 자갈(10%) 순으로 모래의 비율이 가장 높았다. 이화학적 환경에서는 지점별로 수온과 pH는 비교적 유사하게 나타났으나 전기전도도와 염도는 St. 1~3이 각각 50~70 $\mu\text{s}/\text{cm}$, 0.03‰로 낮았으나 St. 4는 전기전도도 $130 \pm 147.7 \mu\text{s}/\text{cm}$, 염도 $0.06 \pm 0.07\text{‰}$ 로 다른 지점에 비해 높게 나타나 일부 해수가 유입된 것으로 추정되었고, 반대로 용존산소량은 St. 1~3이 평균 9~10 mL로 약간 높았으나 St. 4는 8.05 ± 2.09 로 약간 낮게 나타났다. 조사지역은 전체적으로 특별한 교란요인이 없었으나 St. 3의 하방은 6월에 하천정비 공사가 이루어지면서 서식지가 평탄화되었다.

2. 버들가지 서식범위 및 동소출현종

송현천 4개 지점을 4월부터 10월까지 7회 조사를 실시하였다. 버들가지는 모든 지점에서 서식하였는데, St. 2 (908개체),

Table 1. Physicochemical and hydrological environments at the study stations in Songhyeongcheon, Hyeonnae-myeon, Goseong-gun, Gangwon-do, Korea, April to October, 2022

Items	Stations			
	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4
River width (m)	10~13	15~20	30~35	25~30
Water width (m)	3~5	3~5	5~10	10~15
Water depth (m)	0.3~1.2	0.3~1.2	0.3~1.5	0.3~1.5
Altitude (m)	110	36	24	5
River types*	Aa	Aa	Aa-Bb	Bb
Stream order	1	2	2	2
M				20
S				60
Bottom substratum (%)**			10	
G				
P	20	10	30	10
C	30	30	40	10
B	50	60	20	
Water temperature (°C)	17.4 ± 2.13	17.3 ± 2.84	17.4 ± 3.03	17.7 ± 3.41
Conductivity ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	62 ± 5.9	57 ± 6.2	61 ± 4.8	130 ± 147.7
Salinity (‰)	0.03 ± 0.00	0.03 ± 0.01	0.03 ± 0.00	0.06 ± 0.07
DO (mg/L)	9.51 ± 3.09	9.95 ± 3.44	9.15 ± 3.06	8.05 ± 2.09
pH	6.30~7.48	6.52~7.26	6.40~7.33	6.52~7.75
Etc***			RW	

*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) - modified Cummins (1962). ***RW: disturbance of habitat by river work.

Table 2. List of fish species and number of fish collected in Songhyeongcheon, Hyeonnae-myeon, Goseong-gun, Gangwon-do, Korea, April to October, 2022

Scientific and Korean name	Stations				Total	RA (%) [*]	Etc ^{**}
	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4			
Petromyzontiformes 칠성장어목							
Petromyzontidae 칠성장어과							
<i>Lethenteron reissneri</i> 다목장어			12	1	13	0.19	En-II, L
Cypriniformes 잉어목							
Cyprinidae 잉어과							
<i>Pungtungia herzi</i> 돌고기			33		33	0.48	
<i>Rhynchocypris steindachneri</i> 버들개	914	1,235	819	832	3,800	55.49	
<i>Rhynchocypris semotilus</i> 버들가지	606	908	147	3	1,664	24.30	En-II, E, C
<i>Tribolodon hakonensis</i> 황어				5	5	0.07	
Balitoridae 종개과							
<i>Lefua costata</i> 쌀미꾸리	34	17	24	6	81	1.18	
Cobitidae 미꾸리과							
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i> 미꾸리	16		14	9	39	0.57	
<i>Iksookimia pacifica</i> 북방종개	7	33	108	336	484	7.07	E
Osmeriformes 바다빙어목							
Osmeridae 바다빙어과							
<i>Plecoglossus altivelis</i> 은어				10	10	0.15	Di
Salmoniformes 연어목							
Salmonidae 연어과							
<i>Oncorhynchus keta</i> 연어	1			8	9	0.13	An
<i>Oncorhynchus masou masou</i> 산천어/송어		8	2	2	12	0.18	L
Mugiliformes 승어목							
Mugilidae 승어과							
<i>Chelon haematocheilus</i> 가승어				62	62	0.91	
Gasterosteiformes 큰가시고기목							
Gasterosteidae 큰가시고기과							
<i>Gasterosteus aculeatus</i> 큰가시고기				1	1	0.01	An
<i>Pungitius kaibarae</i> 잔가시고기	70	1	61	106	238	3.48	
Scorpaeniformes 썸뱅이목							
Cottidae 독중개과							
<i>Cottus hangiongensis</i> 한독중개	23	5	5	12	45	0.66	En-II
Perciformes 농어목							
Gobiidae 망둑어과							
<i>Gymnogobius urotaenia</i> 꼭저구	2	8	20	199	229	3.34	
<i>Tridentiger brevispinis</i> 민물검정망둑				14	14	0.20	
<i>Rhinogobius brunneus</i> 밀어	24	40	22	23	109	1.59	
Number of species	10	9	12	17	18		
Number of individuals	1,697	2,255	1,267	1,629	6,848		

^{*}RA: relative abundance (%), ^{**}E: Korean endemic species, En-II: endangered species II, C: climate-sensitive species; L: land-locked form, An: andromous species; Di: diadromous species.

St. 1 (606개체), St. 3 (147개체), St. 4 (3개체) 순으로 많이 채집되었으며, 주로 중·상류의 큰돌과 돌이 많은 지역 또는 달뿌리 풀 *Phragmites japonica* Steud. 등의 수생식물이 있는 느린 여울(run) 및 소(pool) 지역에 주로 서식하고 있었다.

동소출현종은 8목 10과 18종 6,848개체가 채집되었다 (Table 2). 출현종 중 우점종은 버들개 (55.5%), 아우점종은 버들가지 (24.3%)였으며, 그 다음으로 북방종개 *Iksookimia pacifica* (7.1%), 잔가시고기 *Pungitius kaibarae* (3.5%), 꼭저

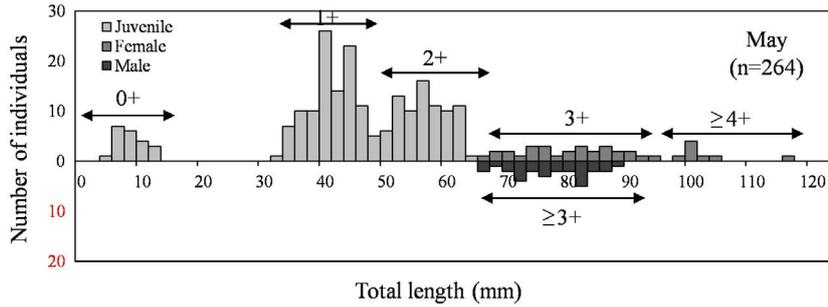


Fig. 2. Frequency distribution of the total length of juvenile, female and male of *Rhynchocypris semotilus* in Songhyeoncheon, Korea, May, 2022.

구 *Gymnogobius urotaenia* (3.3%), 밀어 *Rhinogobius brunneus* (1.6%), 쌀미꾸리 *Lefua costata* (1.2%) 등의 순으로 우세하게 출현하였다. 출현종 중 환경부지정 멸종위기 야생생물은 II 급에 지정된 버들가지, 다묵장어 *Lethenteron reissneri*, 한독중개 *Cottus hangiongensis* 3종이 출현하였고, 한국고유종은 버들가지, 북방중개 2종이, 회유성 어종은 소하성 어류인 황어 *Tribolodon hakonensis*와 연어 *Oncorhynchus keta*, 큰가시고기 *Gasterosteus aculeatus* 3종이, 양측회유성 어류인 은어 *Plecoglossus altivelis* 1종 등 4종이 확인되었다. 또한 육봉형 어류는 다묵장어와 산천어 *Oncorhynchus masou masou* 2종이, 기후변화 민감종은 버들가지 1종이 채집되었다.

3. 성장 및 연령

산란이 시작되는 5월의 버들가지의 치어와 암컷, 수컷의 전장 빈도분포도는 Fig. 2와 같이 나타났다. 당년생부터 만 2년생까지는 생식소가 성숙되지 않아 암·수가 구별되지 않았으나 만 3년생 이상은 생식소가 성숙되어 외형으로 구별되었으며, 전장은 암컷이 66~91 mm는 만 3년생, 92~116 mm는 만 4년생 이상으로, 수컷은 66~89 mm는 만 3년생 이상으로 추정되었다. 따라서 전장은 2년생까지는 암·수가 유사하나 3년생 이상에서 약간의 차이를 보였으며, 산란기 외에는 암·수를 구별할 수 있는 성적이형이 없기 때문에 암·수를 합쳐 월별 전장빈도분포도를 작성하였다.

당년생 치어는 5월에 전장 4~12 (8.5±2.18) mm로 처음 채집되었으며, 6월 8~23 (16.1±3.53) mm, 7월 16~34 (26.1±4.67) mm, 8월 22~36 (29.4±3.73) mm, 9월 28~42 (37.0±4.03) mm로 빠른 성장을 보였으나 10월 30~46 (39.3±4.26) mm로 점차 둔화되었다. 4월의 첫 번째 그룹인 전장 30~45 mm 치어는 10월의 당년생 치어 전장범위와 거의 유사하였고, 5월에 32~49 mm로 성장하여 만 1년생이 되었으며, 6월 34~53 mm, 7월 38~57 mm, 8월 38~59 mm, 9월 44~63 mm, 10월 46~67 mm로 급격한 성장을 보였다. 2년생 이상의 연령군도 공통적으로 5월부터 9월까지 급격한 성장을 보였으나 10월 이후는 수온이 13°C 이

Table 3. The sex ratio of *Rhynchocypris semotilus* in Songhyeoncheon, Korea, April to October, 2022

Month	Juvenile	Female	Male	Total	Sex ratio (♂/♀)	χ ²
Apr.	157	24	21	202	0.88	0.20
May	204	33	27	264	0.82	0.60
Jun.	211	59	44	314	0.75	2.18
Jul.	143	45	34	222	0.76	1.53
Total	715	161	126	1,002	0.78	4.27

The critical value for χ² goodness-of-fit test of equal numbers of females and males (1 df) at 95% significance is 3.84.

하로 내려가면서 성장이 둔화되었다. 연령은 산란기가 시작되는 5월을 기준으로 추정하면, 4~12 mm는 당년생 치어, 32~49 mm는 만 1년생, 50~65 mm는 만 2년생, 66~91 mm는 만 3년생, 92~116 mm는 만 4년생 이상으로 추정되었다(Fig. 3).

4. 성비

4월부터 10월 중 생식소가 성숙하여 암·수가 구별되는 달은 4월부터 7월까지 4개월이었고(Table 3) 그 외의 달은 암·수가 구별되지 않았다. 4월부터 7월까지 채집된 암컷은 161개체, 수컷은 126개체로 성비(♂/♀)는 0.78이고 암·수 간의 성비는 유의한 차이를 보여 1:1이 아니었다(χ²>3.84, P<0.05). 하지만 월별로는 4월부터 7월까지 모두 유의한 차이를 보이지 않아 1:1이었다(χ²<3.84, P>0.05).

5. 산란기 및 산란기 특징

1) 산란기 추정

산란기는 비만도지수(×10⁵)를 매달 조사하여 변화양상을 관찰하고 당년생 치어의 크기를 조사하여 추정하였다(Fig. 4). 4월에 비만도지수는 암컷 1.10±0.11, 수컷 1.02±0.09로 낮았으며 산란을 한 개체는 채집되지 않았다. 5월에 비만도지수는 암컷

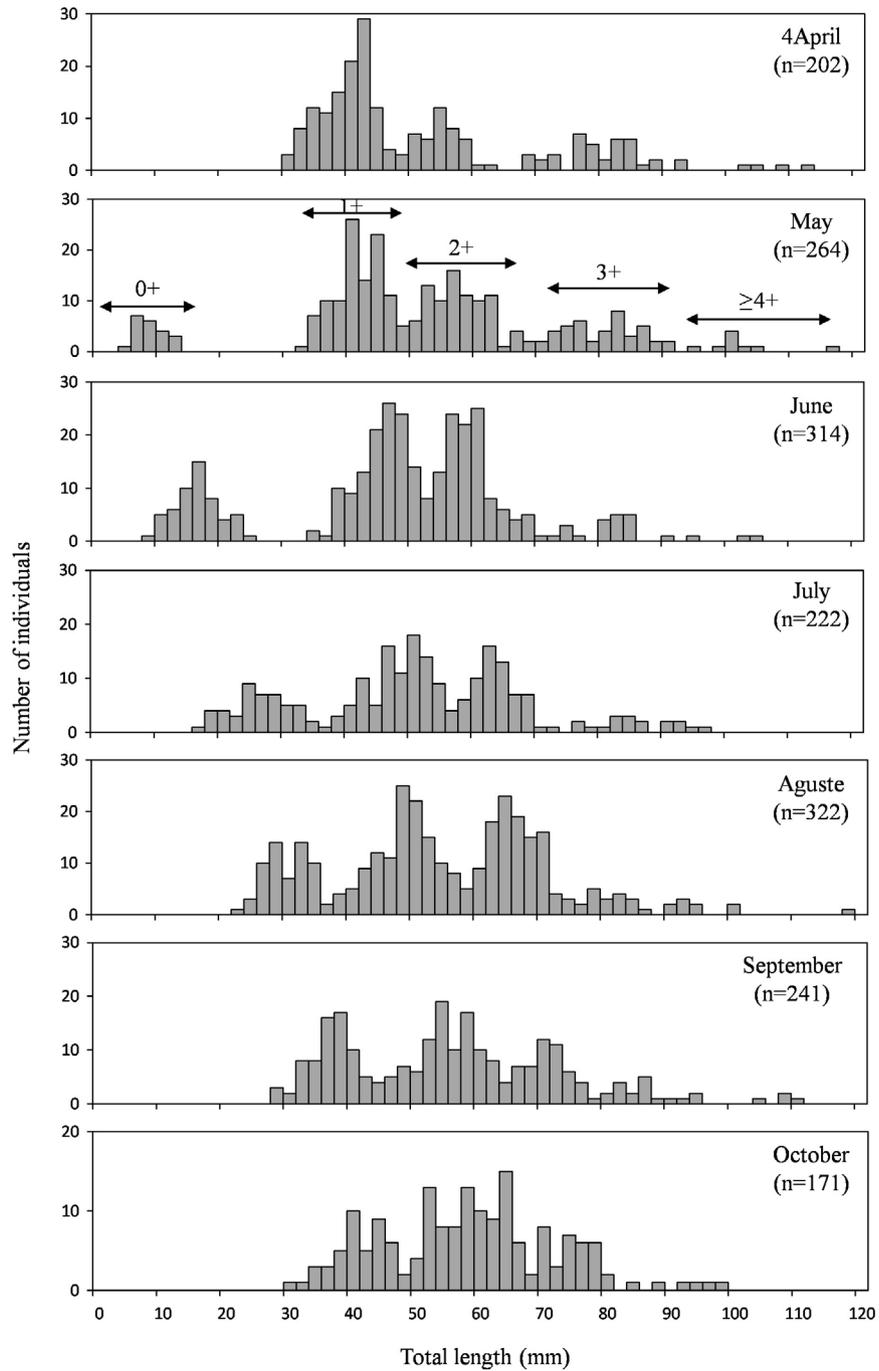


Fig. 3. Total length frequency distribution of *Rhynchocypris semotilus* in Songhyeoncheon, Korea, April to October, 2022.

1.24±0.09, 수컷 1.21±0.08로 정점을 보였고 일부 개체는 산란이 진행되었으며 전장 4~12 mm (n=21)의当年생 치어가 채집되었다. 6월의 비만도지수는 암컷 1.04±0.09, 수컷 0.98±0.10으로 급격히 감소하였고当年생 치어는 8~23 mm (n=27)였다. 7월의 비만도지수는 암컷 1.00±0.06, 수컷 0.99±0.06이고当年생 치어는 16~34 mm (n=47)였다. 따라서 채집 시기 및 비만

도지수,当年생 치어의 크기 등으로 볼 때 산란기는 5월부터 7월까지이고 산란성기는 5월 말부터 6월 말까지로 판단되었으며, 산란기의 수온은 17~21°C(기온 20~31°C)였다.

2) 포란수 및 난경

버들가지 성어의 생식소성숙도와 포란수, 성숙란의 크기는

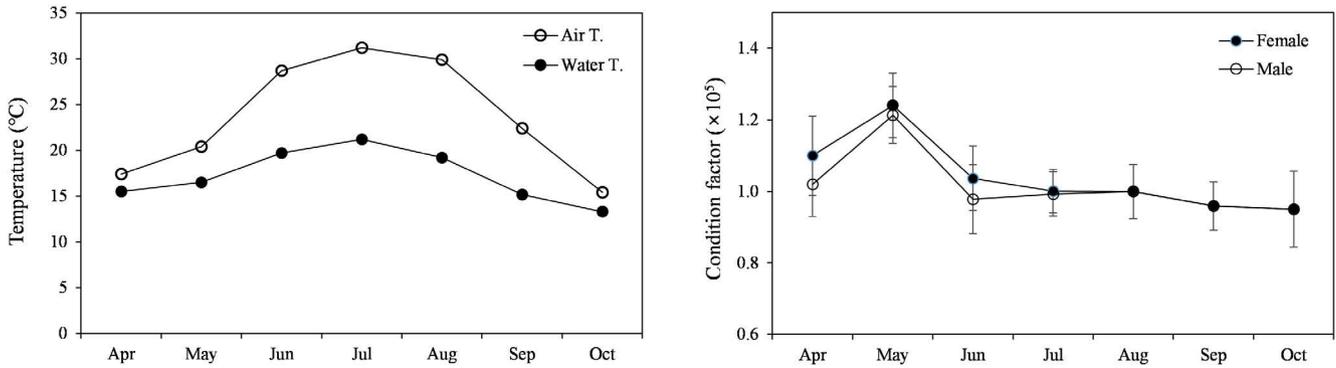


Fig. 4. Change in temperature and Condition factor ($\times 10^5$) of *Rhynchocypris semotilus* in Songhyeoncheon, Korea, April to October, 2022.

Table 4. Gonadosomatic index, Fecundity and mature egg size of *Rhynchocypris semotilus* in Songhyeoncheon, Korea, May, 2022

	No.	Total length (mm)	Body weight (g)	Gonadosomatic index (%)	Fecundity	Mature egg size (mm)
Male	1	67.2	3.7	6.18		
	2	70.5	4.3	6.91		
	3	72.2	4.4	8.49		
	4	74.8	4.9	4.93		
	5	78.7	6.0	10.43		
	6	80.7	6.0	13.21		
	7	81.1	6.8	7.18		
	8	84.9	6.9	7.57		
	9	85.0	7.3	7.67		
	10	90.0	8.4	9.29		
	Average	78.5 \pm 7.24	5.87 \pm 1.51	8.19 \pm 2.34		
Female	1	75.7	5.9	8.70	4,895	1.22 \pm 0.07
	2	79.8	7.5	13.67	8,328	1.52 \pm 0.07
	3	82.6	8.7	6.66	4,756	1.22 \pm 0.10
	4	84.3	8.6	14.02	9,050	1.49 \pm 0.09
	5	86.5	8.2	12.30	8,734	1.41 \pm 0.12
	6	87.1	10.1	11.69	4,177	1.50 \pm 0.07
	7	87.4	9.3	6.91	7,257	1.09 \pm 0.06
	8	96.1	12.7	10.04	5,723	1.39 \pm 0.11
	9	104.6	17.4	14.54	6,079	1.46 \pm 0.11
	10	105.7	18.4	8.03	9,303	1.15 \pm 0.10
	Average	99.0 \pm 10.06	10.7 \pm 4.21	10.66 \pm 2.99	6,830 \pm 1,943	1.34 \pm 0.16

Table 4와 같다. 생식소는 만 3년생 이상인 개체에서 성숙하였으며, 생식소성숙도 (GSI)는 수컷 8.2 \pm 2.34% (n = 10), 암컷 10.7 \pm 2.99%였다. 포란수는 3년생 6,742 \pm 2,082개 (n = 7), 4년생 이상 7,035 \pm 1,972개 (n = 3)로 평균 6,830 \pm 1,943개 (n = 10)였다. 난은 균일하지 않고 산란기가 길어 다회산란을 하는 것으로 추정되었으며 성숙란의 크기는 1.34 \pm 0.16 (1.2~1.5) mm (n = 10)였다.

고찰

과거 송현천에 서식하는 어류상 조사는 DMZ 생태계조사의 일환으로 시행되었고, 지점은 1~7개, 조사횟수는 대부분 연 1~2회로 적었으며, 출현한 어류는 3~15종이 출현한 바 있다 (Table 5). 본 조사는 4월부터 10월까지 4개 지점을 선정, 7회 조사를 실시하여 10과 18종이 채집되어 가장 많은 종수를 확인하였다. 이

Table 5. Historical record of ichthyofauna in the Songhyeoncheon, Korea from 1974 to 2022

	BCP (1974)	Jeon (1987)	Son and Jeon (1991)	Jeon and Hwang (1992)	KFS (2000)	NIER (2001)	NFRJ and ME (2004)	Jang and Yoon (2008)	NIE (2014)	NIE (2015)	Choi <i>et al.</i> (2021)	Present study (2022)
Number of surveys	1	2	2	1	5	1	4	1	1	1	1	7
Number of survey stations	2	2	1	2	3	7	2	1	3	2	4	4
Petromyzontiformes 칠성장어목												
Petromyzontidae 칠성장어과												
<i>Lethenteron reissneri</i> 다복장어						1	4				3	13
<i>Lethenteron japonicus</i> 칠성장어	0											
Cypriniformes 잉어목												
Cyprinidae 잉어과												
<i>Carassius auratus</i> 붕어							1	1		1		
<i>Pungtungia herzi</i> 돌고기											2	33
<i>Rhynchocypris stielodachneri</i> 버들개	42	0	15	8	118	200	147	1	155	32	118	3,800
<i>Rhynchocypris semotilus</i> 버들가지	61	0	63	35	244	7	25		17	19	130	1,664
<i>Tribolodon hakonensis</i> 황어									3			5
Balitoridae 종개과												
<i>Lefua costata</i> 참미꾸리	3	0				32	24	3	8	14	6	81
Cobitidae 미꾸리과												
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i> 미꾸리		0				63	9	3	5	10	7	39
<i>Misgurnus mizolepis</i> 미꾸라지							2					
<i>Issookimia koreensis</i> 참종개							1					
<i>Issookimia pacifica</i> 북방종개					4	9	2	1	1	7	8	484
Osmeriformes 바다빙어목												
Osmeridae 바다빙어과												
<i>Plecoglossus altivelis</i> 은어	1	0			1		1	40	1		10	10
Salmoniformes 연어목												
Salmonidae 연어과												
<i>Oncorhynchus keta</i> 연어												9
<i>Oncorhynchus masou masou</i> 산천어/송어				0	11	8	47		6		1	12
Mugiliformes 송어목												
Mugilidae 송어과												
<i>Chelon haematodes</i> 가송어												62
Gasterosteiformes 큰가시고기목												
Gasterosteidae 큰가시고기과												
<i>Gasterosteus aculeatus</i> 큰가시고기								1				1
<i>Pungitius kaibarae</i> 잔가시고기		0			5	198	72	7	57	30	7	238
Scorpaeniformes 송쟁어목												
Cottidae 독종개과												
<i>Cottus koreanus</i> 독종개					11							
<i>Cottus hangjongsensis</i> 흰독종개	8	0	33	12	4		2		1	1	1	45
Perciformes 농어목												
Gobiidae 광복어과												
<i>Gymnogobius urotaenia</i> 폭치구	4	0			68	18	7	47	12	3	5	229
<i>Gymnogobius oppertensis</i> 무늬폭치구					64							
<i>Gymnogobius petschiliensis</i> 검정폭치구					72							
<i>Tridentiger brevispinis</i> 민물검정망둑								1				14
<i>Rhinogobius brunneus</i> 밀어	2	0			16	1			10		11	109
<i>Rhinogobius giurinus</i> 갈문망둑							2					
Number of species	7	11	3	4	12	10	15	10	12	9	13	18
Number of individuals	121	-	111	55	618	537	344	105	276	117	309	6,848

Table 6. Comparison of the life history characteristics of *Rhynchocypris* and *Phoxinus* in Korea

Characteristics	<i>R. semotilus</i>	<i>R. oxycephalus</i>	<i>R. steindachneri</i>	<i>R. kumgangensis</i>	<i>P. phoxinus</i>
Habitat range	Uppermost-middle	Uppermost-upper	Uppermost-upper	Uppermost	Uppermost-upper
Bottom structure	Rock and boulder, aquatic plant	—	—	Boulder and cobble	Boulder and cobble
Age	≥4	≥3	≥4	≥4	≥4
Sex ratio (♂/♀)	0.79	—	—	0.75	0.86
Spawning period	May~June	April~May	May~June	April~May	April~July
Fecundity	6,830 ± 1,943	—	—	1,616 ± 481	508 ± 172
Egg diameter (mm)	1.34 ± 0.16	1.7~2.0	—	—	1.58 ± 0.13
Etc	C	—	—	C	C
Reference	Present study	Uchida, 1939	Choi <i>et al.</i> , 1990	Song, 2000	Byeon, 2019

C: climate-sensitive species

러한 결과는 본 조사가 송현천 최상류부터 하류까지 조사 지점을 선정하고 선행조사보다 조사횟수가 많았기 때문에 판단된다. 송현천은 환경부지정 멸종위기 야생생물 II급으로 버들가지, 다목장어, 한독중개 3종과 회유성 어류 연어, 황어, 큰가시고기, 은어 4종, 육봉형 어류로 다목장어와 산천어 2종 등 다양한 어류가 서식하고 있어 보존가치가 높은 것으로 판단되었다. 특히 송현천은 고진동과 더불어 버들가지의 최대 서식지이고(Choi *et al.*, 2021), 다목장어와 한독중개는 소수 출현하였지만 다목장어의 경우 한강권역에 급격히 감소하는 것으로 보고되었고(Ko *et al.*, 2013) 한독중개도 최근 서식지 및 개체수가 급격히 감소하고 있는 것으로 보고되었기 때문에(Ko *et al.*, 2018a) 이들의 출현은 매우 주목되었다. 또한 선행조사에서 칠성장어 *L. japonicus*의 서식도 보고된 바 있으나(KFS, 2000) 본 조사에서는 확인되지 않았다.

버들가지의 생활사 특징은 잉어과(Cyprinidae), 황어아과(Leuciscinae)에 속하는 버들치속(*Rhynchocypris*)과 연준모치속(*Phoxinus*) 어류와 비교하였다(Table 6). 고진동과 오소동에 서식하는 버들가지는 주로 최상류부터 중류지역에 서식하고 있어(Choi *et al.*, 2021) 버들치(Uchida, 1939)와 금강모치(Song, 2000), 연준모치(Byeon, 2019), 버들개(Choi, *et al.*, 1990)와 비교적 비슷하였으나, 송현천에 서식하는 버들가지는 최상류부터 하류까지 전 지역에 서식하고 있어 차이를 보였다. 하상구조에 있어서는 송현천의 버들가지가 주로 바위나 큰돌, 수생식물 지역(주로 달뿌리풀)에 서식하여 바위나 큰돌, 돌에 주로 서식하는 금강모치, 연준모치와 일부 유사하였으며, 송현천의 버들개는 본 조사에서 큰돌이나 바위보다는 수생식물 지대에 대부분 서식하고 있어 본 종과 서식지 차이를 보였다.

연령은 전장빈도분포도로 볼 때, 버들가지는 4년생 이상으로 추정되어 버들개(Choi *et al.*, 1990)와 금강모치(Song, 2000), 연준모치(Byeon, 2019)와 유사하였으나 버들치는 3년생 이상(Uchida, 1939)으로 보고되어 약간의 차이를 보였다. 성비(♂/♀)는 0.79로 나타나 금강모치 0.75(Song, 2000)와 연준모치

0.86(Byeon, 2019)과 비교적 유사하였다.

버들가지의 산란기는 Uchida(1939)와 Choi *et al.*(1990), Kim(1997)에 의해 4~5월로 추정된 바 있으나 본 조사 결과 산란기는 5~7월(산란성기 5월 말~6월 말)로 추정되어 차이를 보였고, 근연종에서는 연준모치가 4~7월(Byeon, 2019), 버들개 5~6월(Choi *et al.*, 1990)로 본 종과 비교적 유사하였으나 버들치(Choi *et al.*, 1990)와 금강모치(Song, 2000)는 4~5월로 차이를 보였다. 버들가지는 전장이 작음에도 포란수가 6,830 ± 1,943개로 금강모치 1,616 ± 481(Song, 2000), 연준모치 508 ± 172개(Byeon, 2019)보다 월등히 많았는데, 이러한 원인은 난경이 1.34 ± 0.16 mm로 버들치 1.7~2.0 mm(Uchida, 1939), 연준모치 1.7~2.0 mm(Byeon, 2019)보다 매우 작았기 때문에 판단된다.

송현천은 민간인통제선 이북지역에 속하여 출입이 제한되어 자연환경이 잘 보존되고 있으나 2020년에는 최상류인 St. 1에, 본 조사에서는 St. 3에 하천정비공사가 일부 진행되면서 서식지가 교란되어 버들가지 서식에도 큰 영향을 주었을 것으로 판단된다. 따라서 추후 송현천의 버들가지의 안정적인 서식을 위해서는 무분별한 하천공사는 반드시 지양해야 하며 지속적인 관심을 가져야 할 것이다. 고진동과 오소동은 버들가지의 또 다른 서식지로 고도가 230~430 m로 높고 하천 최상류의 암반이나 큰돌이 있는 곳에 주로 서식하는 것으로 보고되어(Choi *et al.*, 2021) 송현천과 차이를 보인다. 따라서 추후 이들 서식지들에 대한 정밀 조사를 실시하여 공통점과 차이점 등을 비교·논의할 필요가 있으며, 또한 서식지 차이에 의한 먹이생물도 차이가 있을 것으로 추정되기 때문에 먹이생물도 각각 조사하여 비교할 필요가 있다고 판단된다.

요 약

멸종위기어류 버들가지 *Rhynchocypris semotilus*의 생태적 특징을 밝히기 위해 강원도 고성군 현내면의 송현천에서 2022

년 4월부터 10월까지 생활사를 조사하였다. 4개 지점을 선정하여 7회 조사한 결과, 동소출현종은 10과 18종이 채집되었으며, 버들가지는 아우점종이었다. 버들가지는 송현천 중·상류의 바위와 큰돌, 수생식물로 이루어진 느린 여울부와 소에 주로 서식하고 있었다. 산란이 시작되는 5월에 전장빈도분포도로 버들가지의 연령을 추정하면, 전장 4~12 mm는当年생 치어, 32~49 mm는 만 1년생, 50~65 mm는 만 2년생, 66~91 mm는 만 3년생, 92~116 mm는 만 4년생 이상으로 추정되었고, 5월부터 9월 까지 급격한 성장을 보였다. 암컷과 수컷의 전장은 비교적 유사하였고, 암·수 성비(♂/♀)는 0.78이었다. 산란기는 5월부터 7월이며(수온은 17~21°C), 생식소는 전장 66 mm 이상인 만 3년생부터 성숙하였다. 5월의 생식소성숙도(GSI)는 평균 암컷 10.6 ± 2.99%, 수컷 8.2 ± 2.34%였고, 포란수는 평균 6,830 ± 1,943개, 성숙란의 크기는 1.34 ± 0.16 mm였다. 끝으로 버들가지의 생활사 특징을 버들치속과 연준모치속 어류와 비교·논의하였다.

사 사

이 논문은 2022년 DMZ 일원 생태계 조사(NIE-수탁연구-2022-87)의 일환으로 연구되었습니다.

REFERENCES

BCP(Bureau of Cultural Property). 1974. The reports on the scientific survey of near the DMZ. The Report of the Korean Association for Conservation of Nature No. 7, 316pp.

Byeon, H.K. 2019. Ecological characteristics of *Phoxinus phoxinus* (Cyprinidae) at the spring water in Eocheon Stream, Korea. Korean J. Ichthyol., 33: 256-265.

Choi, K.C., S.R. Jeon, I.S. Kim and Y.M. Son. 1990. Coloured illustrations of the freshwater fishes of Korea. Hyangmun Publishing Co. Ltd., Seoul, 277pp.

Choi, K.S., D.K. Kim and M.H. Ko. 2021. Distribution aspects and extinction threat evaluation of the endangered species, *Rhynchocypris semotilus* (Pisces: Cyprinidae). Korean J. Ichthyol., 33: 177-183. <https://doi.org/10.35399/ISK.33.3.3>.

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., 67: 477-504.

Jang, M.H. and J.D. Yoon. 2008. The 3rd nation environment investigation. Fresh water fishes of the Myeongpa whole area. Ministry of Environment, 6pp.

Jeon, S.R. 1987. Freshwater fish fauna of near DMZ area of Kangwon-do, Korea. Kangwon-do, pp. 569-598.

Jeon, S.R. and J.S. Hwang. 1992. Report on the natural ecology survey in the near Demilitarized Zone (Civilian Control Area). Ministry of Environment.

Jeon, S.R., Y.M. Son and J.S. Hwang. 1995. '95 Precise survey report on the natural environment of the near Demilitarized Zone (Civilian Control Area) (I). Ministry of Environment, 605pp.

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

KFS (Korea Forest Service). 2000. Forest ecosystem survey comprehensive report in DMZ area and neighboring area. Korea Forestry Research Institute, Seoul, pp. 358-387.

Kim, I.S. 1997. Illustrated encyclopedia of fauna & flora of Korea, Vol. 37, freshwater fishes. Ministry of Education, Yeongi, 518pp.

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

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.

Kim, K.C., M.S. Kim, R.T. Kim, K.N. Kim, T.S. Kim, C.Y. Rim, U.I. Park and K.H. Han. 2002. Red data book of DPRK (Animal). MAB National Comiitee Academy of Sciences, DPRK, Pyeongyang, 316pp.

Ko, M.H., S.J. Moon, Y.K. Hong, G.Y. Lee and I.C. Bang. 2013. Distribution status and habitat characteristics of the endangered species, *Lethenteron reissneri* (Petromyzontiformes: Petromyzontidae) in Korea. Korean J. Ichthyol., 25: 189-199.

Ko, M.H., M.S. Han and S.M. Kwan. 2018a. Distribution aspect and extinction threat evaluation of the endangered species, *Cottus hangiongensis* (Pisces: Cottidae) in Korea. Korean J. Ichthyol., 30: 155-160.

Ko, M.H., M.S. Han and S.M. Kwan. 2018b. Distribution aspect and extinction threat evaluation of the endangered species, *Rhodeus pseudosericeus* (Pisces: Cyprinidae) in Korea. Korean J. Ichthyol., 30: 100-106.

Ko, M.H., M.S. Han and S.M. Kwan. 2019. Distribution aspects and extinction threat evaluation of the Korean endemic species, *Iksookimia pacifica* (Pisces: Cobitidae) in Korea. Korean J. Ichthyol., 31: 16-22.

Ko, M.H., M.S. Han and S.M. Kwan. 2020. Distribution status and extinction threat evaluation of the Korean endemic species, *Iksookimia yongdokensis* (Pisces: Cobitidae). Korean J. Ichthyol., 31: 16-22. <https://doi.org/10.35399/ISK.32.1.1>.

Kwater. 2007. A guidebook of rivers in South Korea. Kwater, Daejeon, 582pp.

ME (Ministry of Environment). 1996. Natural environment conservation act (No. 13254).

ME (Ministry of Environment). 1998. Natural environment conservation act (Law No. 5392).

ME (Ministry of Environment). 2005. Enforcement of wildlife laws (Law No. 7167).

ME (Ministry of Environment). 2009. Development of genetic diversity analysis, culture and ecosystem restoration techniques for endangered fish, *Iksookimia choii*. Soonchunhyang University, Asan, Korea, 537pp.

ME (Ministry of Environment). 2011. Culture and restoration res-

- earch of endangered freshwater fish (four species include *Liobagrus obesus*). Soonchunhyang University, Asan, Korea, 359pp.
- ME (Ministry of Environment). 2012. Conservation and management laws of wildlife (Law No. 10977).
- ME (Ministry of Environment). 2017. Conservation and management laws of wildlife (amendment of enforcement regulations) (Law No. 10977).
- ME (Ministry of Environment). 2018. A study on conservation plan of endangered freshwater fish (*Pseudobagrus brevicarpus*). Soonchunhyang University, Asan, Korea, 204pp.
- ME (Ministry of Environment). 2022. Conservation and management laws of wildlife (amendment of enforcement regulations) (Law No. 10977).
- MLTM (Ministry of Land & Transport and Maritime Affairs). 2010. Culture and restoration of endangered species in the major four river drainages. Soonchunhyang University, Asan, Korea, 489pp.
- MLTM (Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs). 2011. Culture and restoration of endangered species in the major four river drainages II. Soonchunhyang University, Asan, Korea, 363pp.
- MLTM (Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs). 2012. Culture and restoration of endangered species in the major four river drainages III. Soonchunhyang University, Asan, Korea, 423pp.
- Nelson, J.S. 2006. Fishes of the World. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, U.S.A., 601pp.
- NFRI (National Forest Research Institute) and ME (Ministry of Environment). 2004. Environmental ecological survey, analysis and impact assessment of the Demilitarized Zone. National Forest Research Institute and Ministry of Environment, 605pp.
- NIBR (National Institute of Biological Resources). 2011. Red data book of endangered fishes in Korea. Ministry of Environment, National Institute of Biological Resources, Incheon, 202pp.
- NIBR (National Institute of Biological Resources). 2019. Red data book of Republic of Korea, Volume 3. Freshwater fishes. Ministry of Environment, National Institute of Biological Resources, Incheon, 250pp.
- NIE (National Institute of Ecology). 2014. Ecological survey of DMZ protected areas (Eastern GOP Area). Ministry of Environment, National Institute of Ecology, Seochon, 82pp.
- NIE (National Institute of Ecology). 2015. Ecological survey of DMZ protected areas (Eastern Coast Area). Ministry of Environment, National Institute of Ecology, Seochon, 441pp.
- NIE (National Institute of Ecology). 2019. Ecological survey of Baekdudaegan protected areas (Daeganryeong~Samjaeryeong). Ministry of Environment, National Institute of Ecology, Seochon, 455pp.
- NIER (National Institute of Environmental Research). 2001. Natural ecosystem survey report of the near Demilitarized Zone (Goseong-gun). National Institute of Environmental Research, Incheon, 1410pp.
- NIER (National Institute of Environmental Research). 2012. Ecosystem survey of DMZ area. National Institute of Environmental Research, Incheon, 283pp.
- Ricker, W.E. 1971. Methods for assessment of fish production in fresh waters. IBP hand book, 3: 112-113.
- Son, Y.M. and S.R. Jeon. 1991. Freshwater fish fauna of near DMZ area of Koseong-gun, Kangwon-do, Korea. Seowon Univeirity, Collection of basic scientific research papers, Cheongju, 1991: 33-49.
- Song, H.B. 2000. Population ecology of fat minnow, *Rhynchocypris kumgangensis* (Cyprinidae) in Korea. Korean J. Ichthyol., 12: 101-110.
- Uchida, K. 1939. The fishes of Tyosen. Part I. Numatognathi, Eventognathi. Bull. Fish Exp. Sta. Gov. Gener. Tyosen, 458pp.