

멸종위기어류 미호종개 *Cobitis choii* (Pisces: Cobitidae)의 분포양상과 멸종위협 평가

고명훈* · 한미숙

고수생태연구소

Distribution Aspect and Extinction Threat Evaluation of the Endangered Miho Spined Loach, *Cobitis choii* (Pisces: Cobitidae) by Myeong-Hun Ko* and Mee-Sook Han (Kosoo Ecology Institute, Seoul 07952, Republic of Korea)

ABSTRACT Distribution status and extinction threat evaluation of an endangered species, *Cobitis choii*, were investigated from 2015 to 2019. In 2015 and 2018, we investigated past appearance sites of *C. choii*. In 2015, 163 individuals from nine sites were collected by surveying 19 stations. In 2018, 19 individuals from five sites were collected by surveying 22 sites. In 2019, 156 individuals from 12 sites were collected as a result of a survey of 79 sites of past appearance and potential appearance of *C. choii*. Appearance regions were Mihocheon (Baekgokcheon (2 sites), Chopyeongcheon (1 sites)), Gapcheon (3 sites), Yugucheon (2 sites), Jicheon (4 sites), and Geumgang mainstream (2 sites). Among these appearing regions, Baekgokcheon, Yugucheon, and Mihocheon mainstreams showed a sharp decline in population. Baekgokcheon was estimated to have a habitat change due to a project to raise the bank of Baekgok Reservoir. Yugucheon was estimated to have a habitat disturbance due to flood-induced collapse and reconstruction of weir. Mihocheon mainstream was estimated to have water pollution and habitat disturbance. On the other hand, Chopyeongcheon and Geumgang mainstream were newly habitat identified and Gapcheon was noted to show an increase in the number of individuals. After performing extinction threat evaluation, *C. choii* was evaluated as Endangered (EN A2ac) due to its rapid population decline (more than 50%) in its habitats of Baekgokcheon, Yugucheon, and Mihocheon based on criteria A, while it was evaluated as Vulnerable (VU B1ab (iii,v) + B2ab (iii,v)) due to its narrow extent of occurrence (EOO, 1,735 km²) and area of occupancy (AOO, 36 km²) in 6 locations with a continuous population decline based on criteria B. Therefore, the final threat of extinction grade was evaluated as Endangered (EN A2ac). In Baekgokcheon, Yugucheon, and Mihocheon mainstream where the population has declined rapidly recently, conservation measures are urgently required to increase its population.

Key words: *Cobitis choii*, endangered species, distribution aspect, extinction threat evaluation

서 론

야생생물들은 전 세계적으로 산업화 이후 인위적인 원인으로 인해 많은 종들이 멸종하거나 멸종위협에 처하고 생물다양성이

심각하게 감소한 것으로 보고되었다(Sala *et al.*, 2000; IUCN, 2020). 우리나라 담수어류도 강과 하천에 대형 보와 댐, 하구 등의 건설, 다양한 하천공사, 수질오염, 생태계교란종의 도입 등의 원인으로 고유종 및 자생종들의 일부 종은 멸종하고 많은 종들이 멸종위협에 처한 것으로 보고되었다(Jang *et al.*, 2006; Kwater, 2007; NIBR, 2011, 2019; Ko *et al.*, 2017). 환경부는 1989년부터 멸종위기종을 지정하여 보호하고 있는데, 이 중 담

저자 직위: 고명훈 (소장), 한미숙 (대표이사)

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

수어류는 1996년 24종, 1998년 12종, 2005년 18종, 2012년 25종, 2017년 27종, 2022년 29종으로 점점 증가하고 있다(ME, 1996, 1998, 2005, 2012a, 2017, 2022). 멸종위기종을 효율적으로 보존하기 위해서는 종에 대한 정확한 멸종위협 등급을 평가하여 지정·관리하는 것이 중요한데, 세계자연보전연맹(IUCN)에서는 멸종위협 등급을 객관적으로 평가할 수 있는 적색목록 범주 및 기준 지침서를 발간하였다(IUCN, 2001). 우리나라에서는 이를 기반으로 적색목록집을 분류군별로 발간하고 있는데, 어류는 2011년과 2019년에 발간되었다(NIBR, 2011, 2019). 하지만 이들 적색자료집은 감소경향 및 멸종위협 등급을 평가하기 위한 객관적인 자료가 부족하여 정확한 평가의 한계가 있었으며, 이러한 이유로 대상종 전체를 아우르는 정밀분포조사를 주기적으로 실시함으로써 감소경향 및 분포양상, 감소원인 등을 파악하고 분석하여 멸종위협 등급을 재평가하고 있다(Ko, 2016; Ko *et al.*, 2018a, 2018b, 2019, 2020, 2021, 2022; Choi *et al.*, 2021, 2022).

미호종개 *Cobitis choii*가 속한 미꾸리과(Cobitidae) 어류는 유라시아와 아프리카 북부에 21속 171종이 분포하고(Kottelat, 2012; Nelson *et al.*, 2016), 우리나라에는 5속 16종이 서식하며 생활형은 저서성 소형어류이다(Kim, 2009; Chae *et al.*, 2019). 미호종개는 1984년 Kim and Son에 의해 신종으로 보고된 종으로, 우리나라의 금강과 러시아의 아무르강에 서식하는 것으로 알려졌다(Bogutskaya *et al.*, 2008; Kim, 2009; Chae *et al.*, 2019). 주로 모래가 깔린 금강 본류역 중·하류와 이곳으로 유입되는 지류 하류부에 서식하며(Kim and Son, 1984; Hong, 2004), 최근 하천공사 및 수질오염, 준설 등으로 서식지가 교란되고 조각화되면서 서식지 및 개체수가 급격히 감소한 것으로 보고되었다(Hong, 2004; ME, 2009; Ko *et al.*, 2012a). 이러한 이유로 1996년부터 환경부 멸종위기종으로 지정된 후 지금(현재 환경부 지정 멸종위기 야생생물 I급)까지 유지되고 있으며(ME, 1996, 1998, 2005, 2012a, 2017, 2022), 생태적 중요성과 문화적 가치 등으로 종은 2005년(제454호), 서식지인 지천 하류부는 2011년(제533호)에 천연기념물로 지정되었다(CHA, 2023). 미호종개에 관한 연구는 분류학적 연구(Lee *et al.*, 1986; Park and Kim, 2003; Kim, 2009; Kwan *et al.*, 2018)와 보전학적 연구(ME, 2009, 2011a, 2011b, 2012b, 2013; MLTM, 2010), 유전자 분석(Bang *et al.*, 2008; Kim *et al.*, 2008; Lee *et al.*, 2008), 초기생활사(Song *et al.*, 2008), 생태학적 연구(ME, 2011b; Ko and Bang, 2018a, 2018b), 서식현황 및 서식개체수 추정(Bae *et al.*, 2012; Ko *et al.*, 2012a, 2012b, 2014) 등이 있다. 또한 적색자료집에서는 점유면적이 매우 협소하고 서식지가 급격히 감소하고 있어 2011년과 2019년 모두 위기(EN)로 평가되었다(NIBR, 2011, 2019).

본 연구에서는 환경부지정 멸종위기 야생생물 I급으로 지정된 미호종개의 정밀분포조사를 실시하여 현재의 분포양상을 밝히

고, 과거 출현기록과의 비교 및 현재의 분포양상을 분석하여 정확한 멸종위협 등급을 평가하며, 나아가 보존방향을 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

미호종개의 시기별 분포기록은 분포조사 및 멸종위기종 복원사업 등을 근거로 1984~2004년, 2006~2014년, 2015~2019년으로 구분하였다. 1984~2004년은 신종보고(Kim and Son, 1984)와 현황 및 보존(Hong, 2004)의 분포기록을 분석하였고, 2006~2014년은 멸종위기종 미호종개 복원사업(ME, 2009, 2011a, 2012b, 2013, 2015; MLTM, 2010; Soonchunhyang University, 2014)과 천연기념물 서식현황 기초조사(CHA, 2009), 서식현황 및 개체수 추정(Bae *et al.*, 2012; Ko *et al.*, 2014), 제3차 전국자연환경조사(Lee *et al.*, 2009; Yoon *et al.*, 2009) 등의 자료를 분석하였다. 2015~2019년은 치어 방류집단의 서식현황 조사(ME, 2016, 2018, 2019)를 분석하였다.

미호종개의 서식현황을 파악하기 위해 2015년부터 2019년까지 조사를 실시하였는데, 미호종개는 천연기념물(제454호)로 지정되어 있어 문화재청의 현상변경 허가를 받은 후 실시하였다. 조사는 2015, 2018, 2019년 3회 조사를 실시하였는데, 2015년과 2018년은 Hong (2004)과 Ko *et al.* (2012a) 등의 출현지점 위주로 지점을 선정(2015년 19개, 2018년 22개)하여 조사하였고, 2019년은 출현 가능성이 있는 금강 중·하류의 지류 및 본류에 79개 지점을 선정하여 조사하였다. 지점 간 거리는 IUCN (2001)의 권고 격자(2×2 km)를 고려하여 2~5 km 간격으로 지점을 선정하였으며, 집단서식지인 백곡천과 유구천, 지천, 갑천 등은 1~2 km로 세분하여 조사를 실시하였다. 미호종개는 천연기념물과 환경부지정 멸종위기 야생생물 I급으로 지정되어 있기 때문에 출현지점의 행정구역과 GPS 정보는 제시하지 않았다.

채집은 3월부터 11월까지 실시하였고, 채집은 크기가 작은 당년생 치어까지 포획하기 위하여 망목 1×1 mm의 족대를 사용하였으며, 채집 즉시 종과 개체수를 확인한 후 바로 방류하였다. 서식지 환경 중 물리적 환경인 하폭과 유폭, 수심, 고도, 하천형, 하상구조, 교란요인 등을 조사하였는데, 하천형은 Kani (1944)에 따라, 하상구조는 Cummins (1962)의 방법을 응용하였으며, 고도는 Google Earth의 자료를 이용하였다(Google Earth Pro, US). 이·화학적 환경은 2019년 6월에 수온과 전기전도도(Conductivity), 염도, pH, 용존산소량(DO, dissolved oxygen) 등을 디지털온도계(T-250A, ASAHI, Japan)와 수질측정기(HI-9828, Romania)를 사용하여 측정하였다. 멸종위협 등급은 과거 문헌과 본 조사 결과를 근거로 IUCN (2001, 2017)의 적색목록 평가기준에 따라 평가하였다.

결과 및 고찰

1. 시기별 분포 기록

시기별 출현기록은 Fig. 1과 같으며 연도별, 주요 서식지별 채집개체수는 Table 1에 정리하였다.

1) 1984~2004년

미호종개의 완모식(holotype) 채집지는 충북 청주시 오창읍 미호천 중류이며, 부모식(paratype)까지 모두 85개체(3회 조사)가 채집되었다(Kim and Son, 1984). 이후 Hong (2004)은 1985년부터 2004년까지 28회 조사를 실시하여 20개 지점 82개체가 채집되었는데, 금강 본류는 대청댐 아래 조정지댐 하부와 부여군 부여읍 2개 지점, 지류인 갑천은 중·하류 5개 지점, 미호천은 본류 및 지류(백곡천, 초평천, 부심천, 병천천)에서 11개 지점, 유구천 하류(1개 지점), 지천 하류(1개 지점)에서 확인되었다(Fig. 1A). 조사횟수 및 개체수는 미호천 14회 45개체, 갑천 13회 32개체, 금강 2회 3개체, 유구천 1회 1개체, 지천 1회 1개체가 채집되어 미호천, 갑천, 금강 등의 순으로 많았다(Hong, 2004). 따라서 이 기간에 미호종개는 21개 지점에서 167개체가 채집되었다.

2) 2006~2014년

이 시기는 미호종개의 다양한 복원사업과 분포역 조사 등으로 서식이 보고되었다(Fig. 1B). 미호종개의 복원사업으로 2006~2009년은 갑천, 미호천, 유구천, 지천에서 서식이 보고되었는데, 특히 미호천은 상류부 지류인 백곡천에 많은 개체가 서식하는 것이 확인되었고 미호천 중류는 1지점에서 1개체가 확인되었으며(ME, 2009), 2009년은 천연기념물 서식현황 조사로 유

구천과 지천에(CHA, 2009), 전국자연환경조사로 갑천에 서식이 확인되었다(Lee et al., 2009; Yoon et al., 2009). 2010년은 미호천 본류 및 상류의 백곡천, 유구천, 지천(MLTM, 2010; ME, 2011b)에서, 2011년은 미호천 본류 및 백곡천 상류, 유구천, 지천(ME, 2011a, 2011b; Bae et al., 2012)에서 서식이 보고되었다. 2012년은 백곡천과 유구천(ME, 2012b; Ko et al., 2014)에서, 2013년은 유구천에서, 2014년은 백곡천과 유구천에서 서식이 보고되었다(ME, 2013; Soonchunhyang University, 2014). 한편 미호종개 보존사업의 일환으로 인공생산된 미호종개 치어가 개체군 증대를 위해 방류되었는데, 2007년 초평천 4,200개체, 2008년 백곡천 7,000개체(ME, 2009), 2010년 미호천 2,000개체(ME, 2011b), 유구천 4,000개체(MLTM, 2010), 2011년 유구천 5,000개체(ME, 2011a), 2012년 유구천 7,000개체(ME, 2012b) 등이었다. 방류 후에는 방류 후 모니터링이 진행되면서 비교적 많은 개체가 채집되었다(Table 1). 이 기간에 채집된 장소는 모두 13개 지점 7,934개체였고, 집단서식지는 백곡천, 지천, 유구천, 갑천 4곳이었다.

2. 2015~2019년 출현기록 및 분포조사

2015년부터 2019년까지 미호종개의 출현기록은 방류 치어의 서식현황을 파악하는 연구의 일환으로 2015~2016년에 백곡천(51개체)과 유구천(27개체), 지천(41개체)에서(ME, 2016), 2017~2018년과 2018~2019년은 유구천에서 각각 13개체, 2개체가 확인되었다(ME, 2018, 2019).

본 분포조사는 2015년, 2018년, 2019년 3회 조사를 실시하였으며, 서식지 특징과 개체수는 Table 2와 같았다. 2015년과 2018년은 과거 출현지점을 중심으로 조사를 실시하였고, 2019

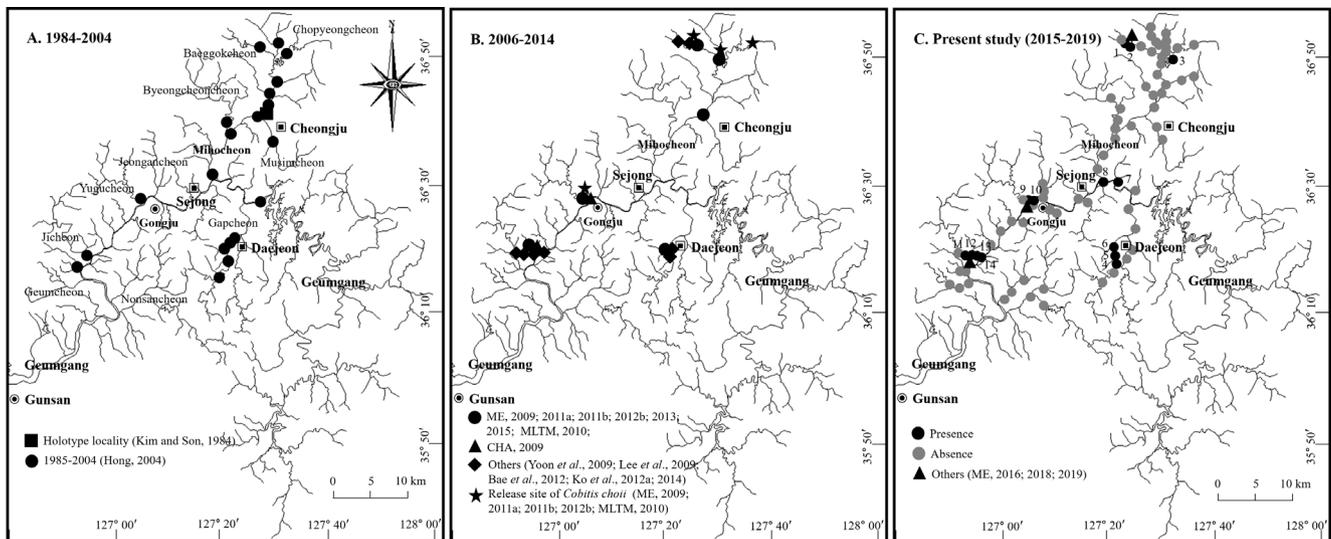


Fig. 1. Distribution of *Cobitis choui* in Geumgng (River), Korea from 1984 to 2019.

Table 1. The records of the *Cobitis choui* in Geumgang, Korea from 1983 to 2019

Year	Number of individuals (number of surveys)							Total	Reference
	Mihocheon			Gab-cheon	Yugu-cheon	Jicheon	Geum-gang		
	Main-stream	Baekgok-cheon	Chopyeng-cheon						
1983	85 (3)							85 (3)	Kim and Son, 1984
1985	11 (4)**	? (1)	? (1)					11 (6)	Hong, 2004
1986	2 (2)			7 (3)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	12 (8)	Hong, 2004
1987	4 (1)							4 (1)	Hong, 2004
1992	19 (1)							19 (1)	Hong, 2004
1993	2 (1)							2 (1)	Hong, 2004
1997	3 (1)							3 (1)	Hong, 2004
1994							2 (1)	2 (1)	Hong, 2004
1998				1 (1)				1 (1)	Hong, 2004
2000				3 (2)				3 (2)	Hong, 2004
2002	3 (1)			4 (1)				7 (2)	Hong, 2004
2003	1 (1)			1 (1)				2 (2)	Hong, 2004
2004				16 (2)				16 (2)	Hong, 2004
2006	2 (2)	925 (3)		30 (3)		9 (3)		966 (11)	ME, 2009
2007	1 (1)	57 (2)	60 (2)*		5 (2)			123 (7)	ME, 2009
2008			4 (1)	4 (7)				8 (8)	Lee <i>et al.</i> , 2009; ME, 2009
2009				8 (2)	1 (1)	37 (1)		46 (4)	CHA, 2009; ME, 2009; Yoon <i>et al.</i> , 2009
2010	697 (5)*	120 (2)			180 (2)*	55 (2)		1,052 (11)	MLTM, 2010; ME, 2011a
2011	1 (1)	2,559 (9)			37 (1), 93 (2)*	1,295 (12)		4,022 (25)	ME, 2011a, 2011b; Bae <i>et al.</i> , 2012
2012		761 (5)			623 (4)*			1,384 (9)	ME, 2012b; Ko <i>et al.</i> , 2014
2013					295 (8)			295 (8)	ME, 2013
2014		8 (1)			30 (14)			38 (15)	Soonchunhyang University, 2014; ME, 2015
2015~2016		51 (3)			27 (6)	41 (3)		119 (12)	ME, 2016
2015		121 (2)		2 (1)	19 (2)	99 (4)		241 (9)	Present study
2017~2018					13 (3)			13 (3)	ME, 2018
2018				2 (1)	2 (1)	35 (2)		39 (4)	Present study
2018~2019					2 (2)			2 (2)	ME, 2019
2019		4 (1)	8 (1)	56 (3)	1 (1)	70 (4)	17 (2)	156 (12)	Present study
Total	831 (24)	4,606 (29)	72 (5)	171 (27)	1,329 (50)	1,642 (32)	20 (4)	8,671 (171)	

*monitoring after fry discharge, **Mihocheon mainstream, Musimcheon, Byeongcheoncheon, Baekgokcheon and Chopyengcheon not distinguished.

년은 과거 출현지점 및 출현이 예상되는 지역을 정밀조사하였다. 2015년은 19개 지점을 조사하여 9개 지점에서 163개체를 채집하였는데, 백곡천은 2개 지점에서 121개체, 지천은 4개 지점 99개체, 갑천은 1개 지점 2개체, 유구천은 2개 지점 19개체로 백곡천에서 가장 많은 개체가 채집되었다. 2018년은 22개 지점을 조사하여 5개 지점에서 39개체를 채집하였는데, 지천은 3개 지점 35개체, 유구천은 1개 지점 2개체, 갑천은 1개 지점 2개체가 채집되어 지천이 가장 많았고 백곡천은 서식이 확인되지 않았다.

2019년은 79개 지점을 조사한 결과, 12개 지점에서 156개체를 채집하였는데, 지천은 4개 지점 70개체, 갑천은 3개 지점 56개체, 금강 본류는 2개 지점 17개체, 초평천은 1개 지점 8개체, 백곡천은 1개 지점 4개체, 유구천은 1개 지점 1개체였다. 채집개체수는 지천, 갑천, 금강 본류 등의 순으로 많았고, 금강 본류 2개 지점과 초평천 1개 지점은 본 조사에서 처음으로 서식이 확인되었다. 2019년 출현지점은 14개이며 집단서식은 지천과 갑천 2곳이었다.

Table 2. Habitat characteristics and number of appearance individuals of *Cobitis choii* by stations in Geumgng, Korea from 2015 to 2019

St.	River width (m)	Water width (m)	Water depth (m)	Altitude (m)	River types*	Bottom substratum (%)**										Water quality***				No. of individuals#				River or Stream	Etc.#	
						M					S					Water T.	Conductivity (μS/cm)	Salinity (%)	DO (mg/L)	pH	2015	2018	2019			Total
						M	S	G	P	C	B	C	P	G	S											
1	80~100	20~50	0.3~1.2	104	Bb	20	30	30	10	10	22.7	238	0.11	5.97	6.89	59	0	4	63	Baegokcheon, Mihocheon	W					
2	200~300	20~30	0.3~1.2	102	Bc	90			5	5	21.4	166	0.08	5.24	6.78	62	0	0	62	Baegokcheon, Mihocheon	R					
3	80~100	30~50	0.3~1.5	65	Bc	30	40	20	10	22.0	182	0.09	5.54	6.80	-	-	-	8	8	Chopyeongcheon, Mihocheon	R					
4	150~200	60~80	0.5~1.2	51	Bb	20	20	30	30	23.9	247	0.12	7.03	6.88	-	-	-	47	47	Gapcheon	R					
5	200~250	20~30	0.3~1.2	48	Bb	10	20	20	30	20	23.9	247	0.12	5.57	6.80	2	2	2	6	Gapcheon	R					
6	180~200	50~80	0.3~1.2	42	Bb	20	10	30	40	23.3	249	0.12	5.85	6.94	-	-	-	7	7	Gapcheon	R					
7	200~300	100~150	0.3~1.2	16	Bb	10	20	20	30	20	20.1	244	0.12	7.20	7.14	-	-	16	16	Geumgang	R					
8	180~200	160~180	0.3~1.0	14	Bb	70	10	10	10	23.5	418	0.30	9.01	6.85	-	-	-	1	1	Geumgang	R					
9	200~220	30~50	0.3~1.0	14	Bb	10	70	10	10	24.9	235	0.11	7.92	6.96	9	2	1	12	Yugucheon	W						
10	150~160	40~70	0.3~1.5	13	Bb	10	20	10	10	20	19.6	328	0.16	5.74	6.92	10	0	0	10	Yugucheon	W					
11	100~150	30~50	0.3~1.5	11	Bb	10	60	30		23.5	231	0.11	6.50	6.75	2	2	4	8	Jicheon	W						
12	80~100	30~40	0.3~1.5	8	Bb	40	20	10	10	20	23.8	298	0.13	6.12	7.08	6	0	3	9	Jicheon	W					
13	100~120	40~60	0.3~1.2	7	Bb	10	90			24.1	297	0.14	6.05	7.05	82	25	56	163	Jicheon	W						
14	200~250	70~100	0.3~1.5	7	Bc	20	70	10		22.6	252	0.12	6.30	6.88	9	8	7	24	Jicheon	W						
Number of stations												9	5	12	14											
Number of individuals												163	39	156	326											

*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), ***timing of measurement: June 2019, # - : not surveyed, #W: weir, R: reservoir inflow area.

3. 서식지역별 서식양상

1) 미호천

미호천은 1983년부터 2003년까지 미호천 본류 전역, 지류인 백곡천, 초평천, 병천천, 무심천 11개 지점 등 미호천 전역에 서식하는 것이 보고되었다(Kim and Son, 1984; Hong, 2004). 이후 미호천 본류는 서식개체수가 급격히 감소하여 미호천 상류부를 제외하면 거의 채집되지 않았으며(ME, 2009), 개체군 회복을 위해 미호천 상류부에 2010년 2,000개체가 방류되어 2011년까지 서식이 보고되었지만(ME, 2011b), 2012년 이후부터는 본 조사를 포함하여 서식이 확인되고 있지 않다. 2019년 본 조사에서 일부 구간은 비교적 수환경이 좋은 지역도 있었으나 전체적으로 수질이 좋지 않았으며 일부 지역은 하천공사가 진행되었거나 진행되고 있었다.

미호천 상류에 유입되는 백곡천은 1985년 중류부(진천읍 신정리)에서 서식이 확인되었고(Hong, 2004), 이후 2006년부터 백곡저수지 유입부에 많은 개체가 서식하는 것이 확인되어 주목되었으며(ME, 2009), 2015년까지 비교적 많은 개체가 채집되었다(MLTM, 2010; ME, 2011b, 2016; Bae *et al.*, 2012; Ko *et al.*, 2014; Soonchunhyang University, 2014). 또한 인공 생산된 미호종개 치어가 2008년 7,000개체가 방류된 바 있고(ME, 2009), 표지-재포획법으로 서식개체수를 추정된 결과 2006년 $9,106 \pm 2,524$ 개체(ME, 2009), 2011년 6,143개체(Bae *et al.*, 2012), 2012년 $7,838 \pm 6,290$ 개체(Ko *et al.*, 2014)로 비교적 많은 개체가 서식하는 것으로 확인되었다. 본 조사인 2015년에는 2개 지점에서 51개체가 채집되어 개체수가 비교적 많았으나 2018년에는 서식개체수가 확인되지 않았고 2019년에는 4개체만이 채집되어 개체수가 급격히 감소하였다. 과거 미호종개가 집단으로 서식하던 곳(St. 2)은 2019년 미호종개가 서식하지 않았는데, 하상에 펄(90%)이 대부분을 차지하였고 펄 층이 30~40 cm로 쌓였으며 물의 흐름이 없는 정체수역으로 나타나, 미호종개가 약간의 유속이 있는 모래여울에 주로 서식하는 특징(ME, 2009; Ko and Bang, 2018a)으로 볼 때 서식지 변화가 가장 큰 감소원인으로 생각된다. 이러한 서식지 변화의 원인은 2013년부터 진행된 백곡저수지 뚝 높이기 사업 결과로 수위가 상승하면서 미호종개 주 서식지가 대부분 정수역으로 변하였고 하상에 펄이 많이 쌓이면서 미호종개가 서식하기 어려운 환경으로 변하였기 때문으로 추정된다.

미호천 상류에 유입되는 또 다른 지류 초평천은 1985년 중류부(초평면 금곡리)에서 서식이 확인되었다(Hong, 2004). 이후 2007년 초평천 상류(원남저수지 유입부)에 복원사업으로 미호종개 치어 4,200개체가 방류되어 2007부터 2008년까지 서식개체가 확인되었으나 2008년 하천정비공사가 방류지역에 진행된 이후부터 서식이 확인되지 않고 있다(ME, 2009). 본 조사로 2019년 초평천 중류인 초평저수지 유입부(St. 3)에서 8개체가

채집되어 주목되었는데, 이곳은 유속 30~50 m, 수심 0.3~1.5 m 이고 유속이 느리며 모래(30%)와 잔자갈(40%)의 비율이 높은 곳이었다.

2) 갑천

갑천은 중·하류에서 1986년부터 2004년까지 5개 지점 32개체가 채집되었다(Hong, 2004). 이후 갑천 하류에서 2006년 30개체(3회 조사)(ME, 2009), 2008년 4개체(7회)(Lee *et al.*, 2009), 2009년 8개체(2회)(Yoon *et al.*, 2009)가 채집되어 서식지가 하류부로 한정되었다. 본 조사에서는 2015년 1개 지점 2개체, 2018년에 1개 지점 2개체가 채집되었고, 2019년 정밀조사로 3개 지점(약 5 km 서식)에서 56개체가 채집되어 비교적 많은 개체가 서식하고 있었다. 2019년 출현지점의 서식환경은 유속 20~80 m, 수심 0.3~1.2 m로 유속이 느린 소로 모래의 비율은 10~20%로 비교적 낮았다.

3) 유구천

유구천은 1985년 1개체가 채집되었고(Hong, 2004), 2007년 5개체(2회 조사), 2009년 1개체가 확인되었다(ME, 2009). 이후 미호종개 복원사업으로 치어를 2010년 4,000개체, 2011년 5,000개체, 2012년 7,000개체가 방류되었고, 이 기간에 방류 후 모니터링으로 869개체가, 2013년에는 295개체가 채집되었다(MLTM, 2010; ME, 2011a, 2012b, 2013). 한편 표지-재포획 방법으로 서식개체수를 추정된 결과 2012년 $1,857 \pm 943$ 개체(ME, 2012b), 2013년 226 ± 114 개체(ME, 2013)로 비교적 많은 개체가 생존하여 서식하는 것으로 추정되었다. 이후 2014년 30개체(14회 조사)(ME, 2015), 2015~2016년 27개체(6회)(ME, 2016), 2017~2018년 13개체(3회)(ME, 2018), 2018~2019년 2개체(2회)(ME, 2019)가 채집되었으며, 본 조사로 2015년 19개체(2개 지점), 2018년 2개체, 2019년 1개체가 채집되어 점차적으로 서식개체수가 감소한 것으로 나타났다. 서식개체수가 감소한 원인은 2016년 미호종개 치어 방류지에 설치된 보가 홍수로 붕괴되었고 이후 2017년 보가 재설치되면서 서식지가 크게 교란된 원인으로 생각되는데, 특히 보의 철거 및 재설치 과정에서 미호종개 서식지에서 공사가 이루어졌고, 보의 설치 후에는 보의 높이가 높아 보 위쪽은 정수역으로 바뀌면서 미호종개가 서식하기 어려운 환경으로 변경되었다. 다만 보 아래는 시간이 지나면서 서식환경이 복원되었는데, 2019년 조사에는 유속이 있는 모래여울(모래비율 70%)이 형성되어 있어 미호종개의 서식이 가능한 서식환경으로 판단되었다.

4) 지천

지천은 1986년 1개체가 처음으로 채집되었고(Hong, 2004), 2006년 9개체(3회 조사), 2009년 37개체(1회), 2010년 55개체(2회)가 채집되었다(ME, 2009; MLTM, 2010). 2011년 미호종

개 서식지 지천 하류역은 천연기념물 제533호로 지정되었고, 미호종개의 개체군 생태에 대한 연구가 진행되면서 채집개체수는 1,295개체(12회 조사)이고 서식개체수는 가장 많이 서식하는 지점에서 표지-재포획 방법으로 $14,262 \pm 4,926$ 개체(지천 전체는 34,717개체)가 서식하는 것으로 추정되었다(Ko *et al.*, 2012b). 이후 2015~2016년 41개체(3회)가 채집되었고(ME, 2016), 본 조사로 2015년 4개 지점 99개체, 2018년 2개 지점 35개체, 2019년 4개 지점(약 5km 서식) 70개체가 채집되었다. 지천의 미호종개는 연도별 채집개체수의 변동은 있으나 큰 생태적 변화 없이 지속적으로 많은 개체가 서식하는 것으로 판단되었다.

5) 금강 본류

금강 본류는 1986년부터 1994년까지 대청댐 아래 조정지댐 하부와 부여군 부여읍 등 2개 지점에서 3개체가 채집된 바 있으며(Hong, 2004), 이후 출현기록이 없다가 2019년 정밀분포조사로 2개 지점에서 17개체가 확인되어 주목되었다. 출현지점은 금강 중·하류부(미호천 합류부 인근)로 상류지점(St. 7)은 유폭 100~150m, 수심 0.3~12.0m이고 유속은 비교적 느리고 모래의 비율은 10%로 적었으며 16개체가 채집되었고, 하류지점(St. 8)은 유폭 160~180m, 수심 0.3~1.0m이고 유속은 비교적 느리고 모래는 70%로 비교적 높았으며 1개체가 채집되었다.

4. 멸종위협 평가 및 보존방향

미호종개의 멸종위협 평가는 IUCN(2001, 2017)의 기준에 따라 평가하였다. 평가기준 A는 3세대 길이 또는 10년 중 긴 것으로 감소경향을 평가하는데, 미호종개의 연령은 만 4년생 이상으로 추정되었고(Ko and Bang, 2018a), 만 2년생부터 산란을 하는 것으로 보고되어(ME, 2011b) 1세대는 약 3년으로 추정되었기 때문에(3세대 9년) 10년 동안 감소경향을 평가하여야 한다. 하지만 과거 10년 전의 분포조사 결과가 부족하기 때문에 본 조사 결과(2015~2019년)를 2006~2014년의 결과와 비교하여 감소경향을 추정하였다. 2006~2014년은 집단서식지 4곳(백곡천, 갑천, 유구천, 지천), 출현지점 13개였고, 본 조사 결과에서는 집단서식지 2곳(갑천, 지천), 출현지점 14개로 나타나, 출현지점은 1개 증가하였지만 집단서식지는 2곳이 감소하였다. 비록 2019년 정밀분포조사로 1개 출현지점이 증가하였지만, 집단서식지 백곡천은 2006~2014년대 최대 서식지였으나 독 높이기 사업에 의한 서식지 변화로 지역절멸 위기에 있고, 유구천도 복원사업으로 최대 1,857개체가 서식하는 것으로 보고되었으나 보의 붕괴 및 재건설로 인한 서식지 교란에 의해 지역절멸 위기에 놓여 있으며, 1983~2004년도 최대 서식지였던 미호천 본류는 2011년까지 서식이 확인되었으나 이후 서식이 확인되지 않아 개체수가 급격히 감소하였거나 지역절멸된 것으로 추정된다. 따라서 미호종개 서식개체수는 2006~2014년에 비해 현재 50% 이상 감소한 것으로 추정되고 감소원인이 중단되지 않았으며 서식지 질이 지속적

으로 하락하기 때문에 멸종위협 등급은 위기(EN A2ac)로 평가되었다. 평가기준 B는 출현범위 1,735 km², 점유면적 36 km²이고(위기에 해당), 지소수는 6개로 적으며(취약에 해당), 지속적인 서식지 질이 하락되고 개체수도 감소하고 있기 때문에 취약(VU B1ab(iii,v)+B2ab(iii,v))으로 평가되었다. 따라서 미호종개의 멸종위협 등급은 등급이 높게 나타난 A기준에 따라 최종 위기(EN A2ac)로 평가되었다. 이러한 멸종위협 등급은 2011년과 2019년의 적색자료집(NIBR, 2011, 2019), 본 연구 모두 위기(EN)로 동일하였으나, 평가기준은 2011년과 2019년은 평가기준 B를 적용하여 EN B2ab(i,ii,iii,iv)였으나 본 연구에서는 평가기준 A에서 EN A2ac, 평가기준 B에서는 VU B1ab(iii,v)+B2ab(iii,v)로 나타나 큰 차이를 보였다. 따라서 멸종위협종의 멸종위협 평가는 자료수집 방법 및 평가기준 적용에 따라 큰 차이를 보일 수 있기 때문에, 추후 정확한 멸종위협 평가를 위해서는 체계적인 정밀 조사를 실시하고 엄격한 평가기준 적용이 필요하다고 판단된다.

멸종위협종의 복원을 위해서는 대상종의 분포양상 및 생태학적, 유전학적 연구와 인공종묘생산기술 및 모니터링 기법 개발 등 다양한 연구가 필요하다. 다행히 미호종개는 이미 이러한 연구가 비교적 많이 수행되었기 때문에(ME, 2009; 2011a, 2012b, 2013; MLTM, 2010; Soonchunhyang University, 2014) 복원에 중요한 자료로 활용될 수 있다. 미호종개의 감소원인은 하천공사 및 수질오염, 준설 등으로 보고되었는데(Hong, 2004; ME, 2009; Ko *et al.*, 2012a), 본 조사에서도 저수지 독 높이기 사업 및 하천 보 설치 등의 하천공사가 개체수 감소의 주요 요인으로 판단되었고 출현지점의 수질이 전체적으로 좋지 않은 것으로 나타나 수질도 큰 영향을 미치고 있는 것으로 추정된다. 특히 백곡천과 유구천, 미호천 본류는 과거 집단서식지였으나 최근 개체수가 급격히 감소하였다. 백곡천은 백곡저수지 독 높이기 사업 이후 서식지 변화로 인해 개체수가 급격히 감소한 것으로 추정되기 때문에 독 높이기 사업 이전의 수위를 유지하여 서식지를 복원하고 개체수 증가를 위한 치어 방류를 실시하는 등 체계적인 복원 노력이 시급히 요구된다. 유구천은 보의 붕괴 및 재설치 과정에서 개체수가 급격히 감소하였으며, 보 공사 이후 서식환경이 개선되고 있어 추후 서식환경을 종합적으로 검토한 후 치어 방류를 통한 복원이 필요하다고 판단된다. 미호천 본류는 1985~2004년에 가장 넓고 많은 개체가 서식하였으나 현재는 서식이 확인되고 있지 않다. 본 조사 시 미호천 본류 수환경은 미호종개가 서식할 수 있는 비교적 양호한 지점이 여러 개 확인되었으나 미호천 인근의 많은 산업단지 및 도심지의 생활하수, 농경지에서 유입되는 영양염류 등으로 인해 수질이 좋지 않았고 일부 구간에서는 하천공사가 진행되었거나 진행되고 있었다. 따라서 미호천 본류에서 미호종개를 복원하기 위해서는 우선적으로 수질개선이 필요하고 무분별한 하천공사는 지양하며 체계적인 복원계획 수립 및 진행이 필요하다고 생각된다.

요 약

멸종위기어류 미호종개 *Cobitis choii*의 분포양상과 멸종위협을 평가하기 위해 2015년부터 2019년까지 3회 분포조사를 실시하였다. 2015년과 2018년은 과거 출현지점을 중심으로 조사하였는데, 2015년은 19개 지점을 조사하여 9개 지점에서 163개체를, 2018년은 22개 지점을 조사하여 5개 지점에서 19개체를 채집하였다. 2019년은 과거 출현지점 및 출현 가능성이 있는 79개 지점을 조사한 결과 12개 지점에서 156개체를 채집하였다. 출현지점은 미호천 3개 지점(백곡천 2개 지점, 초평천 1개 지점), 갑천 3개 지점, 유구천 2개 지점, 지천 4개 지점, 금강 본류 2개 지점이었다. 출현하천 중 백곡천과 유구천, 미호천 본류는 개체수가 급격히 감소한 것으로 나타났는데, 백곡천은 백곡저수지 독높이기 사업으로 인한 서식지 변화, 유구천은 홍수로 인한 보의 붕괴 및 재건설에 의한 서식지 교란, 미호천 본류는 수질오염과 서식지 교란 등으로 추정되었다. 반면 초평천과 금강 본류는 새롭게 서식이 확인되었고, 갑천은 서식개체수가 증가한 것으로 나타나 주목되었다. 미호종개의 멸종위협 등급을 평가한 결과, A기준은 과거 집단서식지 백곡천과 유구천, 미호천 본류의 급격한 개체수 감소로 위기(EN A2ac)로 평가되었고, B기준은 좁은 출현범위(1,735 km²)와 점유면적(36 km²), 6개의 지소수, 지속적인 개체수 감소로 취약(VU B1ab (iii,v) + B2ab (iii,v))으로 평가되어, 최종 멸종위협 등급은 위기(EN A2ac)로 평가되었다. 최근 개체수가 급격히 감소한 백곡천과 유구천, 미호천 본류는 개체수 증가를 위한 보존대책이 시급히 요구되었다.

사 사

본 연구의 분포조사는 환경부 국립생물자원관의 2015년, 2018년, 2019년 멸종위기 야생생물 전국 분포조사 일환으로 조사되었으며, 본 조사가 진행될 수 있도록 도와주신 국립생물자원관의 권선만 박사님과 오현경 박사님께 감사드립니다.

REFERENCES

- Bae, D.Y., W.K. Moon, M.H. Jang, K.S. Jang, J.B. Seo, W.J. Kim, J.O. Kim and J.K. Kim. 2012. Applying the Jolly-Seber model to estimate population size of miho spine loach (*Cobitis choii*) in the Backgok Stream, Korea. Korean J. Limnol., 45: 322-328.
- Bang, I.C., W.J. Kim and I.R. Lee. 2008. Characterization of polymorphic microsatellite loci in the endangered Miho spine loach (*Iksookimia choii*) and cross-species amplification within the Cobitidae family. Mol. Ecol. Resour., 9: 281-284.
- Bogutskaya, N.G., A.M. Naseka, S.V. Shedko, E.D. Vasil'eva and I.A. Chereshev. 2008. The fishes of the Amur River: updated check-list and zoogeography. Ichthyol. Explor. Freshwaters, 19: 301-366.
- CHA (Cultural Heritage Administration). 2009. Habitat status basic research of Natural Monument fish. Institute of Biodiversity, 117pp.
- CHA (Cultural Heritage Administration). 2023. Natural monument designation. Retrieved from <http://www.cha.go.kr/korea>. version (12/2023).
- Chae, B.S., H.B. Song and J.Y. Park. 2019. A field guide to the freshwater fishes of Korea. LG Evergreen Foundation, Seoul, Korea, 355pp.
- 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>.
- Choi, K.S., Y.S. Bae and M.H. Ko. 2022. Distribution status and extinction threat evaluation of *Ladislabia taczanowskii* (Cypriniformes, Cyprinidae), a cold water fish in Korea. Korean J. Ichthyol., 34: 34-43. <https://doi.org/10.35399/ISK.34.1.5>.
- Cummins, K.W. 1962. An evolution of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special emphasis on lotic waters. Amer. Midl. Nat'l., 67: 477-504.
- Hong, Y.P. 2004. The present status and conservation of the critically endangered species, *Iksookimia choii*, in Korea. Abstract 2004 Autumn Meeting of the Ichthyological Society of Korea, pp. 59-75.
- IUCN. 2001. IUCN red list categories and criteria: Version 3.1. IUCN Species Survival Commission. IUCN, ii+30pp.
- IUCN. 2017. Guidelines for using the IUCN red list categories and criteria. version 13 (March 2017). Prepared by the Standards and Petitions Subcommittee of the IUCN Species Survival Commission, 108pp.
- IUCN. 2020. IUCN Red List of threatened species. Retrieved from <http://www.iucn.org/resources/conservation-tools>. version (12/2020).
- Jang, M.H., G.J. Joo and M.C. Lucas. 2006. Diet of introduced large-mouth 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>.
- Kani, T. 1944. Ecology of torrent-inhabiting insects. In: Furukawa, J. (ed.), Insect I. Kenkyu-sha, Tokyo, Japan, pp. 171-317.
- Kim, I.S. 2009. A review of the spined loaches, family Cobitidae (Cypriniformes) in Korea. Korean J. Ichthyol., 21(supplement): 7-28.
- Kim, I.S. and Y.M. Son. 1984. *Cobitis choii*, a new cobitid fish from Korea. Korean J. Zool., 27: 49-55.
- Kim, K.Y., S.Y. Lee, I.C. Bang and Y.K. Nam. 2008. Complete mitochondrial genome sequence of an endangered freshwater fish, *Iksookimia choii* (Teleostei; Cypriniformes, Cobitidae), Mitochondrial DNA, 19: 438-445.
- 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. and I.C. Bang. 2018a. Habitat characteristics and estimation of the age of the endangered miho spine Loach, *Cobitis choii* (Pisces: Cobitidae) in Ji Stream, Geum River, Korea. Korean J. Ichthyol., 30: 46-54.
- Ko, M.H. and I.C. Bang. 2018b. Feeding ecology of the endangered Korean endemic miho spine loach, *Cobitis choii* (Pisces: Cobitidae) in Geumgang River, Korea. Korean J. Ichthyol., 30: 92-99.
- Ko, M.H., I.R. Lee and I.C. Bang. 2012a. Distribution status and estimation of population size of the endangered species, *Cobitis choii* (Pisces: Cobitidae) in Geum River, Korea. Korean J. Ichthyol., 24: 56-61.
- Ko, M.H., M.S. Han and H.S. Kim. 2022. Distribution status and extinction threat evaluation of the short ninespine stickleback *Pungitius kaibarae* (Gasterosteidae) in Korea. Korean J. Ichthyol., 34: 262-269. <https://doi.org/10.35399/ISK.34.4.5>.
- 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>.
- 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., S.J. Moon, S.J. Lee and I.C. Bang. 2012b. Community structure of fish and inhabiting status of endangered species, *Cobitis choii* and *Gobiobotia naktongensis* in the Ji Stream, a tributary of the Geum River drainage system of Korea. Korea J. Limnol., 45: 356-367.
- Ko, M.H., Y.K. Hong, H.L. Kim and I.C. Bang. 2014. Community structure of fish and inhabiting status of natural monument *Cobitis choii* in the Baekgok Stream, a tributary of the Geum River drainage system of Korea. Korea J. Ichthyol., 26: 99-111.
- 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: 207-2016. <https://doi.org/10.1080/19768354.2017.1330223>.
- Kottelat, M. 2012. Conspectus Cobitidum: An inventory of the loaches of the world (Teleostei: Cypriniformes: Cobitoidei). Raffles Bull. Zool., Suppl., 26: 1-199.
- Kwan, Y.S., D. Kim, M.H. Ko and Y.J. Won. 2018. Multi-locus phylogenetic analyses support the monophyly and the Miocene diversification of *Iksookimia* (Teleostei: Cypriniformes: Cobitidae). Syst. Biodivers., 16: 81-88. <https://doi.org/10.1080/14772000.2017.1340912>.
- Kwater. 2007. A guidebook of rivers in South Korea. Kwater, Daejeon, Korea, 582pp.
- Lee, D.J., H.K. Byeon and J.K. Choi. 2009. Characteristics of fish community in Gap Stream. Korean J. Kimnol., 42: 340-349.
- Lee, H.Y., H.S. Lee and C.S. Park. 1986. Karyotype analysis and geographical polymorphism in Korean *Cobitis*. Korean J. Genetics, 8: 65-74.
- Lee, I.R., Y.A. Lee, H. Shin, Y.K. Nam, W.J. Kim and I.C. Bang. 2008. Genetic diversity of an endangered fish, *Iksookimia choii* (Cypriniformes), from Korea as assessed by amplified fragment length polymorphism. Korean J. Limnol., 41: 98-103.
- 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, 537pp.
- ME (Ministry of Environment). 2011a. Culture and restoration research of endangered freshwater fish (four species include *Liobagrus obesus*). Soonchunhyang University, Asan, 359pp.
- ME (Ministry of Environment). 2011b. Culture and restoration of endangered species. Kongju National University, Gongju, 96pp.
- ME (Ministry of Environment). 2012a. Conservation and management laws of wildlife (Law No. 10977).
- ME (Ministry of Environment). 2012b. Culture and restoration research of endangered freshwater fishes (five species including *Liobagrus obesus*). Soonchunhyang University, Asan, 269pp.
- ME (Ministry of Environment). 2013. Post-monitoring of culture and restoration research of endangered Freshwater Fish. Soonchunhyang University, Asan, 204pp.
- ME (Ministry of Environment). 2015. A study on the monitoring and post-management of endangered freshwater fish in 2014. Halla University, Wonju, 402pp.
- ME (Ministry of Environment). 2016. A study on the establishment of master plan of endangered freshwater fish. Kumoh National Institute of Technology, Gumi, 379pp.
- 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, 204pp.
- ME (Ministry of Environment). 2019. A study on conservation plan of endangered freshwater fish (*Microphysogobio rapidus*, *Pseudobagrus brevicorpus*). Institute of Biodiversity Research, Jeonju, 214pp.
- 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.
- Nelson, J.S., T.C. Grande and M.V.H. Wilson. 2016. Fishes of the World (Fifth edition). John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, p. 190.
- 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.
- Park, J.Y. and I.S. Kim. 2003. Variability of egg envelopes in Korean spined loaches (Cobitidae). *Folia Biol.*, 51: 187-192.
- 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.Y., W.J. Kim, W.O. Lee and I.C. Bang. 2008. Morphological development of egg and larvae of *Iksookimia choii* (Cobitidae). *Korean J. Limnol.*, 41: 104-110.
- Soonchunhyang University. 2014. *Cobitis choii* monitoring service during the construction of Baegok Reservoir bank raising project (T/K). Soonchunhyang University, Asan, 68pp.
- Yoon, H.N., J.M. Kim and S.C. Park. 2009. The third nation natural environment investigation. Fresh water fishes of the Yuseong whole area. Ministry of Environment, 5pp.