

# 멸종위기어류 열목어 *Brachymystax lenok tsinlingensis* (Pisces: Salmonidae)의 분포현황과 서식지 특징, 멸종위협 평가

고명훈\* · 최광식 · 한미숙

고수생태연구소

**Distribution Status, Habitat Characteristics and Extinction Threat Evaluation of the Endangered Species, *Brachymystax lenok tsinlingensis* (Pisces: Salmonidae) by Myeong-Hun Ko\*, Kwang-Seek Choi and Mee-Sook Han** (Kosoo Ecology Institute, Seoul 07952, Republic of Korea)

**ABSTRACT** Distribution status, habitat characteristics, and extinction threat evaluation of the endangered species, *Brachymystax lenok tsinlingensis* were investigated in 2015 and 2019. Historical distribution reports of *B. l. tsinlingensis* were divided into before 1990, 1997~2006, 2000~2011, and 2010~2019. Among the 150 sampling sites investigated during the study period, number of individuals of *B. l. tsinlingensis* were collected 542 individuals from 67 sites. The streams inhabited of *B. l. tsinlingensis* were Naerincheon (11 stations), Odaecheon (11 stations), Bukcheon (10 stations), Bangtaecheon (8 stations), Songjeongrcheon (4 stations), Suipcheon (3 stations), Inbukcheon (3 stations), Hyeondongcheon (3 stations) etc. The main habitat of *B. l. tsinlingensis* was upstream of the river with a high altitude of more than 400 m, 4~20 m water flow width, 1~2 m water depth, and high ratio (70~80%) 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 20.7% reduction in occupancy within 10 years, in a small appearance range (7,732 km<sup>2</sup>) and occupancy area (268 km<sup>2</sup>), number of disconnected locations (15 locations), and a decline in habitat quality. Therefore, *B. l. tsinlingensis* is now considered as Near Threatened (NT) based on the results (Near meets VU A2acd, B1b(i,ii,iii) + B2b(i,ii,iii)) of IUCN Red List categories and criteria.

**Key words:** *Brachymystax lenok tsinlingensis*, endangered species, distribution aspect, extinction threat evaluation

## 서 론

야생생물들은 전 세계적으로 산업화 이후 많은 종들이 멸종하거나 멸종위협에 처하고 생물다양성이 심각하게 감소하는 것으로 보고되고 있다(IUCN, 2019; Sala *et al.*, 2000). 우리나라 담수어류도 대형 댐과 보, 하구 독의 건설, 하천정비 및 유로변경에 따른 서식지 파괴, 수질오염, 외래 생태계교란종의 도입 등으로 인해 서호납줄갱이 *Rhodeus hondae*는 절멸,

종어 *Leiocassis longirostris*는 지역절멸 되었고 많은 고유종 및 자생종들이 멸종위협에 처한 것으로 보고되고 있다(Jang *et al.*, 2006; Kwater, 2007; NIBR, 2011, 2019; Ko *et al.*, 2017, 2018b). 이에 환경부는 1989년부터 멸종위기종을 지정하여 보호하고 있는데, 이 중 담수어류는 1996년 24종, 1998년 12종, 2005년 18종, 2012년 25종, 2017년 27종을 지정하였다(ME, 1998, 2005, 2012, 2017). 멸종위기종을 효율적으로 보존하기 위해서는 종별 정확한 멸종위협 등급을 평가하여 지정·관리해야 하는데, 세계자연보전연맹(IUCN)에서는 멸종위협 등급을 객관적으로 평가할 수 있는 적색목록 범주 및 기준 지침서를 발간하였다(IUCN, 2001). 우리나라의 어류 적색목록집은

저자 직위: 고명훈(소장), 최광식(연구원), 한미숙(대표이사)

\*Corresponding author: Myeong-Hun Ko Tel: 82-70-7370-6612,

E-mail: hun7146@gmail.com

2011년과 2019년에 발간되었는데, 시기별 분포자료 부족으로 인해 정확한 감소경향을 파악하는데 한계가 있어 출현범위 및 점유면적 등을 기준으로 멸종위협등급을 평가하였다(NIBR, 2011, 2019). 이러한 이유로 멸종위기종 및 한국고유종들의 정확한 분포와 감소 경향, 원인 등을 파악하기 위한 정밀분포조사가 실시되면서 종별 멸종위협 등급도 재평가 되고 있다(Ko, 2016; Ko *et al.*, 2018a, 2018b, 2019, 2020).

본 연구종인 열목어 *Brachymystax lenok tsinlingensis*는 연어목(Salmoniformes), 연어과(Salmonidae)에 속하는 자생종으로 수온이 20°C 아래에만 서식하는 냉수성 어류이며 우리나라의 한강 상류와 낙동강 상류에 분포하며 국외에는 만주와 시베리아에 서식한다(Choi *et al.*, 1990; Kim, 1997; Kim and Park, 2007). 열목어 서식지 중 정선군 정암사(제73호)와 봉화군 석포면(제74호)은 열목어 최남단 서식지로 천연기념물로 지정되어 있으며, 1996년 특정야생동·식물로 지정되었다가 1998년에 해제되었고(ME, 1998), 이후 2012년에 환경부지정 멸종위기야생동·식물 II급으로 다시 지정되어 현재까지 법적 보호를 받고 있다(ME, 2012, 2017).

열목어에 대한 멸종위협등급은 우리나라 어류 적색자료집에서 2011년과 2019년 모두 멸종위기범주인 취약(VU)으로 평가되었고(NIBR, 2011, 2019), 열목어에 관한 연구는 섭식 내용물(Byeon *et al.*, 1995; Yoon *et al.*, 2013)과 개체군 생태(Byeon, 2011), 서식지 특성(CHA, 2004; Ko, 2020), 이동패턴(Yoon and Jang, 2009; Yoon *et al.*, 2014; Kim *et al.*, 2015), 치어 방류 및 복원(WPOE, 2017), 유전학적 분석(NPRI, 2013; Yu and Kwak, 2015; Jang *et al.*, 2017) 등이 있다.

본 연구에서는 처음으로 환경부 멸종위기종으로 지정된 열목어의 정밀분포조사를 실시하여 분포현황과 서식지 특징을 밝히고 과거 출현기록과 비교하여 감소경향 및 멸종위협 등급을 평가하며 관리방안을 제시하고자 하였다.

## 재료 및 방법

열목어 *B. l. tsinlingensis*의 시기별 분포기록은 도감과 전국자연환경조사, 국립공원 자연자원조사, 백두대간보호지역 생태계조사 등을 기반으로 1990년 이전, 1997~2006년, 2000~2011년, 2010~2019년으로 구분하였다. 1990년 이전은 1980년대에 조사를 기반으로 작성된 강원도의 자연(Choi, 1986)과 원색한국담수어류도감(Choi *et al.*, 1990), 경북의 자연(Choi, 1990)의 출현기록을, 1997~2006년은 제2차 전국자연환경조사(ME, 1997~2006)를, 2000~2011년은 제3차 전국자연환경조사(ME, 2007~2011)와 국립공원 2기 자연자원조사(KNPS, 2001, 2004), 백두대간보호지역 1차 생태계조사(NIER, 2008, 2009, 2010)를, 2010~2019년은 국립공원 3기

자연자원조사(KNPS, 2010, 2012a, 2012b, 2013, 2015, 2017)와 백두대간보호지역 2차 생태계조사(NIE, 2017a, 2017b, 2018a, 2018b, 2019a, 2019b), DMZ민통선이북지역 생태계조사 1차(NIER, 2012)와 2차(NIE, 2015, 2016), 어류상 논문(Byeon, 2011; Chae *et al.*, 2015)을 근거로 출현기록을 정리하였다.

정밀분포조사는 과거의 출현지점과 서식지가 양호하여 출현이 예상되는 지역을 중심으로 북한강 77개 지점, 남한강 73개 지점, 낙동강 10개 지점 등 150개 지점을 선정하였는데, 지점 간 거리는 IUCN(2001)의 권고 격자(2×2 km)를 고려하여 2~5 km 간격으로 지점을 선정하였으며 일부 DMZ 이북지역의 출현지점은 출입이 제한되어 조사지점에서 제외시켰다. 조사는 원주지방환경청(제2015-35호, 제2019-3호)과 대구지방환경청(제2015-05호, 제2019-03호)의 포획허가를 받은 후 1차(2015년)와 2차(2019년)로 2회 실시하였다. 서식개체수는 3월부터 10월까지 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 하폭과 유평, 수심, 고도, 하천형, 하상구조, 교란요인 등을 조사하였는데, 하천형은 Kani(1944), 하상구조는 Cummins(1962)에 따라 구분하였고, 고도는 Google Earth의 지점별 고도를 사용하였다(Google Earth Pro, US). 멸종위협 등급은 과거 문헌과 본 조사 결과를 근거로 IUCN(2001)의 적색목록 평가기준에 따라 평가하였는데, 개체수 및 출현지점수의 감소경향, 출현 및 점유면적, 단절된 지소(location) 수, 위협요인 등을 근거로 평가하였다.

## 결과 및 고찰

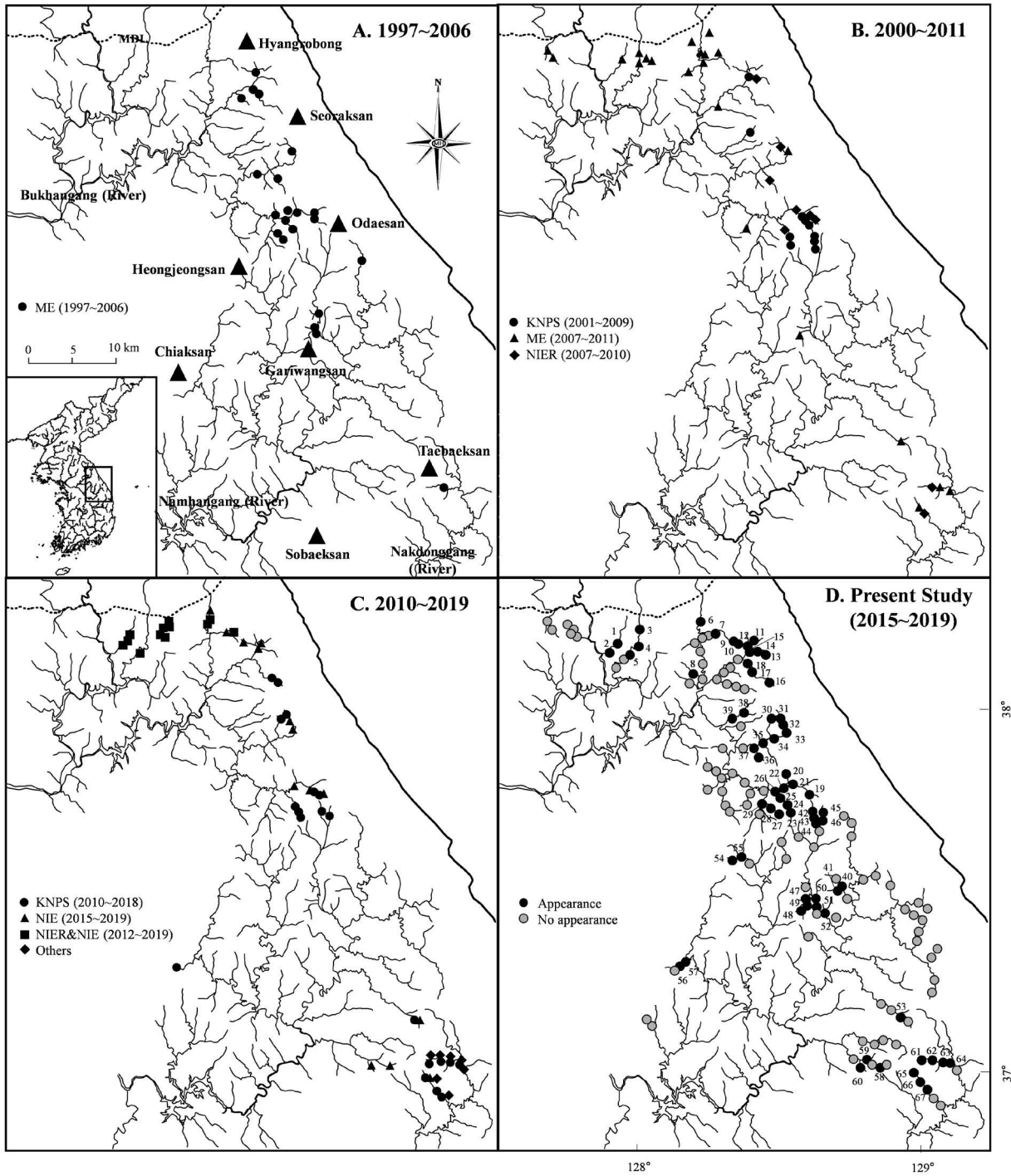
### 1. 시기별 분포 기록

#### 1) 1990년 이전

조선시대의 신증동국여지승람(1481)과 고사신서(1771) 등에 의하면 열목어(*B. l. tsinlingensis*)는 철원군, 양구군, 영월군, 원주시, 인제군, 정선군, 춘천시, 평창군, 홍천군, 횡성군에 서식하는 것으로 기록되어 있다(Choi *et al.*, 1990). 1980~1990년의 열목어는 강원도의 양구군(남면, 방산면, 해안면)과 인제군(기린면, 북면, 서화면), 정선군(사북읍), 평창군(도암면, 미탄면), 홍천군(내면), 횡성군(강림면)의 25개 지점과 경상북도의 석포면 2개 지점 등 모두 27개 지점에서 출현하였다(Choi, 1986, 1990; Choi *et al.*, 1990).

#### 2) 1997~2006년

이 시기에는 제2차 전국자연환경조사(ME, 1997~2006)로



**Fig. 1.** Distribution of *Brachymystax lenok tsinlingensis* in Korea from 1997 to 2019. ME (1997~2006): The 2nd national environment investigation of freshwater fish; ME (2007~2011): The 3rd national environment investigation of freshwater fish, KNPS (2001~2009): The 2nd National Park Resource Survey, NIER (2007~2010): The 1st ecological survey of Baekdudaegan Protected Areas, KNPS (2010~2018): The 3rd National Park Resource Survey, NIE (2017~2019): The 2ed ecological survey of Baekdudaegan Protected Areas, NIER&NIE (2012~2019): The ecological survey of DMZ Protected Areas (NIER, 2012; NIE, 2015, 2016), Others: Byeon, 2011; Chae *et al.*, 2015.

북한강에 16개 지점(북천 4개, 방태천 3개, 내린천 9개), 남한강에 4개 지점(오대천 3개, 송천 1개), 낙동강 1개 지점 등 총 21개 지점에서 서식이 보고되었다(Fig. 1A).

**3) 2000~2011년**

이 시기에는 국립공원 2기 자연자원조사(2001~2009), 제3차 전국자연환경조사(2007~2011), 1차 백두대간보호지역 생

태계조사(2006~2010)가 진행되었다(Fig. 1B). 국립공원 2기 자연자원조사에서는 설악산 2개 지점(KNPS, 2001), 오대산 8개 지점(KNPS, 2004) 등 모두 10개 지점에서 서식이 확인되었다. 제3차 전국자연환경조사에서는 북한강 17개 지점, 남한강 2개 지점, 낙동강 3개 지점 등 모두 22개 지점에서 서식이 확인되었다(ME, 2007~2011). 백두대간보호지역 1차 생태계 조사에서는 북한강 7개 지점, 낙동강 2개 지점 등 모두 9개 지점에서 서식이 확인되었다(NIER, 2008, 2009, 2010).

#### 4) 2010~2019년

이 시기에는 국립공원 3기 자연자원조사(2010~2018), 2차 백두대간보호지역 생태계조사(2015~2019), DMZ민북지역 1~2차 생태계 조사(2012~2019), 낙동강 상류의 열목어 서식현황(Byeon, 2011) 및 어류상 조사(Chae *et al.*, 2015)가 있다(Fig. 1C). 국립공원 3기 자연자원조사는 2010~2018년에 진행되었는데, 열목어는 설악산(KNPS, 2010, 2012a) 4개 지점, 오대산(KNPS, 2012b, 2013) 7개 지점, 태백산(KNPS, 2017) 8개 지점, 치악산(KNPS, 2015) 1개 지점 등 모두 20개 지점에서 서식이 확인되었다. 백두대간보호지역 2차 생태계 조사는 2015~2019년까지 진행되었는데, 북한강 9개 지점, 남한강 3개 지점, 낙동강 1개 지점 등 모두 13개 지점에서 서식이 확인되었다(NIE, 2017a, 2017b, 2018a, 2018b, 2019a, 2019b). DMZ민북지역 1차 생태계조사(2012~2014) 중 동부권역에서 천미천 1개 지점, 수입천 3개 지점, 인북천 2개 지점 등 6개 지점에서(NIER, 2012), DMZ민북지역 2차 생태계조사(2015~2019) 중 동부산악권역에서 천미천 2개 지점, 수입천 2개 지점(NIE, 2016), 동부해안권역에서 인북천 1개 지점(NIE, 2015) 등 모두 5개 지점에서 서식이 확인되었다. 그 외 Byeon (2011)은 낙동강 상류의 열목어 서식현황을 조사하여 현동천(1개)과 송정리천(3개)에서 4개 지점, Chae *et al.* (2015)은 낙동강 상류를 조사하여 현동천(2개)과 송정리천(3개), 낙동강 본류(1개)에서 총 6개 지점에 서식하는 것을 보고하였다.

## 2. 정밀분포조사(2015, 2019)

정밀분포조사는 2015년과 2019년 2회 조사를 실시한 결과 150개 지점 중 67개 지점에서 서식을 확인하였다(Table 1, Fig. 1D). 북한강은 77개 지점 중 39개 지점에서 서식이 확인되었는데, 출현하천은 천미천(2개 지점), 수입천(3개), 인북천(3개), 북천(10개), 내린천(11개), 방태천(8개), 가리산천(2개)이었다. 이 중 내린천과 북천, 방태천은 출현지점 수 및 개체수가 많아 큰 집단을 형성하고 있었다. 남한강은 73개 지점 중 20개 지점에서 서식이 확인되었는데, 출현하천은 봉산천(2개), 오대천(11개), 지장천(1), 평창강(2개), 주천강(2개), 옥동

천(2개)이었다. 이 중 오대천은 가장 많은 지점수와 많은 개체수의 서식이 확인되어 주목되었으며, 크게 오대천 상류의 오대산국립공원과 오대산 중하류부로 구분되었다. 낙동강은 10개 지점 중 7개 지점에서 서식을 확인하였는데, 출현하천은 송정리천(4개)과 현동천(3개)이었다. 송정리천은 천연기념물 제74호로 지정된 열목어 서식지가 포함되는 하천으로 현동천과 함께 비교적 서식구간이 길며 많은 개체가 서식하고 있었다.

## 3. 서식양상

조선시대에 출현한 지역(Choi *et al.*, 1990) 중 본 조사 및 최근 조사에서 서식이 확인되지 않은 지역은 원주시와 춘천시 2곳이었는데, 과거 정확한 출현지점이 보고되지 않아 직접 조사를 실시하지 못하였다.

열목어는 북한강에서 내린천과 방태천, 북천, 수입천 등에서는 1990년 이전부터 지금까지 지속적으로 서식이 확인되었으며 본 조사에서도 많은 지점에서 많은 개체가 서식하는 것으로 나타나 주목되었다(Fig. 1). 인북천은 1990년 이전부터 서식이 보고되었으나 서식지점이 비교적 적었는데, 제3차 전국자연환경조사로 7개 지점에서 서식이 확인된 것으로 볼 때(ME, 2007~2011) 서식지역이 DMZ 민통선이북지역에 해당하기 때문에 출현기록이 적었을 뿐 비교적 넓게 서식하는 것으로 판단되었다. 철원군 주파리는 DMZ 민통선이북지역의 북한강 지류로 제3차 전국자연환경조사에서 2개 지점에서 서식이 확인되었으나 본 조사에서는 서식이 확인되지 않았으며, 북천 지류 한계천은 제3차 전국자연환경조사에서만 서식이 보고되었을 뿐(ME, 2007~2011) 그 외 조사에서 서식이 확인되지 않았다.

남한강에서 오대천은 1990년 이전부터 지금까지 지속적으로 서식이 확인되고 있으며 본 조사에서도 서식지역이 넓고 개체수도 많았다(Fig. 1). 하지만 오대천은 중류부인 평창군 진부면의 개발 및 휴양시설 증가로 인해 열목어 서식지는 상류와 중·하류로 분리되었으며, 상류부의 모든 서식지는 오대산국립공원에 포함되어 서식지 보호를 받는 반면, 중·하류부는 보호지역이 아니며 최근 평창동계올림픽(2018년)의 개최로 인해 서식지가 일부 교란된 바 있다. 주천강(강림천)은 Choi (1986)에 의해 서식이 보고된 후 국립공원 3차 자연자원조사(KNPS, 2015)에서, 그리고 본 조사에서 서식(2개 지점)이 확인되었다. 천연기념물 제73호로 지정된 정암사(지장천)는 1990년 이전부터 서식이 보고되었으며(Choi, 1986), 제3차 전국자연환경조사(ME, 2007~2011), 국립공원 3차 자연자원조사(KNPS, 2017), 2차 백두대간보호지역 생태계 조사(NIE, 2017b), 본 조사에서도 서식이 확인되었으나 서식지역이 좁고 개체수도 소수만 서식하는 것으로 나타났다. 옥동천(내린천)

**Table 1.** Habitat characteristics of appearance stations of *Brachymystax lenok tsinlingensis* in Korea in 2015 and 2019

St.	River width (m)	Water width (m)	Water depth (m)	Altitude (m)	River types*	Bottom substratum (%)**					No. of individuals***			River		Etc#		
						M	S	G	P	C	B	2015	2019	Total	River		Stream	
1	20~30	5~10	0.3~1.5	243	Aa			10	10	30	50	2	1	3	Bukhangang	Cheonmicheon		
2	15~20	5~10	0.3~1.5	234	Aa		10		20	30	40	1	2	3	Bukhangang	Cheonmicheon		
3	10~60	10~30	0.5~5.0	336	Aa				10	90		6	7	13	Bukhangang	Suipcheon		
4	50~60	30~40	0.3~1.5	300	Aa-Bb				10	40	50	3	2	5	Bukhangang	Suipcheon	W, RW	
5	60~70	10~50	0.5~1.5	265	Aa-Bb				10	30	60	1	0	1	Bukhangang	Suipcheon		
6	100~200	40~60	0.3~2.0	386	Bb			10	10	20	60	-	1	1	Bukhangang	Inbukcheon		
7	40~50	5~10	0.3~1.2	440	Aa				10	20	70	2	1	3	Bukhangang	Inbukcheon		
8	10~15	3~5	0.3~1.2	291	Aa		10	10	20	40	20	1	0	1	Bukhangang	Inbukcheon	W	
9	60~80	10~30	0.3~1.5	434	Aa		10	10	30	30	20	0	3	3	Bukhangang	Bukcheon		
10	15~20	5~10	0.3~1.2	479	Aa				10	20	70	7	4	11	Bukhangang	Bukcheon	VS	
11	15~20	5~8	0.3~1.2	459	Aa				10	20	70	3	2	5	Bukhangang	Bukcheon	VS	
12	50~80	5~10	0.3~1.2	421	Aa				10	20	70	-	2	2	Bukhangang	Bukcheon		
13	7~10	2~5	0.3~1.5	558	Aa					20	80	-	2	2	Bukhangang	Bukcheon		
14	20~30	5~8	0.3~1.2	476	Aa					20	80	0	2	2	Bukhangang	Bukcheon	VS	
15	80~100	30~50	0.3~1.5	385	Aa				10	30	60	5	2	7	Bukhangang	Bukcheon	W	
16	20~30	5~10	0.3~1.5	552	Aa				10	20	70	1	0	1	Bukhangang	Bukcheon		
17	20~30	10~15	0.3~2.5	418	Aa				10	20	70	3	2	5	Bukhangang	Bukcheon		
18	50~70	15~25	0.3~3.0	360	Aa				10	30	60	0	4	4	Bukhangang	Bukcheon	W, VS	
19	30~40	10~15	0.3~1.5	701	Aa			10	10	20	60	15	3	18	Bukhangang	Naerincheon		
20	10~12	3~4	0.3~1.0	676	Aa					30	50	20	1	0	1	Bukhangang	Naerincheon	
21	20~25	5~10	0.3~1.5	629	Aa-Bb					20	20	60	5	2	7	Bukhangang	Naerincheon	
22	50~60	20~30	0.3~1.5	600	Aa-Bb					10	20	70	23	3	26	Bukhangang	Naerincheon	
23	15~20	5~10	0.5~1.2	693	Aa					10	20	70	1	0	1	Bukhangang	Naerincheon	
24	30~40	10~20	0.5~1.5	676	Aa					10	20	70	3	1	4	Bukhangang	Naerincheon	
25	20~30	5~15	0.3~1.5	625	Aa					10	20	70	2	2	4	Bukhangang	Naerincheon	
26	30~40	15~20	0.5~4.0	559	Aa					20	40	40	19	12	31	Bukhangang	Naerincheon	
27	7~10	2~5	0.3~1.3	769	Aa					10	20	70	1	0	1	Bukhangang	Naerincheon	
28	8~10	3~5	0.3~0.5	705	Aa					20	80	3	0	3	Bukhangang	Naerincheon	RW	
29	15~20	3~6	0.3~1.2	597	Aa-Bb					20	40	40	3	2	5	Bukhangang	Naerincheon	
30	20~25	5~15	0.3~2.0	788	Aa					20	80	2	8	10	Bukhangang	Bangtaecheon		
31	30~40	10~20	0.5~1.5	688	Aa					10	20	70	5	15	20	Bukhangang	Bangtaecheon	RW
32	30~40	5~10	0.3~1.2	653	Aa					10	20	70	-	14	14	Bukhangang	Bangtaecheon	RW
33	30~40	15~20	0.3~1.2	610	Aa					20	80	1	2	3	Bukhangang	Bangtaecheon		
34	50~60	20~30	0.3~2.0	503	Aa					10	20	70	2	3	5	Bukhangang	Bangtaecheon	
35	70~80	30~50	0.3~1.2	409	Aa			10		10	20	60	2	2	4	Bukhangang	Bangtaecheon	
36	30~40	5~10	0.3~1.5	454	Aa					20	80	0	2	2	Bukhangang	Bangtaecheon	VS	
37	50~60	25~40	0.3~2.0	375	Aa-Bb					10	20	70	-	1	1	Bukhangang	Bangtaecheon	W
38	20~30	5~12	0.5~2.0	493	Aa			10		10	20	60	2	1	3	Namhangang	Garisancheon	
39	20~30	5~15	0.5~2.0	370	Aa			10		10	20	60	3	2	5	Namhangang	Garisancheon	
40	30~40	5~10	0.3~1.2	541	Aa					20	40	40	2	0	2	Namhangang	Bongsancheon	
41	10~15	3~5	0.3~1.0	552	Aa					10	20	70	7	3	10	Namhangang	Bongsancheon	
42	20~25	5~15	0.3~1.5	801	Aa					10	20	70	5	3	8	Namhangang	Odaecheon	
43	20~25	5~10	0.3~1.5	713	Aa					10	90		18	12	30	Namhangang	Odaecheon	
44	50~60	20~40	0.3~1.5	670	Aa					10	20	70	8	6	14	Namhangang	Odaecheon	
45	20~25	10~15	0.5~1.5	729	Aa					20	80		5	5	10	Namhangang	Odaecheon	
46	25~30	10~20	0.3~1.5	640	Aa			20		10	20	50	2	2	4	Namhangang	Odaecheon	
47	15~20	5~10	0.3~2.5	454	Aa					10	20	70	5	5	10	Namhangang	Odaecheon	

Table 1. Continued

St.	River width (m)	Water width (m)	Water depth (m)	Altitude (m)	River types*	Bottom substratum (%)**					No. of individuals***			River		Etc#	
						M	S	G	P	C	B	2015	2019	Total	River		Stream
48	10~13	5~8	0.5~1.3	561	Aa					20	80	3	12	15	Namhangang	Odaecheon	
49	10~15	5~8	0.3~1.5	467	Aa					20	80	4	7	11	Namhangang	Odaecheon	
50	15~20	5~8	0.3~1.2	476	Aa			10	20	70		2	1	3	Namhangang	Odaecheon	
51	15~20	5~10	0.3~1.5	414	Aa			10	20	70		3	4	7	Namhangang	Odaecheon	
52	5~10	2~3	0.3~1.0	420	Aa			10	20	70		3	3	6	Namhangang	Odaecheon	
53	15~20	3~5	0.3~1.2	858	Aa			10	20	70		1	0	1	Namhangang	Jijangcheon	
54	20~25	5~15	0.3~2.5	648	Aa			10	20	70		4	2	6	Namhangang	Pyeongchanggang	
55	20~30	10~15	0.3~1.5	614	Aa			10	20	70		10	12	22	Namhangang	Pyeongchanggang	
56	30~40	5~10	0.5~1.5	458	Aa			10	20	70		1	0	1	Namhangang	Jucheongang	
57	50~70	15~40	0.5~2.0	425	Aa			10	20	70		3	2	5	Namhangang	Jucheongang	W, VS
58	13~15	3~5	0.3~1.2	646	Aa			10	20	70		-	2	2	Namhangang	Okdongcheon	
59	10~15	5~10	0.3~1.2	534	Aa			10	20	70		0	12	12	Namhangang	Okdongcheon	
60	15~20	3~5	0.3~1.2	583	Aa			10	20	70		2	0	2	Namhangang	Okdongcheon	
61	15~20	5~10	0.5~1.2	693	Aa			10	20	70		22	15	37	Nakdonggang	Songjeongricheon	
62	20~25	5~10	0.5~1.5	619	Aa					20	80	28	18	46	Nakdonggang	Songjeongricheon	
63	40~50	10~15	0.5~1.5	561	Aa			10	20	70		2	3	5	Nakdonggang	Songjeongricheon	
64	30~50	10~15	0.5~1.5	530	Aa			10	40	50		3	0	3	Nakdonggang	Songjeongricheon	
65	30~35	5~10	0.3~1.5	528	Aa			10	20	70		16	14	30	Nakdonggang	Hyeondongcheon	
66	20~25	5~10	0.5~1.5	485	Aa			10	20	70		8	6	14	Nakdonggang	Hyeondongcheon	
67	25~30	5~10	0.5~2.0	411	Aa			10	40	50		-	5	5	Nakdonggang	Hyeondongcheon	
Number of stations												55	56	67			
Number of individuals												286	256	542			

\*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). \*\*\*-: not survey, #RW: disturbance of habitat by river work\*, W: weir, VS: vacation spot.

은 2차 백두대간보호지역 생태계 조사(NIE, 2017a)와 본 조사(3개 지점)로 서식이 확인되었는데, 서식지역은 비교적 적었으나 개체수는 비교적 많은 편이었다. 평창강 상류 흥정계곡(2개 지점)과 송천지류 봉산천(2개 지점)은 본 조사에서 서식이 처음으로 확인되었는데, 서식지역은 비교적 적으나 서식개체수는 비교적 많은 편이었다. 송천은 제2차 전국자연환경조사에서 서식이 보고되었으나(ME, 1997~2006) 이후 서식이 보고되지 않아 개체수가 급감하였거나 지역적 절멸한 것으로 추정되며, 그 외 골지천, 용탄천, 제천천 등은 서식이 가능할 것으로 판단되어 조사하였으나 서식하지 않았다.

낙동강은 1990년도 이전부터 2000년대까지는 석포면의 송정리천에만 서식하는 것으로 보고되었으나(Choi, 1990; ME, 1997~2006), 이후 소천면의 현동천에도 넓게 서식하는 것으로 보고되었고(ME, 2007~2011; NIER, 2008; Byeon, 2011; Chae *et al.*, 2015; NIE, 2017a; KNPS, 2017), 본 조사에서도 송정리천과 현동천은 비교적 넓은 범위에 많은 개체가 서식하는 것으로 확인되었다. 다만 Chae *et al.* (2015)에 의해 보고된 석

포면의 낙동강 본류는 서식이 확인되지 않았는데, 이는 2010년대 발생한 석포면 제련소의 오염수 배출로 인한 여러 번의 어류 집단폐사와 관련 있는 것으로 추정된다.

#### 4. 서식분포 특성

본 조사에서 열목어가 출현한 지역은 하천 상류로 서식지는 개발이 되지 않고 수목이 발달하여 하천에 그늘이 많이 진 곳이었다. 출현지점들의 유폭과 수심, 고도, 큰돌(boulder)의 비율에 따른 개체수 분포양상은 Fig. 2와 같았다. 유폭은 2~50 m 범위 내에서 서식하였는데, 4~20 m가 85%를 차지하였고, 수심은 0.3~5.0 m 범위에서 1~2 m가 90.0%, 고도는 200~900 m 범위에서 400~700 m가 76%이며, 큰돌의 비율은 20~90% 범위에서 70~80%가 75%로 나타났다. 따라서 열목어의 주 서식지는 고도가 400 m 이상의 하천 상류로 유폭 4~20 m, 수심 1~2 m이며 큰돌의 비율이 70~80%인 곳이었다.

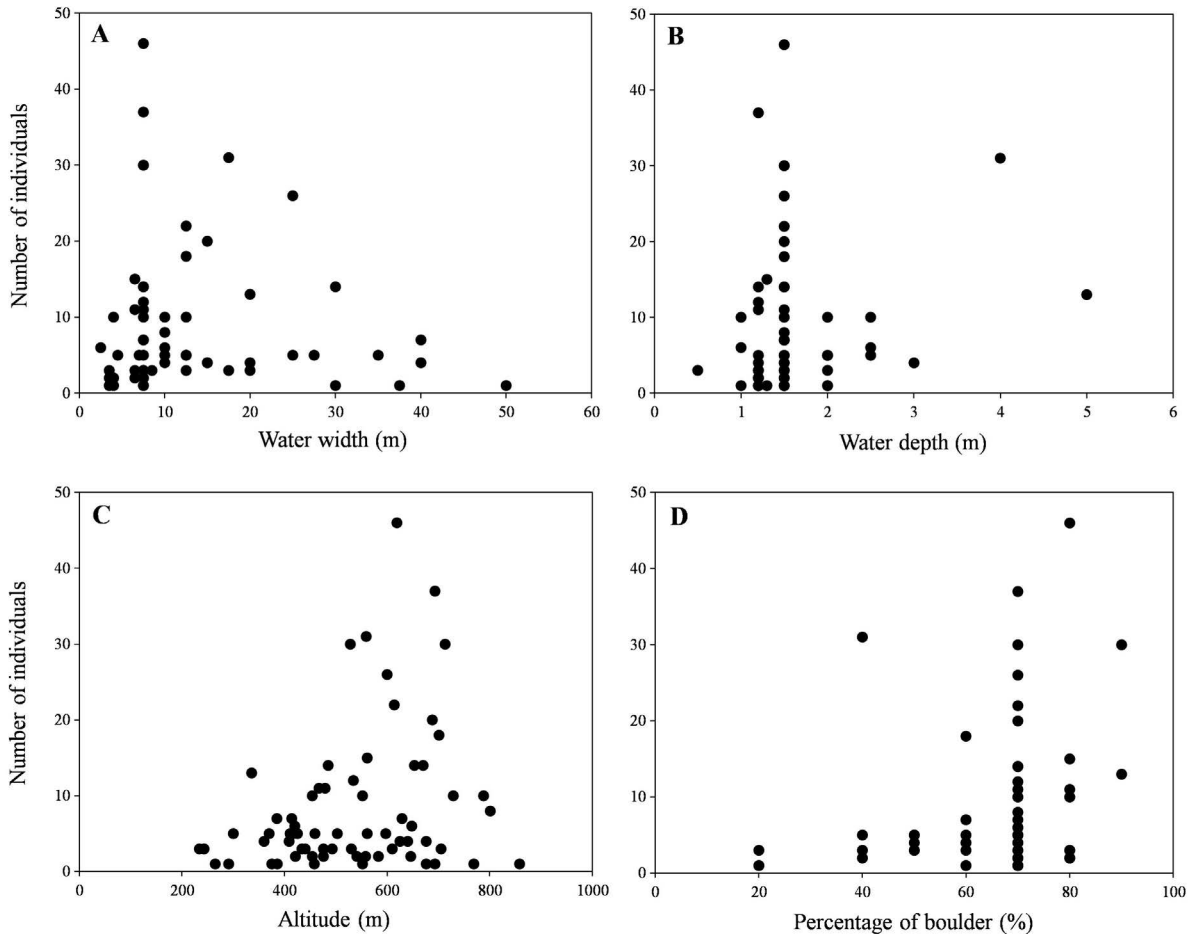


Fig. 2. Aspects of number of individuals of *Brachymystax lenok tsinlingensis* by water width (A), water depth (B), altitude (C), percentage of boulder (D) in Korea in 2015 and 2019.

### 5. 감소율 및 위협요인

열목어의 서식이 보고된 지점들에 대한 본 조사 결과를 비교하며, 1997~2006년은 18개 지점 중 15개 지점에서 서식이 확인되어 서식지 감소율은 16.7%, 2000~2011년은 29개 지점 중 23개 지점에서 서식이 확인되어 감소율은 20.7%, 2010~2019년은 31개 지점 중 28개 지점에서 서식이 확인되어 감소율은 10.0%였다. 과거 서식하였으나 본 조사에서 출현하지 않은 지점들의 서식지 특징을 보면, 남한강의 송천 상류부는 저수지 공사로 인해 서식지가 크게 교란되었고, 석포면 낙동강 본류는 제련소의 오염수 배출로 인한 여러 번의 어류 집단폐사를 겪었으며, 한계천은 2002년과 2003년에 연속적인 태풍 “루사”와 “매미”로 인해 대규모 홍수가 발생하면서 서식지가 큰 변화를 겪었다(Yoon and Kim, 2004; Kim *et al.*, 2006). 또한 본 조사에서 2015년에 출현하였으나 2019년에 출현하지 않았거나 개체수가 급격히 감소한 지점들 중 하천정비공사나 교량공사가 진행된 지점들은 4개 지점이 있었고 여름철 피서객의 유입으로 인한 교란은 6개 지점이 있었으며 보

가 설치되어 어류의 이동을 제한하는 지점은 6개 지점이었다. Radio tag을 이용한 이동양상을 조사한 결과에 따르면 열목어는 산란을 위해 수 km 계곡으로 소상하여 산란하고 이후 유폭이 큰 하천 하류로 이동하여 서식하는 것으로 알려졌다 때문에(Yoon and Jang, 2009; Yoon *et al.*, 2014) 하천에 설치된 보는 열목어의 서식에 큰 장애물로 작용할 것으로 판단된다. 그 외 열목어는 루어낚시 대상종으로 널리 알려졌던 종으로 2012년 환경부지정 멸종위기 야생생물로 지정된 이후에도 루어낚시의 대상이 되면서 남획이 우려되고 있다.

### 6. 멸종위험 평가 및 보전방향

열목어의 멸종위험 정도는 IUCN(2001)의 평가기준 A와 B로 평가하였다. 평가기준 A의 경우 3세대 또는 10년을 기준으로 평가하는데, 열목어의 연령은 만 3년생 이상으로 추정된 바 있으나 1세대의 연령은 연구된 바 없어 10년을 기준으로 하였다. 이에 감소경향은 본 조사결과와 2000~2011년의 출현결과를 비교한 결과, 감소율은 20.7% (29개 중 6개 미출

현)였다. 열목어의 감소 원인은 명확히 밝혀지거나 원인이 해소되지 않았고, 출현범위 및 점유면적이 점점 감소하고 있으며, 서식지의 질은 하천공사와 오염수 유출, 루어낙시로 인한 남획 등으로 하락되고 있었다. 이러한 근거로 멸종위협 등급은 근접한 취약(Near meets VU A2acd)으로 평가되었다. 평가기준 B에서는 본 조사 결과 출현범위가 약 7,732 km<sup>2</sup>, 점유면적 268 km<sup>2</sup> (67지점×4 km<sup>2</sup>)이며, 단절된 지소 수는 15개이고 극심한 개체군 변동(출현범위와 점유면적, 지소 수 또는 아개체군 수, 성숙개체수)은 관찰되지 않아서 근접한 취약(Near meets VU B1b (i,ii,iii) + B2b (i,ii,iii))으로 평가되었다. 따라서 열목어의 멸종위협 등급을 평가한 결과 멸종위기 범주(취약, 위기, 취약)에 해당하지 않았으나 멸종위기 범주에 근접하거나 머지않아 멸종위기 범주에 해당할 가능성이 높기 때문에 “준위협종(Near Threatened, NT)”으로 평가하였다.

열목어는 본 조사 결과 대부분 백두대간 및 DMZ 민통선이 북지역에 비교적 넓게 분포하고 있는데, 설악산, 오대산, 태백산, 치악산은 국립공원으로, DMZ 민통선이북지역은 군사보호지역으로 보호받고 있다. 그 외 방태천과 내린천, 북천상류, 오대천(중하류), 현동천, 평창강(홍정계곡), 옥동천은 집단서식지로 밝혀졌는데, 현재 이들 지역에는 무분별한 하천정비공사나 여름철 피서지로 이용, 오염수 유출 등이 관찰되고 있기 때문에 더 이상 자연이 훼손되지 않도록 천연기념물 또는 생태계보전지구 등으로 지정하는 등 적극적인 보호가 필요하다고 판단된다. 또한 최근 오대산 국립공원은 열목어 치어 방류를 통한 복원 사업이 성공한 것으로 보고되었기 때문에(WPOE, 2017), 정암사 등 현재 개체수가 급격히 감소하고 있는 지역에서는 치어 방류 등의 복원 노력이 필요하다고 판단되었다.

## 요 약

우리나라의 멸종위기어류 열목어 *Brachymystax lenok tsinlingensis*의 분포양상 및 서식지 특징, 멸종위협 등급을 평가하기 위해 분포조사를 2015년과 2019년에 실시하였다. 출현기록은 1990년 이전, 1997~2006년, 2000~2011년, 2010~2019년으로 나누어 정리하였다. 분포조사는 모두 150개 지점을 조사하여 67개 지점에서 542개체를 확인하였는데, 내린천(11개 지점), 오대천(11개), 북천(10개), 방태천(8개), 송정리천(4개), 수입천(3개), 인북천(3개), 현동천(3개) 등의 순으로 지점수와 개체수가 많았다. 열목어의 주 서식지는 고도가 400 m 이상으로 높은 하천 상류로 유폭 4~20 m, 수심 1~2 m이며 큰돌의 비율이 70~80%로 높은 곳이었다. 감소 및 위협요인은 하천정비공사, 저수지 및 교량 건설, 오염수 배출, 여름철 피서객 유입, 보 등이었다. 멸종위협 등급을 IUCN 평가기준(A, B)에 따라 평가했을 때, 2000~2011년 대비 서식지 감소율(20.7%),

출현범위(7,732 km<sup>2</sup>), 점유면적(268 km<sup>2</sup>), 단절된 지소수(15개), 서식지 질 하락 등을 근거로 근접한 취약(Near meets VU A2acd, B1b (i,ii,iii) + B2b (i,ii,iii))으로 나타나 최종 “준위협종(Near Threatened, NT)”으로 평가되었다.

## 사 사

본 연구는 환경부 국립생물자원관의 멸종위기 야생생물 전국 분포조사 일환으로 조사되었으며, 본 조사가 진행될 수 있도록 도와주신 국립생물자원관의 권선만 박사님과 오현정 박사님께 감사드립니다.

## REFERENCES

- Byeon, H.K. 2011. The characteristic of fish fauna and *Brachymystax lenok tsinlingensis* individuals in the Bonghwa-gun, Korea. *Kor. J. Env. Eco.*, 25: 878-886.
- Byeon, H.K., K.S. Jo, J.S. Choi, J.H. Park, J.K. Choi, Y.M. Son and S.R. Jeon. 1995. Diet of manchurian trout (*Brachymystax lenok tsinlingensis*) at Jindong Stream. *Korean J. Limnol.*, 28: 279-287. <https://doi.org/10.11614/KSL.2015.48.2.139>.
- CHA (Cultural Heritage Administration). 2004. Rport of survey and management of natural monument species, *Brachymystax lenok tsinlingensis*. Cultural Heritage Administration, Daejeon, Korea, 103pp.
- Chae, B.S., S.K. Kim, Y.H. Kang, N.S. Heo, J.M. Park, H.U. Ha and U.W. Hwang. 2015. Ichthyofauna and fish community structure in upper reach of the Nakdong River, Korea. *Korean J. Ichthyol.*, 27: 116-132.
- Choi, K.C. 1986. The nature of Gangwon, freshwater fishes. Gangwon Provincial Office of Education, Chuncheon, Korea, 389pp.
- Choi, K.C. 1990. The nature of Gyeongbuk, freshwater fishes. Gyeongsangbuk-do Provincial Office of Education, Daegu, Korea, 408pp.
- 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, Korea, 277pp.
- 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.
- IUCN. 2001. IUCN red list categories and criteria: Version 3.1. IUCN Species Survival Commission. IUCN, ii + 30pp.
- IUCN. 2019. IUCN Red List of threatened species. version (12/2020). Retrieved from <http://www.iucn.org/resources/conservation-tools>.
- Jang, J.E., J.H. Kim, J.H. Kang, S.Y. Baek, J. Wang, J.G. Lee, J.K. Choi and H.J. Lee. 2017. Genetic diversity and genetic



- structure of the endangered Manchurian trout, *Brachymystax lenok tsinlingensis*, at its southern range margin: conservation implications for future restoration. *Conserv. Genet.*, 18: 1023-1036. <https://doi.org/10.1007/s10592-017-0953-7>.
- 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. Freshw. Fish*, 15: 315-320. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0633.2006.00161.x>.
- Kani, T. 1944. Ecology of torrent-inhabiting insects. In: Furukawa, J. (ed.), *Insect I. Kenkyu-sha*, Tokyo, Japan, pp. 171-317.
- Kim, C.H., 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, 518pp.
- Kim, I.S. and J.Y. Park. 2007. Freshwater fishes of Korea. Kyohak Publishing Co. Ltd., Seoul, Korea, 467pp.
- Kim, J.H., J.D. Yoon, H.B. Jo and M.H. Jang. 2015. The study on daily movement patterns of *Brachymystax lenok tsinlingensis* inhabit in the upper part of the Nkdong River. *Korean J. Ecol. Environ.*, 48: 139-145.
- KNPS (Korea National Park Service). 2001. Natural resource survey of Seoraksan National Park. Korea National Park Research Institute, Seoul, Korea, 487pp.
- 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). 2010. Natural resource survey of Seoraksa National Park. Korea National Park Research Institute, Namwon, Korea, 679pp.
- KNPS (Korea National Park Service). 2012a. Natural resource survey of Seoraksa (Jeombongsan) National Park. Korea National Park Research Institute, Namwon, Korea, 316pp.
- KNPS (Korea National Park Service). 2012b. Natural resource survey of Odaesan (Gyebangsang) National Park. Korea National Park Research Institute, Namwon, Korea, 331pp.
- 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 Chiaksan National Park. Korea National Park Research Institute, Wonju, Korea, 797pp.
- KNPS (Korea National Park Service). 2017. Natural resource survey of Taebaesan National Park. Korea National Park Research Institute, Wonju, Korea, 852pp.
- 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., 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. <https://doi.org/10.35399/ISK.31.1.3>.
- 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.31.1.3>.
- 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.S. 2020. A study of the fish community and habitat characteristics of the manchurian trout (*Brachymystax lenok tsinlingensis*) population in Hongcheon. Master Thesis, Sangji University, Wonju, Korea, 101pp.
- Kwater. 2007. A guidebook of rivers in South Korea. Kwater, Daejeon, Korea, 582pp.
- ME (Ministry of Environment). 1997-2006. The 2nd 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). 2007-2011. The 3rd national environment investigation of freshwater fish. Ministry of Environment, National Institute of Environmental Research, Incheon, Korea.
- 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).
- 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). 2015. Ecological survey of DMZ protected areas (Eastern Coast Area). Ministry of Environment, National Institute of Ecology, Seochon, Korea, 441pp.
- NIE (National Institute of Ecology). 2016. Ecological survey of DMZ protected areas (Eastern Mountain Area). Ministry of

- Environment, National Institute of Ecology, Seochon, Korea, 545pp.
- NIE (National Institute of Ecology). 2017a. Ecological survey of Baekdudaegan protected areas (Myojeoggae~Hwabang-gae). Ministry of Environment, National Institute of Ecology, Seochon, Korea, 464pp.
- NIE (National Institute of Ecology). 2017b. Ecological survey of Baekdudaegan protected areas (Hwabanggae~Thatjae). Ministry of Environment, National Institute of Ecology, Seochon, Korea, 416pp.
- NIE (National Institute of Ecology). 2018a. Ecological survey of Baekdudaegan protected areas (Thatjae~Sapdangryeong). Ministry of Environment, National Institute of Ecology, Seochon, Korea, 428pp.
- NIE (National Institute of Ecology). 2018b. Ecological survey of Baekdudaegan protected areas (Sapdangryeong~Sinbaeryeong). Ministry of Environment, National Institute of Ecology, Seochon, Korea, 432pp.
- NIE (National Institute of Ecology). 2019a. Ecological survey of Baekdudaegan protected areas (Sinbaeryeong~Daeganryeong). Ministry of Environment, National Institute of Ecology, Seochon, Korea, 450pp.
- NIE (National Institute of Ecology). 2019b. Ecological survey of Baekdudaegan protected areas (Daeganryeong~Samjaeryeong). Ministry of Environment, National Institute of Ecology, Seochon, Korea, 455pp.
- NIER (National Institute of Environmental Research). 2008. Ecological survey of DMZ protected areas (Samcheok Thatjae~Songnisan Hyeongjebong). Ministry of Environment, National Institute of Environmental Research, Incheon, Korea, 503pp.
- NIER (National Institute of Environmental Research). 2009. Ecological survey of DMZ protected areas (Odaesan Jingo-gae~Samcheok Thatjae). Ministry of Environment, National Institute of Environmental Research, Incheon, Korea, 371pp.
- NIER (National Institute of Environmental Research). 2010. Ecological survey of DMZ protected areas (Goseong Hyangrong~Odaesan Jingo-gae). Ministry of Environment, National Institute of Environmental Research, Incheon, Korea, 445pp.
- NIER (National Institute of Environmental Research). 2012. Ecological survey of DMZ area. Institute of Environmental Research, Incheon, Korea, 283pp.
- NPRI (National Park Research Institute). 2013. Habitat environment and genetic diversity between the groups of *Brachymystax lenok tsinlingensis* in Odaesan National Park. National Park Research Institute, Wonju, Korea, 101pp.
- 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>.
- 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, H.N., K.D. Kim, Y.L. Jeon, J.H. Lee and Y.J. Park. 2013. Stomach contents of the manchurian trout (*Brachymystax lenok tsinlingensis*) and river salmon (*Oncorhynchus masou masou*) in the Odae Mountain, Gangwondo. *Korean J. Ichthyol.*, 25: 90-105.
- Yoon, J.D. and M.H. Jang. 2009. Migration patterns of *Brachymystax lenok tsinlingensis* using Radio tags in the upper part of the Nakdong River. *Korean J. Limnol.*, 42: 58-66.
- Yoon, J.D., J.H. Kim, H.B. Jo, M.A. Yeom, W.M. Heo, G.J. Joo and M.H. Jang. 2014. Seasonal habitat utilization and movement patterns of the threatened *Brachymystax lenok tsinlingensis* in a Korean river. *Environ. Biol. Fishes*, 98: 225-236.
- Yoon, Y.Y. and H.S. Kim. 2004. Effect of typhoon "Rusa" on the natural Yeon-gok stream and coastal ecosystem in the Yeong-dong province. *J. Korean Soc. Mar. Environ. Energy*, 7: 35-41.
- Yu, J.N. and M. Kwak. 2015. The complete mitochondrial genome of *Brachymystax lenok tsinlingensis* (Salmoninae, Salmonidae) and its intraspecific variation. *Gene*, 573: 246-253. <https://doi.org/10.1016/j.gene.2015.07.049>.