

한국산 냉수성 어류 새미(잉어목, 잉어과)의 분포현황 및 멸종위협평가

최광식^{1,2} · 배양섭^{2,3} · 고명훈^{1,*}

¹고수생태연구소, ²인천대학교 생명과학과, ³인천대학교 생물자원환경연구소

Distribution Status and Extinction Threat Evaluation of *Ladislabia taczanowskii* (Cypriniformes, Cyprinidae), a Cold Water Fish in Korea by Kwang-Seek Choi^{1,2}, Yang-Seop Bae^{2,3} and Myeong-Hun Ko^{1,*} (¹Kosoo Ecology Institute, Seoul 07952, Republic of Korea; ²Division of Life Sciences, Incheon National University, Incheon 22012, Republic of Korea; ³Bio-Resource and Environmental Center, Incheon National University, Incheon 22012, Republic of Korea)

ABSTRACT A distribution survey was conducted from March to August 2021 to evaluate the distribution status, habitat characteristics, and threat of extinction of the Korean cold-water fish *Ladislabia taczanowskii* Dybowski (Cypriniformes, Cyprinidae). Historical distribution reports were divided into 1997~2005, 2006~2012, 2013~2019, and distribution surveyed 169 sampling sites, and 1,040 individuals were collected from 72 sites. Areas where the habitat was confirmed were Namhan River (27 stations), Han River (17 stations), Bukhan River (16 stations), Samcheok Osipcheon (4 stations), Yeongokcheon (3 stations), Gangneung Namdaecheon (2 stations), Jeoncheon (1 station), Chucheon (2 stations). The main habitat of *L. taczanowskii* was upstream of the river with a high altitude of more than 300 m, 2~30 m water flow width, 0.3~1.5 m water depth, and high ratio (50~90%) boulder bottoms. The main reasons for the decline in population size were assumed as river works, construction of reservoirs and bridges, discharge of contaminated water into the river, the inflow of summer vacationers, and weir. Compared to our results there exists evidence that states a 36.1% reduction in occupancy within 10 years, in a small appearance range (7,820 km²) and occupancy area (288 km²), number of disconnected locations (19 locations), and a decline in habitat quality. Therefore, *L. taczanowskii* is now considered as Vulnerable (VU) based on the results (VU A2ac, Near meets B1b (i, ii, iii) + B2b (i, ii, iii)) of IUCN Red List categories and criteria. Lastly, the conservation plan of *Ladislabia taczanowskii* was discussed.

Key words: *Ladislabia taczanowskii*, cold-water fish, distribution, extinction threat evaluation

서 론

새미 *Ladislabia taczanowskii* Dybowski는 잉어목(Cypriniformes), 잉어과(Cyprinidae), 새미속(*Ladislavia*)에 속하는 저서성 소형 어류로 1869년에 Dybowski가 러시아 아무르강 유역인 Transbaikalien에서 채집된 표본을 신종 기재하였다

(Dybowski, 1869). 우리나라의 임진강, 한강, 동해안 일대에 분포하고(Kim, 1997; Kim and Park, 2007), 그 외 북한에 압록강, 청천강, 대동강, 중국의 헤이룽강, 러시아의 아무르강에 분포하는 것으로 보고되었다(Kim, 1997; Kim and Park, 2007). 새미는 북방수계의 냉수성 어류이며, 하천의 상류나 계류에 서식하면서 바위에 붙어있는 부착조류나 수서 곤충을 섭식한다(Kim and Park, 2007; NIBR, 2019; Byeon, 2020). 새미의 서식지는 다소 제한적이고 기후변화로 기온과 수온이 상승하면서 서식지는 더욱 축소되고 있으며, 무분별한 하천개발과 수질오염

저자 직위: 최광식(연구원), 배양섭(교수), 고명훈(소장)
*Corresponding author: Myeong-Hun Ko Tel: 82-70-7370-6612,
E-mail: hun7146@gmail.com

로 서식지가 파괴되어 서식지와 개체수가 급격히 감소하고 있다(Kim and Park, 2007; NIBR, 2019; Byeon, 2020). 새미의 멸종위협 등급은 우리나라 어류 적색자료집에서 2011년 준위협(Near Threatened, NT)으로(NIBR, 2011), 2019년에는 멸종위기 범주인 취약(Vulnerable, VU)으로 평가되었다(NIBR, 2019). 그 외 새미에 관한 연구는 산란 행동(Youn, 2011)과 개체군 생태(Byeon, 2020), 기생충 관련연구(Cho *et al.*, 2014), 어류상 및 어류군집의 단편적 보고만이 있을 뿐 국내·외적으로 많이 진행되지 않았으며, 새미의 정밀분포조사 및 감소 경향 등에 대한 연구는 진행되지 않았다.

야생생물들은 전 세계적으로 산업혁명 이후 급격한 인구증가와 서식지 파괴, 기후변화 등으로 인해 많은 종들의 개체수가 급격히 감소하여 멸종하거나 멸종위기에 직면해 있는 것으로 보고되고 있다(Sala *et al.*, 2000; Sutherland *et al.*, 2009; NIBR, 2011; IUCN, 2019). 우리나라 담수어류는 대형 뱀과 하구독, 보의 건설, 하천공사, 유로변경, 수질오염, 외래종의 도입 등에 의해 많은 종들이 서식지 및 개체수가 급격히 감소하거나 일부 종들은 멸종한 것으로 보고되었다(Jang *et al.*, 2006; Kwater, 2007; NIBR, 2011, 2019; Ko *et al.*, 2017, 2018b).

이에 환경부는 1989년부터 멸종위기 종들을 지정하여 보호하고 있는데, 담수어류는 1996년 24종, 1998년 12종, 2005년 18종, 2012년 25종, 2017년 24종이 지정되었으며(ME, 1996, 1998, 2005, 2012, 2017), 멸종위기 야생생물의 복원을 위한 연구와 사업, 정책이 지속적으로 이루어지고 있다(ME, 2009, 2011, 2018; MLTM, 2010, 2011, 2012; WPOE, 2017). 멸종위기 종들의 효율적인 보존을 위해서는 정확한 멸종위협 등급을 평가하여 지정하여야 하는데, 멸종위기 종의 평가기준은 불명확하고 연구자에 따라 큰 차이를 보여 논란이 되어왔다. 세계자연보전연맹(International Union for Conservation of Nature, IUCN)에서는 생물의 멸종위협 정도를 객관적으로 평가할 수 있는 적색목록 범주 및 기준지침서를 발간하였으며(IUCN, 2001), 전 세계적으로 멸종 위협이 높은 생물을 선정하고 이들 종의 분포 및 서식 현황을 수록한 적색자료집(Red Data Book)을 발간하여 해당 생물들을 보호하는 데 기여하고 있다(NIBR, 2011). 우리나라의 어류 적색목록집은 2011년에 처음 발간되었는데, 한국담수어류도감의 분포도와 전국자연환경조사, 논문 등의 자료를 토대로 서식지 감소 등을 고려해 범주를 평가하였지만, 시기별 자료 부족으로 인해 정확한 감소 경향을 파악하는 데 한계가 있었고(NIBR, 2011), 2019년에 발간된 개정판에서도 자료부족으로 인해 감소 경향보다는 출현범위 및 점유면적 등을 근거로 대상종을 평가하여 한계가 있었으며(NIBR, 2019), 본 연구종 새미의 경우는 평가기준이 누락되어 있었다. 이러한 이유로 멸종위기에 처한 종들에 대해 종별로 분포현황과 감소 경향, 원인 등을 파악하기 위한 정확한 분포조사와 분석이 실시되어 멸종위협 등급을 재평가하고 보존방안을 제시

하고 있다(Ko, 2016; Ko *et al.*, 2018a, 2018b, 2019, 2021; Choi *et al.*, 2021).

따라서 본 연구에서는 냉수성 어종인 새미의 정밀분포조사를 실시하여 분포현황 및 서식지 특징, 감소 원인 등을 밝히고, 과거출현기록과 비교하여 감소 경향을 파악하여 멸종위협 등급을 평가하고, 나아가 새미의 보존방안에 대해 논의하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 시기별 분포

새미의 시기별 분포현황은 전국자연환경조사와 백두대간보호지역 및 DMZ 생태계조사, 도감, 어류상 논문 등을 기반으로 1997~2005년, 2006~2012년, 2013~2019년으로 구분하였다. 1997~2005년은 제2차 전국자연환경조사(ME, 1997~2005)와 제2기 국립공원 자연자원조사(KNPS, 2004), 어류상 논문(Song *et al.*, 2005) 등이 있었다. 2006~2012년은 제3차 전국자연환경조사(ME, 2006~2012)와 백두대간보호지역 1차 생태계조사(NIER, 2009), 하천수생태계 현황 및 건강성 평가(NIER, 2008~2012) 등을 분석하였으며, 2013~2019년은 제4차 전국자연환경조사(ME, 2013~2018), 제5차 전국자연환경조사(Ko and Han, 2019; Song and Yoo, 2019), 백두대간보호지역 2차 생태계조사(NIE, 2017a, 2017b, 2018a, 2018b, 2019a, 2019b)와 DMZ 민통선 이북지역 생태조사(NIER, 2013; NIE, 2018c), 제3기 국립공원 자연자원조사(KNPS, 2013, 2015), 하천 수생태계 현황 및 건강성 평가(NIER, 2013~2017) 등을 분석하여 정리하였다.

2. 정밀분포조사

1) 지점 선정

정밀분포조사는 과거 출현지점과 출현이 예상되는 지점을 중심으로 한강수계는 임진강, 북한강, 남한강, 동해안 독립수계는 강릉남대천, 전천, 연곡천, 삼척오십천, 마읍천, 추천 등에 169개 지점을 선정하였고, 지점 간 거리는 IUCN(2001)의 권고 격자(2×2 km)를 고려하여 2~5 km 간격으로 선정하였으며, 일부 DMZ 이북지역의 출현지점은 출입이 제한되어 조사지점에서 제외시켰다.

2) 분포조사

조사는 2021년 3월부터 8월까지 족대(망목 4×4 mm)와 투망(망목 6×6 mm), 수중관찰 등을 이용하여 확인하였으며, 채집된 어류는 현장에서 종과 개체수를 확인한 후 바로 방류하였다. 서식지 환경은 하천형과 하상구조, 하폭, 유속, 수심, 고도, 교란요인 등을 조사하였고, 하천형은 Kani(1994), 하상구조

는 Cummins (1962)에 따라 현장에서 육안으로 구분하였다. 하폭, 유폍, 수심은 조사구간 내에서 최소 및 최대거리(수심)를 줄자와 거리 측정용 망원경(Yardage pro Tour XL, BUSHNELL, Japan)을 사용하였고, 고도는 Google Earth의 지점별 고도를 사용하였다(Google Earth pro, US).

3. 연령추정 및 생식소 성숙

새미의 1세대를 파악하기 위해 새미의 연령 추정 및 생식소 성숙을 조사하였다. 조사는 2020년 5월과 6월에 강원도 인제군 기린면 진동리 진동계곡에서 실시하였고, 채집된 새미는 마취제(MS-222, Canada)로 마취하여 전장(Total length)을 측정한 후 방류하였으며, 전장빈도분포도를 작성하여 연령을 추정하였다. 생식소 성숙 연령은 암컷의 복부 외형 및 수컷의 정액번비 등을 확인하여 추정하였다. 조사된 연령별 생식소 성숙을 고려하여 1세대 길이를 추정하였고, 최종 3세대 길이를 파악하였다.

4. 멸종위협 등급평가

멸종위협 등급은 IUCN (2001) 적색목록 범주와 기준지침서를 근거로 과거 문헌과 본 조사 결과를 비교하여 평가기준 A(개체군 크기 감소)와 기준 B(출현범위 및 점유면적, 조각화 및 지소 수 등) 등을 계산하여 멸종위협 등급을 평가하였고, 기준 C(소개체군 크기 및 쇠퇴)와 기준 D(극소 또는 제한된 개체군), 기준 E(정량적 분석)는 본 연구의 평가방법으로 적합하지 않아 제외하였다.

결과 및 고찰

1. 시기별 분포현황

1) 1997~2005년 출현기록

새미는 제2차 전국자연환경조사에 따르면 한강수계에서는 임진강의 한탄강, 영평천, 도평천 등 10개 지점, 북한강의 계방천, 내린천, 방태천, 서천, 인북천, 조향천, 파포천 등 11개 지점, 남한강의 골지천, 임계천, 조양강, 흥전천, 오대천, 척천 등 15개 지점에서 서식이 확인되었고, 동해안 독립수계에서는 삼척오십천 4개 지점, 마음천 4개 지점 등으로 총 44개 지점에서 출현하였다(ME, 1997~2005). 제2기 국립공원 공원자원조사에 따르면 오대천 4개 지점, 연곡천 3개 지점, 내린천, 척천, 오대천 각각 1개 지점씩 10개 지점에서 출현하였고(KNPS, 2004), 담수어류의 종생물지수를 이용한 강릉 남대천의 수환경 평가(Song *et al.*, 2005)에서는 왕산천 2개 지점에서 출현하여 중복지점을 제외하고 총 54개 지점에서 새미가 서식하는 것으로 보고되었다(Fig. 1A).

2) 2006~2012년 출현기록

2006년부터 2012년까지의 출현기록은 제3차 전국자연환경조사(2006~2012), 백두대간 보호지역 1차 생태계조사(2009), 하천수생태계 현황 및 건강성 평가(2008~2012)에 보고되었다. 제3차 전국자연환경조사는 2006~2012년에 진행되었는데, 북한강 7개 지점, 남한강 25개 지점, 한강 14개 지점과 동해안 독립수계인 연곡천 4개 지점, 강릉남대천 2개 지점, 전천 2개 지점, 추천 1개 지점, 삼척오십천 3개 지점, 마음천 3개 지점, 추천 1개 지점으로 총 62개 지점에서 서식이 확인되었다(ME, 2006~2012). 백두대간 보호지역 1차 생태계조사에서는 남한강 7개 지점, 전천 1개 지점, 강릉남대천 1개 지점으로 총 9개 지점에서 출현하였다(NIER, 2009). 하천수생태계 현황 및 건강성 평가에서는 한강 4개 지점, 남한강 3개 지점, 북한강 1개 지점, 삼척오십천 2개 지점, 강릉남대천 2개 지점, 연곡천 1개 지점으로 총 13개 지점에서 서식이 확인되어(NIER, 2008~2012), 2006년부터 2012년까지 중복지점을 제외하고 76개 지점에서 새미가 출현하였다(Fig. 1B).

3) 2013~2019년 출현기록

2013년부터 2019년까지의 출현기록은 백두대간보호지역 2차 생태계조사(2017~2019)와 DMZ 민통선 이북지역 생태조사(2013, 2018), 제3기 국립공원 자연자원조사(2013, 2015), 하천 수생태계 현황 및 건강성 평가(2014~2017), 제4차, 5차 전국자연환경조사(2013~2019)가 있다. 백두대간보호지역 2차 생태계조사는 2015년부터 2019년까지 진행되었는데 2017~2019년에 새미가 출현한 기록이 있었다. 출현지역은 북한강 6개 지점, 남한강 12개 지점, 강릉남대천 3개 지점, 전천 1개 지점으로 총 22개 지점에서 서식하였고(NIE, 2017a, 2017b, 2018a, 2018b, 2019a, 2019b), DMZ 민통선 이북지역 1차 생태계 조사에서는 한탄강 4개 지점에서 서식이 확인되었다(NIER, 2013; NIE, 2018c). 제3기 국립공원 자연자원조사 중 오대산과 월악산에서 새미가 서식한다고 보고되었는데, 오대산에서는 남한강 8개 지점, 연곡천 5개 지점, 월악산에서는 남한강 1개 지점에서 서식이 확인되어 총 14개 지점에서 새미가 출현하였다(KNPS, 2013, 2015). 하천 수생태계 현황 및 건강성 평가에서는 2014년과 2015년 조사에서 새미의 출현기록이 있었는데, 임진강 3개 지점, 북한강 1개 지점, 남한강 4개 지점, 삼척오십천 3개 지점, 연곡천 1개 지점으로 총 12개 지점에서 서식이 확인되었다(NIER, 2013~2017). 제4차, 5차 전국자연환경조사에서는 임진강 21개 지점, 북한강 9개 지점, 남한강 4개 지점에서 출현하여 총 34개 지점에서 새미의 서식이 확인되었다(ME, 2013~2018; Ko and Han, 2019; Song and Yoo, 2019). 따라서 2013년부터 2019년까지 중복지점을 제외하고 79개의 지점에서 새미의 서식이 확인되었다(Fig. 1C).

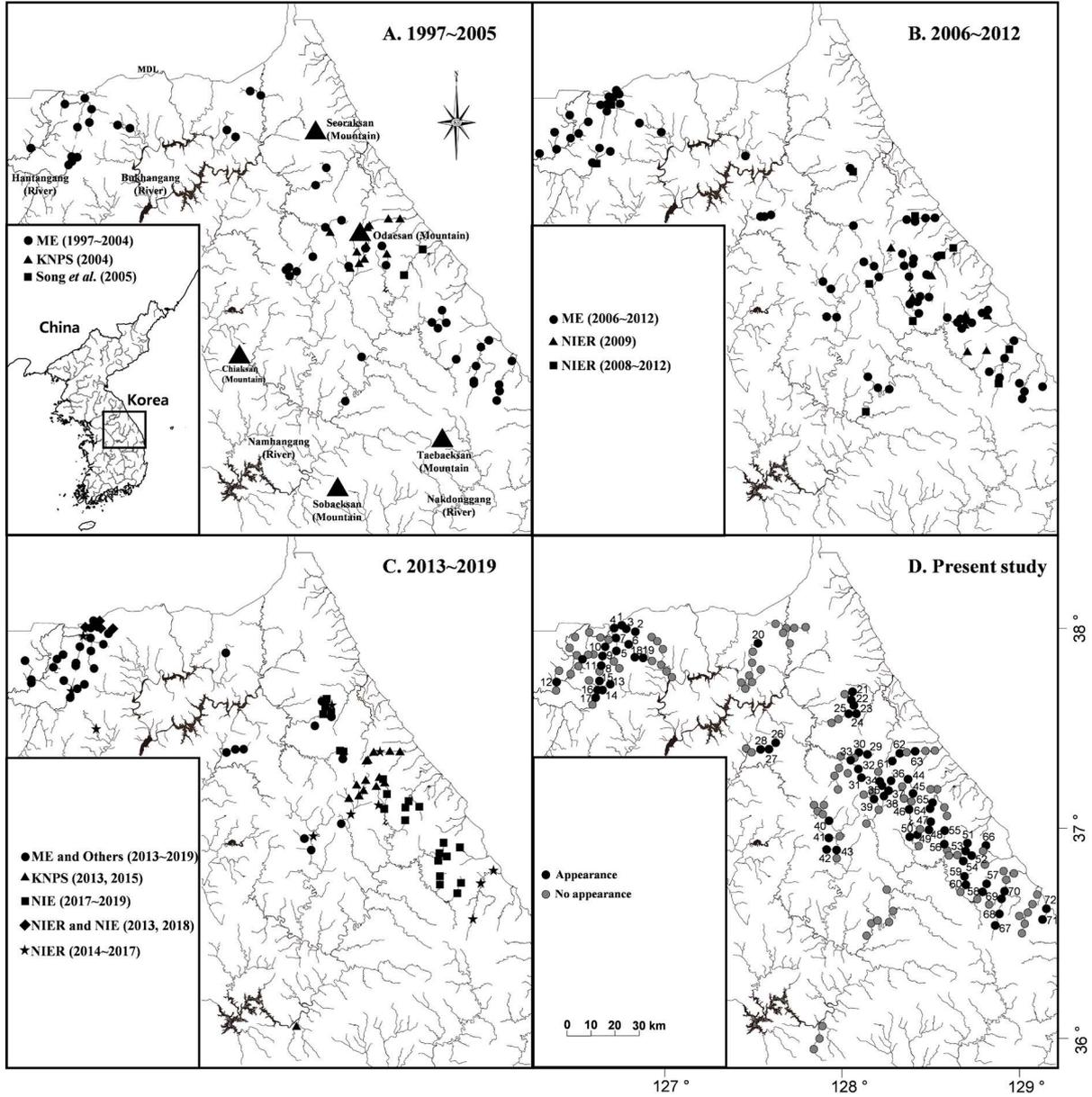


Fig. 1. Distribution of *Ladistabia taczanowskii* in Korea from 1997 to 2021. ME and Others (2013~2019): ME, 2013~2018; Ko and Han, 2019; Song and Yoo, 2019, NIE (2017~2019): NIE, 2017a; NIE, 2017b; NIE, 2018a; NIE, 2018b; NIE, 2019a; NIE, 2019b, NIER and NIE (2013, 2018): NIER, 2013; NIE, 2018.

2. 정밀분포조사

새미의 분포현황을 알아보기 위해 2021년 3월부터 8월까지 169개 지점을 조사한 결과, 서식이 확인된 지역은 임진강 17개 지점, 북한강 16개 지점, 남한강 27개 지점, 연곡천 3개 지점, 강릉남대천 2개 지점, 전천 1개 지점, 삼척오십천 4개 지점, 추천 2개 지점으로 총 72개 지점에서 서식이 확인되었다. 임진강에서는 한탄강(12개 지점), 영평천(2개 지점), 도평천(3개 지점)에서 서식이 확인되었는데, 한탄강에서 가장 많은 지점과 개체수의

서식이 확인되었다. 북한강에서는 파포천(2개 지점)과 서천(1개 지점), 방태천(5개 지점), 홍천강(3개 지점), 계방천(2개 지점), 내린천(3개 지점)에서 서식이 확인되었는데, 이 중 방태천과 홍천강에서 개체수와 출현지점 수가 많아 큰 집단을 형성하고 있었다. 남한강에서는 오대천(5개 지점)과 척천(1개 지점), 면운천(1개 지점), 흥정천(1개 지점), 평창강(2개 지점), 송천(5개 지점), 대기천(2개 지점), 임계천(6개 지점), 골지천(4개 지점)에서 출현이 확인되었는데, 송천과 임계천에서 많은 개체수의 서식이 확인되었다(Fig. 1D, Table 1).

Table 1. Habitat characteristics of appearance stations of *Ladislabia taczanowskii* in Korea in 2021

St.	River width (m)	Water width (m)	Water depth (m)	Altitude (m)	River types*	Bottom substratum (%)**						No. of individuals 2021	River Stream	Etc#
						B	C	P	G	S	M			
1	200~250	30~100	0.3~1.2	234	Aa-Bb	30	50	20				2	Hantangang	
2	90~100	20~50	0.3~1.5	272	Aa	30	50	10		10		42	Hantangang	
3	80~100	30~60	0.3~1.5	254	Aa	20	50	20		10		3	Hantangang	
4	100~120	50~80	0.3~1.5	220	Aa-Bb		30	10	20	40		1	Hantangang	
5	70~80	5~10	0.3~1.2	321	Aa	70	20	10				5	Hantangang	
6	10~20	3~5	0.3~1.5	432	Aa	80	10	10				5	Hantangang	
7	60~80	10~20	0.3~1.5	266	Aa	70	20	10				1	Hantangang	
8	60~80	20~40	0.3~1.2	297	Aa-Bb	20	50	20	10			5	Hantangang	W
9	100~110	10~30	0.3~1.5	257	Bb	30	40	20	10			25	Hantangang	
10	100~120	20~30	0.3~1.2	239	Bb	10	20	20	20	30		5	Hantangang	W
11	90~100	20~30	0.3~1.2	157	Aa-Bb	10	10	20	10	50		2	Hantangang	RW
12	50~60	20~40	0.3~1.2	119	Aa	30	20	20	20	10		2	Hantangang	
13	20~30	10~20	0.3~1.5	325	Aa	80	20					5	Yeongpyongcheon	
14	50~60	20~30	0.3~1.2	243	Aa	60	30	10				10	Yeongpyongcheon	VS
15	8~10	3~5	0.3~1.2	285	Aa	60	20	10	10			12	Dopyeongcheon	
16	20~30	10~20	0.3~1.0	217	Aa	70	20	10				5	Dopyeongcheon	
17	60~70	10~15	0.3~1.2	177	Aa	50	40	10				5	Dopyeongcheon	RW
18	25~30	5~10	0.3~1.0	459	Aa	40	40	20				20	Papocheon	
19	40~50	20~30	0.3~1.2	368	Aa	70	20	10				35	Papocheon	
20	30~40	5~10	0.3~1.0	339	Aa	70	20	10				3	Seocheon	
21	40~60	10~20	0.3~1.5	711	Aa	50	30	20				3	Bangtaecheon	
22	30~40	10~20	0.3~2.0	688	Aa	70	20	10				28	Bangtaecheon	
23	30~40	5~10	0.3~1.2	652	Aa	70	20	10				141	Bangtaecheon	
24	40~50	10~15	0.3~1.8	581	Aa	40	40	20				9	Bangtaecheon	
25	50~60	20~30	0.3~2.0	504	Aa-Bb	70	20	10				5	Bangtaecheon	
26	20~25	5~8	0.3~1.2	635	Aa	70	20	10				7	Honhcheongang	
27	30~40	10~15	0.3~1.5	518	Aa	60	30	10				75	Honhcheongang	
28	25~30	5~10	0.3~1.5	416	Aa	70	20	10				45	Honhcheongang	
29	30~40	10~15	0.3~1.5	691	Aa	60	20	10	10			14	Gyebangcheon	
30	40~50	10~25	0.3~1.5	630	Aa	60	30	10				15	Gyebangcheon	
31	30~40	10~20	0.5~1.5	679	Aa	70	20	10				4	Naerincheon	
32	20~30	5~15	0.3~1.5	630	Aa	70	30	10				3	Naerincheon	
33	30~40	15~20	0.3~4.0	561	Aa	40	40	20				5	Naerincheon	
34	20~25	5~10	0.3~1.5	717	Aa	90	10					19	Ohdaecheon	
35	20~25	5~10	0.3~1.5	670	Aa	90	10					7	Ohdaecheon	
36	20~25	10~15	0.5~1.5	728	Aa	80	20					9	Ohdaecheon	
37	25~30	10~20	0.3~1.5	639	Aa	50	20	10	0	20		7	Ohdaecheon	
38	40~50	15~20	0.3~1.2	589	Aa	70	20	10				12	Ohdaecheon	
39	40~50	5~10	0.3~1.0	601	Aa	70	20	10				5	Cheokcheon	
40	50~60	15~25	0.3~1.5	568	Aa	70	20	10				1	Heungjeongcheon	W
41	60~70	30~50	0.3~1.4	559	Aa-Bb	20	20	10	10	40		18	Myeononcheon	
42	20~30	5~8	0.3~1.2	536	Aa	70	20	0	0	10	0	1	Pyeongchanggang	
43	30~40	20~30	0.3~1.4	456	Aa	70	20	10				5	Pyeongchanggang	
44	20~25	4~10	0.3~1.5	942	Aa	40	20	10	10	20		47	Songcheon	
45	40~50	10~20	0.3~1.2	812	Aa	50	30	10	0	10		111	Songcheon	VS
46	80~100	60~70	0.3~1.2	724	Bb	30	40	10	0	20	0	3	Songcheon	
47	6~8	2~4	0.3~1.0	705	Aa	50	20	10	0	20		2	Daegicheon	

Table 1. Continued

St.	River width (m)	Water width (m)	Water depth (m)	Altitude (m)	River types*	Bottom substratum (%)**						No. of individuals 2021	River Stream	Etc#
						B	C	P	G	S	M			
48	50~70	5~20	0.3~1.0	630	Aa-Bb	10	40	20	10	20		5	Daegicheon	
49	50~60	10~25	0.3~1.5	573	Aa	80	20	0	0	0		1	Songcheon	
50	80~100	20~60	0.3~1.5	515	Aa-Bb	30	50	20				1	Songcheon	
51	15~20	2~3	0.3~0.5	682	Aa	10	20	10	10	50		7	Imgyecheon	
52	15~20	5~10	0.3~1.0	681	Aa	50	30	20				49	Imgyecheon	
53	30~40	10~15	0.3~1.2	629	Aa	60	30	10				2	Imgyecheon	
54	10~15	3~5	0.3~1.2	708	Aa	70	20	10				7	Imgyecheon	
55	10~15	2~3	0.3~1.5	647	Aa	30	30	10	10	20		5	Imgyecheon	
56	25~30	3~5	0.3~0.5	541	Aa	10	20	0	10	60		2	Imgyecheon	
57	25~30	5~10	0.3~1.5	779	Aa	60	30	10				8	Goljicheon	
58	40~50	5~15	0.3~1.2	744	Aa	50	30	20				2	Goljicheon	
59	30~40	10~15	0.3~1.2	715	Aa	60	30	10				5	Goljicheon	
60	40~50	10~20	0.5~1.5	673	Aa	80	20					7	Goljicheon	
61	50~60	5~10	0.3~1.5	342	Aa	80	20					5	Yeongokcheon	
62	20~30	5~10	0.3~2.0	244	Aa	60	30	10				6	Yeongokcheon	
63	100~120	20~50	0.3~1.0	75	Bb	60	30	10				8	Yeongokcheon	
64	30~40	10~20	0.3~1.5	280	Aa	70	20	10				11	Wangsancheon	
65	25~30	5~12	0.3~2.0	205	Aa	70	20	10				5	Wangsancheon	
66	30~40	10~20	0.3~1.2	145	Aa	20	50	30				10	Sinheungcheon	W
67	40~50	10~15	0.3~1.0	213	Aa	40	50	10				3	Samcheok Oshipcheon	W
68	50~60	10~15	0.3~1.0	153	Aa	70	20	10				13	Samcheok Oshipcheon	
69	50~60	5~10	0.3~1.5	91	Aa	70	20	10				3	Samcheok Oshipcheon	W
70	80~100	30~70	0.5~1.2	60	Aa-Bb	60	30	10				57	Samcheok Oshipcheon	W
71	30~40	5~10	0.3~1.5	80	Aa	80	20					7	Chucheon	
72	50~70	10~20	0.3~1.5	14	Aa	50	30	10	10			17	Chucheon	

*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; W: weir; VS: vacation spot.

3. 서식양상 및 서식지 특성

새미의 서식양상은 임진강의 한탄강과 영평천, 도평천에서 1997년부터 현재까지 지속적으로 서식이 확인되었고, 북한강은 1997년~2005년에 파포천, 서천, 인북천, 내린천, 조항천, 방태천에서 서식이 확인되었으며, 이후 계방천, 흥천강, 장남천에서 추가적으로 서식이 확인되었다. 본 조사에서도 파포천, 서천, 방태천, 흥천강, 계방천, 내린천에서 서식이 확인되었지만, 인북천은 2000년부터, 조항천은 1998년부터, 장남천은 2013년부터 서식이 확인되지 않았고, 방태천은 지속적으로 많은 개체가 서식하는 것으로 나타났다. 남한강에서는 골지천, 임계천, 오대천, 척천, 조양강, 동강, 흥전천에서 1997~2005년에 서식이 확인되었고, 이후 송천, 대기천, 평창강, 면은천, 단양천에서 추가 서식이 확인되었다. 본 조사에서는 골지천, 임계천, 오대천, 척천, 흥전천, 면은천, 송천, 대기천, 평창강에서 서식이 확인되었지만, 동강과 단양천에서는 서식이 확인되지 않았다. 단양천

의 경우 2015년 월악산 국립공원조사에서 출현한 기록이 있으나(KNPS, 2015), 이전 기록과 이후 출현기록이 없어 추후 검토가 필요하다고 판단된다. 임계천은 지속적으로 넓은 지역에서 많은 개체가 서식하고 있어 주목되었고, 송천은 2010년에 전국자연환경조사에서 처음 출현하였으며, 본 조사 결과 5개 지점 중 상류에서 많은 개체가 서식하는 것으로 나타났다. 동해안 독립수계에서는 마음천과 삼척오십천, 연곡천, 강릉남대천에서 1997~2005년에 서식이 확인되었고, 이후 추천과 전천에서 추가로 서식이 확인되었다. 특히 마음천은 2011년까지 출현기록이 존재하였지만, 그 후 조사와 본조사에서 출현하지 않은 것은 하천공사와 태풍피해로 인한 수해복구공사로 인해 서식지가 교란되어 출현하지 않은 것으로 판단된다(Yoon and Kim, 2004; Kim *et al.*, 2006; Lee *et al.*, 2010). 강릉남대천과 연곡천의 경우 Byeon and Oh (2015)가 1990년대 이전에 새미의 출현기록이 없는 것으로 보아 2000년 이후에 한강수계에서 도입된 것으로 추정된 바 있어, 이 개체들이 지속적으로 서식하는 것으로 판

단되었다.

새미가 서식하는 지점은 하폭 6~250 m, 유폍 2~100 m, 수심 0.3~4.0 m의 범위에서 서식하였는데, 유폍은 2~30 m 범위에서 89%가, 수심은 0.3~1.5 m 범위에서 94%가 서식하여 비교적 소형하천에서 서식하였다. 하천형 또한 대부분 계류형(Aa형)과 상류형(Aa-Bb형)이었고, 고도는 14~942 m로 다양하게 분포하였지만, 북한강, 남한강, 한강 권역에서 77%가 300 m 이상에 분포하였고, 동해안 독립수계에서는 1개 지점(342 m)을 제외하고 300 m 이하에 분포하였다. 하상구조는 큰돌, 돌, 자갈의 순으로 비율이 높았고, 큰돌의 비율이 50~90%인 지점이 출현지점의 69.4%로 나타났고, 돌의 비율은 10~50%인 지점에서 새미가 출현하였다. 따라서 새미의 주 서식지는 동해안 독립수계를 제외하면, 고도는 300 m 이상 유폍은 2~30 m, 수심은 0.3~1.5 m, 하상은 큰돌의 비율이 50~90%, 돌의 비율이 10~50%인 곳이었다(Table 1).

4. 감소율 및 위험요인

과거에 보고된 지점들과 본 조사를 비교해 보면, 1997~2005년 38개의 출현지점에서 본 조사를 한 결과 20개 지점에서 서식이 확인되어 감소율은 47.4%였다. 2006~2012년은 새미가 출현한 53개 지점 중 본 조사에서 26개 지점이 확인되어 감소율은 50.9%, 2013~2019년은 출현지점 64개 지점 중 본 조사에서 48개 지점이 확인되어 감소율은 25.0%였다. 과거에 서식하였으나 본 조사에서 출현하지 않은 지점들을 보면, 많은 지점에서 보가 축조되어 있었고, 교량공사와 골재 채취 등의 하천공사로 인해 서식지가 변동되어 개체수 감소의 원인으로 추정되었다. 남한강의 송천 상류부는 저수지 공사로, 일부 지점(계방천, 장남천)은 유원지로 활용되어 서식지가 교란되고 있었다. 동해안으로 흐르는 하천은 2002년과 2003년의 태풍 “루사”와 “매미”로 인해 대규모 홍수 및 복구공사로 인해 서식지가 크게 변동되었다(Yoon and Kim, 2004; Kim et al., 2006; Lee et al., 2010). 지구의 기온이 상승함에 따라 하천 수온도 상승하고 있어(Hari et al., 2006; Kaushal et al., 2010), 냉수성 어류인 새미는 하천의 수온이 상승함에 따라 서식지가 감소하여 과거보다 출현지역이 줄어든 것으로 예상되고 있다(Kim and Park, 2007; Chung et al., 2011).

5. 새미의 연령추정 및 생식소 성숙

새미의 연령과 세대 길이를 추정하기 위하여 강원도 인제군 기린면 진동리 진동계곡에서 5~6월에 조사를 실시하였다. 5~6월에 채집된 개체들의 전장빈도분포도를 작성하여 연령을 추정한 결과, 전장 42~70 mm는 만 1년생, 70~98 mm는 만 2년생, 98~120 mm는 만 3년생, 120~142 mm는 4년생 이상으로 추정되었다(Fig. 2). 6월에는 산란이 관찰되었고 암컷은 복부가 팽

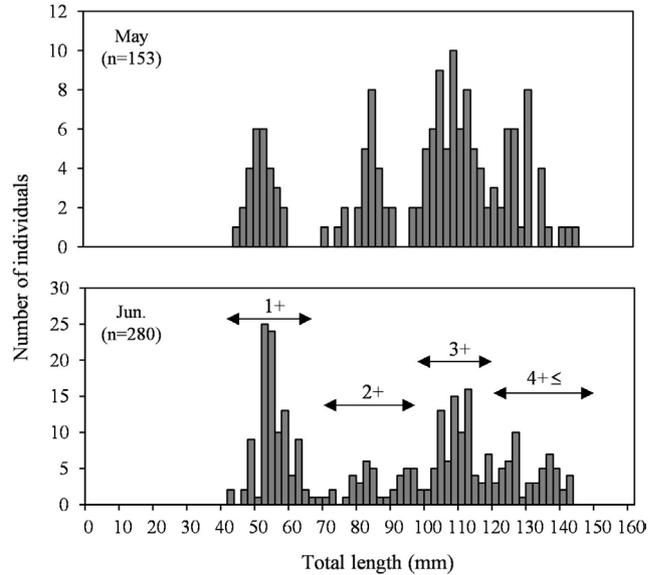


Fig. 2. Total length distribution of *Ladislabia taczanowskii* in Jindong-gyegog, Bukhangang, Hangang, Korea, May, 2020.

대되고 수컷은 정액이 분비되는 등 암·수가 구별되었으며, 암·수 모두 만 2년생 이상부터 만 4년생까지 생식소가 성숙되었다. 따라서 새미의 산란참여 연령은 만 2~4년생이며 1세대는 3년으로 추정되었다. Byeon (2020)에서는 38~70 mm가 만 1년생, 70~100 mm가 만 2년생, 100~120 mm는 만 3년생, 120~128 mm는 만 4년생 이상으로 추정하여 본 조사 결과와 비교하면, 연령수는 동일하였으나 연령별 전장범위에 약간의 차이가 있었다. 이러한 차이는 조사하천에 따라 먹이의 종류와 양 등의 환경차이로 인해 연령별 전장범위의 차이가 발생된 것으로 판단된다.

6. 멸종위험 평가 및 보존방향

새미의 멸종위험 평가는 IUCN (2001)의 기준에 따라 평가하였다. 평가기준 A는 3세대 또는 10년을 기준으로 평가하는데, 본 조사에서 새미는 만 2년생부터(전장 62 mm) 생식이 가능한 것으로 판단되었고, 만 2~4년생에서 성숙이 확인되어, 새미의 1세대는 3년, 3세대는 9년으로 추정되었다. 따라서 3세대가 10년 미만이기 때문에 10년간의 변화양상을 조사하였다. 2010년부터 2019년까지의 출현지점은 83개 지점이었고, 출현지점을 조사한 결과 53개 지점에서 새미가 출현하여 감소율은 36.1%였다. 새미의 감소 원인은 명확하게 밝혀지지 않았고, 원인이 해소되지 않았으며 하천공사와 수질오염, 하천의 유원지 활용 등 서식지 교란으로 인해 새미의 출현범위 및 점유면적 감소, 서식지 질의 하락이 있었다. 이러한 근거로 멸종위험 평가는 취약(VU A2ac)으로 평가되었다. 평가기준 B에서는 본 조사 결과 출현범위가 약 7,820 km², 점유 면적 288 km²(72지점×4 km²)이며, 단절된 지소 수는 19개로 나타나 평가기준 B의 취약(VU) 조건 B1(출

현범위 < 20,000 km²)과 B2 (점유면적 < 500 km²)의 출현범위(i)와 점유면적(ii), 서식지 면적, 범위, 서식지 질(iii)의 지속적인 쇠퇴(b)가 해당되었지만, 심각한 파편화 또는 지소수(a)는 해당되지 않았고, 출현범위나 점유면적, 지소 또는 아개체군 수, 성숙개체수에서 극심한 변동(c)이 관찰되지 않아 멸종위협 평가는 근접한 취약(Near meets VU B1b(i, ii, iii) + B2b(i, ii, iii))로 평가되었다. 평가기준 C와 D는 소개체군 및 극소개체군, 제한된 개체군에 대한 기준으로 본 종과는 관련이 없어 평가되지 않았고, 기준 E는 정량적 분석으로 본 연구와 관련이 없었다. 따라서 새미의 최종 멸종위협 등급은 멸종위협 범주인 취약(VU A2ac)으로 평가되었다. 새미의 멸종위협 등급은 2011년 적색목록집에서 서식지가 다소 제한적이며 수질오염 및 하천개발로 서식지가 파괴되고 있어 준위협(NT)으로 평가되었다(NIBR, 2011). 2019년에는 취약(VU)로 평가되었지만(NIBR, 2019), 평가근거가 누락되어 해당 기관에 문의한 결과 VU B2ab(i, ii, iii, iv)로 확인되었다. 본 조사 결과 및 NIBR(2019)의 분포양상은 거의 동일하여 지소수에 있어서 NIBR(2019)은 최소 10개 이상으로 추정되기 때문에(본 조사 19개) 평가기준 B의 a항목을 충족시키지 못하여 본 조사 결과와 같이 멸종위협 등급으로 판별할 수 없다고 판단된다. 2019년 적색목록집에서 멸종위기 범주(위급, 위기, 취약)로 평가된 어류는 25종이었고, 이 중 19종이 새미와 같은 기준 B로 평가된 것으로 나타나, 추후 적색목록집 멸종위협 등급 평가는 전체적으로 재검토가 필요하다고 생각된다.

새미는 우리나라의 한강수계가 최남한지이며 일부 동해안으로 흐르는 하천에 서식하고 있다. DMZ 민통선 이북지역과 오대산 국립공원은 보호지역으로 잘 보존되어 있지만, 그 외 하천들은 보의 축조나 댐 건설, 준설 등의 하천공사와 생활하수 유입, 하천의 유원지 활용으로 인해 서식지가 교란되고 있다. 따라서 새미의 종 보존을 위해서는 방태천(북한강)과 임계천(남한강), 경수천(홍천강) 등 새미의 집단서식지로 판단되는 곳을 생태계보전 지구로 지정하거나 천연기념물로 지정하는 등 적극적인 보호가 필요하다고 판단된다. 또한, 강릉남대천과 연곡천의 경우 인위적으로 이입된 개체가 지속적으로 서식하고 있는 것으로 확인되었는데, 이처럼 인위적 이입으로 인한 서식지 확대는 멸종위협 평가에 영향을 끼치고, 종 보존에 이익이 될 수 있지만, 기존에 서식하고 있는 생물에게는 교란이 발생한 것으로 판단될 수 있기 때문에 인위적 이입은 지양되어야 한다고 생각된다. 새미는 본 조사 결과 멸종위기 범주인 취약(VU)으로 평가되어 멸종위기 야생생물로 신규지정하여 보호할 필요가 있고, 다른 멸종위기 야생생물들의 연구와 마찬가지로(ME, 2009, 2011, 2018; MLTM, 2010, 2011, 2012; WPOE, 2017), 종 보존학적인 연구 및 인공증식기술 개발을 통해서 개체가 급격히 감소하거나 지역절멸한 지역에 치어를 방류하여 종 복원사업을 하는 등의 노력이 이루어져야 한다고 생각된다.

요 약

한국산 냉수성 어류 새미 *Ladislabia taczanowskii* Dybowski의 분포양상 및 서식지 특징, 멸종위협을 평가하기 위해 2021년 3월부터 8월까지 분포조사를 실시하였다. 과거 출현기록은 1997~2005년, 2006~2012년, 2013~2019년으로 구분하였고, 분포조사는 169개 지점을 조사하여 72개 지점에서 1,040개체가 채집되었다. 서식이 확인된 지역은 남한강(27지점), 임진강(17지점), 북한강(16지점), 삼척오십천(4지점), 연곡천(3지점), 강릉남대천(2지점), 전천(1지점), 추천(2지점)이었다. 새미의 주 서식지는 고도가 300 m 이상의 상류로 유희는 2~30 m, 수심은 0.3~1.5 m이며 하상은 큰돌의 비율이 50~90%, 돌의 비율이 10~50%인 곳이었다. 새미의 위협요인으로는 보의 축조와 댐 건설, 교량공사, 골재 채취 등의 하천공사와 생활 하수유입, 유원지, 태풍으로 인한 홍수 및 복구공사 등이었다. IUCN 평가기준에 따른 멸종위협 등급은 2010~2019년 대비 서식지 감소율(36.1%), 출현범위(7,820 km²), 점유면적(288 km²), 지소수(19개), 서식지 질 하락 등을 근거로 취약(Vulnerable, VU A2ac)으로 평가되었다. 마지막으로 새미의 보존방안에 대해 논의하였다.

REFERENCES

- Byeon, H.K. and J.K. Oh. 2015. Fluctuation of fish community and inhabiting status of introduced fish in Gangeungnamade stream, Korea. Korean J. Environ. Ecol., 29: 718-728. <https://doi.org/10.13047/KJEE.2015.29.5.718>.
- Byeon, H.K. 2020. Ecological characteristics of Tachanovsky's Gudgeon, *Ladislabia taczanowskii* in Songcheon Stream, Korea. Korean J. Environ. Ecol., 34: 551-557. <https://doi.org/10.13047/KJEE.2020.34.6.551>.
- Cho, S.H., W.J. Lee, T.S. Kim, W.S. Seok, T.J. Lee, K.G. Jeong, B.K. Na and W.M. Sohn. 2014. Prevalence of zoonotic trematode metacercariae in freshwater fish from Gangwon-do, Korea. Korean J. Parasitol., 52: 399-412. <https://doi.org/10.3347/kjp.2014.52.4.399>.
- 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>.
- Chung, N.I., B.K. Park and K.H. Kim. 2011. Potential effect of increased water temperature on fish habitats in Han river watershed. J. Korean Soc. Water Environ., 27: 314-321.
- 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.
- Dybowski, B.I. 1869. Vorläufige mittheilugen über die fischfauna des ononflusses und des Ingoda in Trasbaikalien. Verh. K. K.

- Zool. Bot. Ver. Ges. Wien V., 19: 945-958.
- Hari, R.E., D.M. Livingstone, R. Siber, P. Burkhardt-Holm and H. Güttinger. 2006. Consequences of climatic change for water temperature and brown trout populations in Alpine rivers and streams. *Glob. Change Biol.*, 12: 10-26. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.001051.x>.
- IUCN (International Union for Conservation of Nature). 2001. IUCN red list categories and criteria: Version 3.1. IUCN Species Survival Commission. IUCN, ii + 30pp.
- IUCN (International Union for Conservation of Nature). 2019. IUCN Red List of threatened species. version (12/2020). Retrieved from <http://www.iucn.org/resources/conservationtools>.
- Jang, M.H., G.J. Joo and M.C. Lucas. 2006. Diet of introduced largemouth bass in Korean rivers and potential interactions with native fishes. *Ecol. Freshwater Fish*, 15: 315-320. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0633.2006.00161.x>.
- Kaushal, S.S., G.E. Likens, N.A. Jaworski, M.L. Pace, A.M. Sides, D. Seekell, K.T. Belt, D.H. Secor and R.L. Wingate. 2010. Rising stream and river temperatures in the United States. *Front. Ecol. Environ.*, 8: 461-466. <https://doi.org/10.1890/090037>.
- Kani, T. 1944. Ecology of torrent-inhabiting insects, In: Furukawa, J. (ed.), *Insect I. Kenkyu-sha*, Tokyo, Japan, pp. 171-317.
- Kim, H.K., K.E. Hong, J.H. Kim and K.H. Kim. 2006. Ichthyofauna in Yeongok Stream, Gangneung, Korea. *Korean J. Ichthyol.*, 18: 244-250.
- Kim, I.S. 1997. Illustrated Encyclopedia of Fauna & Flora of Korea. Vol. 37. Freshwater Fishes. Ministry of Education, Yeongi, Korea, 629pp.
- Kim, I.S. and J.Y. Park. 2007. Freshwater fishes of Korea. Kyohak Publishing Co. Ltd., Seoul, Korea, 467pp.
- KNPS (Korea National Park Service). 2004. Natural resource survey of Odaesan national park. Korea national park research institute, Seoul, Korea, 738pp.
- KNPS (Korea National Park Service). 2013. Natural resource survey of Odaesan national park. Korea national park research institute, Namwon, Korea, 856pp.
- KNPS (Korea National Park Service). 2015. Natural resource survey of Woraksan national park. Korea national park research institute, Namwon, Korea, 956pp.
- Ko, M.H. 2016. Distribution status and threatened assessment of endangered species, *Pungitius sinensis* (Pisces: Gasterosteidae) in Korea. *Korean J. Ichthyol.*, 28: 186-191.
- Ko, M.H., Y.S. Kwan, W.K. Lee and Y.J. Won. 2017. Impact of human activities on changes of ichthyofauna in Dongjin River of Korea in the past 30 years. *Anim. Cells Syst.*, 21: 207-216. <https://doi.org/10.1080/19768354.2017.1330223>.
- Ko, M.H., M.S. Han and S.M. Kwan. 2018a. 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. 2018b. 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. and M.S. Han. 2019. The 5rd nation environment investigation. Fresh water fishes of the Hantangang Dam whole area. Ministry of Environment, 11pp.
- 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 K.S. Choi. 2021. Distribution status, habitat characteristics and extinction threat evaluation of the endangered species, *Brachymystax lenok tsinlingensis* (Pisces: Salmonidae) in Korea. *Korean J. Ichthyol.*, 33: 74-83. <https://doi.org/10.35399/ISK.33.2.4>.
- Kwater. 2007. A guidebook of rivers in South Korea. Kwater, Daejeon, Korea, 582pp.
- Lee, W.O., M.H. Ko, J.M. Baek, D.H. Kim, H.Z. 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). 1996. Natural environment conservation act, Ministry of Environment Notice No. 1996-33.
- ME (Ministry of Environment). 1997-2005. The 2rd national environment investigation of freshwater fish. Ministry of Environment, National institute of environmental research, Incheon, Korea.
- 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). 2006-2012. The 3rd national environment investigation of freshwater fish. Ministry of Environment, National institute of environmental research, Incheon, Korea.
- 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. Development of culture techniques and construction of monitoring system for released seedlings of endangered fish *Koreocobitis naktongensis*. Soonchunhyang University, Asan, Korea, 250pp.
- ME (Ministry of Environment). 2012. Conservation and management laws of wildlife (Law No. 10977).
- ME (Ministry of Environment). 2013-2018. The 4rd national environment investigation of freshwater fish. Ministry of Environment, National institute of environmental research, Incheon, Korea.
- 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 brevicorpus*). Soonchunhyang University, Asan, Korea, 204pp.

- 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.
- NIBR (National Institute of Biological Resources). 2011. Red data book of endangered fishes in Korea. Ministry of Environment, National institute of biological resources, Incheon, Korea, 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, Korea, 250pp.
- NIE (National Institute of Ecology). 2017a. Ecological survey of Baekdudaegan protected areas (Myojeoggae~Hwabanggae). Ministry of Environment, National institute of ecology, Seocheon, Korea, 464pp.
- NIE (National Institute of Ecology). 2017b. Ecological survey of Baekdudaegan protected areas (Hwabanggae~Thatjae). Ministry of Environment, National institute of ecology, Seocheon, Korea, 416pp.
- NIE (National Institute of Ecology). 2018a. Ecological survey of Baekdudaegan protected areas (Thatjae~Sapdangryeong). Ministry of Environment, National institute of ecology, Seocheon, Korea, 428pp.
- NIE (National Institute of Ecology). 2018b. Ecological survey of Baekdudaegan protected areas (Sapdangryeong~Sinbaeryeong). Ministry of Environment, National institute of ecology, Seocheon, Korea, 432pp.
- NIE (National Institute of Ecology). 2018c. Ecosystem survey of DMZ area. National institute of ecology, Seocheon, Korea, 511pp.
- NIE (National Institute of Ecology). 2019a. Ecological survey of Baekdudaegan protected areas (Sinbaeryeong~Daeganryeong). Ministry of Environment, National institute of ecology, Seocheon, Korea, 450pp.
- NIE (National Institute of Ecology). 2019b. Ecological survey of Baekdudaegan protected areas (Daeganryeong~Samjaeryeong). Ministry of Environment, National institute of ecology, Seocheon, Korea, 455pp.
- NIER (National Institute of Environmental Research). 2008-2012. Stream/River Ecosystem Survey and Health Assessment. National institute of environmental research, Incheon, Korea.
- NIER (National Institute of Environmental Research). 2009. Ecological survey of Baekdudaegan protected areas (Odaesan Jingo-gae~Samcheok Thatjae). Ministry of Environment, National institute of environmental research, Seocheon, Korea, 371pp.
- NIER (National Institute of Environmental Research). 2013. Ecosystem survey of DMZ area. National institute of environmental research, Seocheon, Korea, 283pp.
- NIER (National Institute of Environmental Research). 2013-2017. Stream/River Ecosystem Survey and Health Assessment. National institute of environmental research, Incheon, Korea.
- Sala, O.E., F.S. Chapin, J.J. Armesto, E. Berlow, J. Bloomfield, R. Dirzo, H.S. Elisabeth, L.F. Huenneke, R.B. Jackson, A. Kinzig, R. Leemans, M.L. David, H. Mooney, A.O. Martin, N.L. Poff, T.S. Martin, B.H. Walker, W. Marilyn and D.H. Wall. 2000. Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*, 287: 1770-1774. <https://doi.org/10.1126/science.287.5459.1770>.
- Song, H.B., H.M. Beak and C.W. Lee. 2005. Water environmental assessment by the species biotic index of freshwater fish in the Namdaecheon, Gangneung City. *J. Environ. Impact Assess.*, 14: 237-245.
- Song, H.B. and Y.S. Yoo. 2019. The 5rd nation environment investigation. Fresh water fishes of the Busocheon whole area. Ministry of Environment, 14pp.
- Sutherland, W.J., W.M. Adams, R.B. Aronson, R. Aveling, T.M. Blackburn, S. Broad, G. Ceballos, I.M. Cote, R.M. Cowling, G.A.B. Da Fonseca, E. Dinerstein, P.J. Ferraro, E. Fleishman, C. Gascon, M. Hunter Jr., J. Hutton, P. Kareiva, A. Kuria, D.W. Macdonald, K. Mackinnon, F.J. Madgwick, M.B. Mascia, J. McNeely, E.J. Milnergulland, S. Moon, C.G. Morley, S. Nelson, D. Osborn, M. Pai, E.C. Parsons, L.S. Peck, H. Possingham, S.V. Prior, A.S. Pullin, M.R. Rands, J. Ranganathan, K.H. Redford, J.P. Rodriguez, F. Seymour, J. Sobel, N.S. Sodhi, A. Stott, K. Vance-borland and A.R. Watkinson. 2009. One hundred questions of importance to the conservation of global biological diversity. *Conserv. Biol.*, 23: 557-567. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01212.x>.
- WPOE (Wonju Provincial Office of Environment). 2017. Culture and restoration research of endangered wildlife (*Brachymystax lenok tsinlingensis*). Wonju Provincial Office of Environment, Wonju, Korea, 45pp.
- Yoon, Y.Y. and H.S. Kim. 2004. Effect of typhoon "Rusa" on the natural Yeon-gok stream and coastal ecosystem in the Yeongdong province. *J. Korean Soc. Mar. Environ. Energy*, 7: 35-41.
- Youn, S.T. 2011. Characteristic of natural nest and breeding behavior of *Ladislabia taczanowskii*. Master Thesis, Kunsan National University, Gunsan, Korea, 25pp.