

멸종위기어류 한독중개 *Cottus hangiongensis* (Pisces: Cottidae)의 분포양상 및 멸종위협 평가

고명훈* · 한미숙 · 권선만¹

이화여자대학교 에코과학부, ¹국립생물자원관

Distribution Aspect and Extinction Threat Evaluation of the Endangered Species, *Cottus hangiongensis* (Pisces: Cottidae) in Korea by Myeong-Hun Ko*, Mee-Sook Han and Sun-Man Kwan (Division of Ecoscience, Ewhawonans University, Seoul 03760, Republic of Korea; National Institute of Biological Resources, Incheon 22689, Republic of Korea)

ABSTRACT The distribution aspect and extinction threat evaluation of the endangered species, *Cottus hangiongensis* were investigated from 2011 to 2017 in Korea for this study. The distribution reports of *C. hangiongensis* were divided into 1954~1985, 1981~2003, 2004~2012, and 2011~2017. The number of habited streams decreased gradually to 30, 24, 10, and 19 streams, respectively. In this study (2011~2017), *C. hangiongensis* was newly found in two streams (Ayajincheon and Chuksancheon), but 15 streams that appeared in the past are not in this study. The main habitat of *C. hangiongensis* was the downstream riffle of clean water with fast velocity and cobble-boulder bottoms. Given this evidence as noted for more than a 30% reduction in population after 2003, due to construction wear, river work and the qualitative decline of the habitat, *C. hangiongensis* is now considered to be Vulnerable (VU A2ac) based on the IUCN Red List categories and criteria.

Key words: *Cottus hangiongensis*, distribution, endangered species, extinction threat evaluation

서 론

전세계적으로 산업화 이후 빠른 인구증가, 무분별한 개발, 환경오염 등으로 많은 야생동·식물의 개체수가 급격히 감소하여 멸종위기에 놓여있거나 멸종한 것으로 보고되었다(Sala *et al.*, 2000; Sutherland *et al.*, 2009). 우리나라의 담수어류도 최근 대형댐과 보의 건설, 하천준설, 무분별한 하천정비공사, 외래종의 도입, 수질오염 등으로 많은 종들이 개체수와 서식지가 감소하면서 멸종위협에 처한 것으로 보고되고 있다(Jang *et al.* 2006; Kwater, 2007; Ko *et al.*, 2008, 2017; Lee *et al.*, 2009; NIBR, 2011). 멸종위기종의 보호를 위해서는 정확한 멸종위협등급 평가가 필요한데, 지정 및 평가 기준이 불명확하여 오랫동안 논란이 되어왔다. 세계자연보전연맹(IUCN)에서

이러한 문제점을 해결하고 객관적인 평가를 위해 적색목록 범주 및 기준 지침서 발간하였다(IUCN, 2001).

한독중개 *Cottus hangiongensis*는 독중개과(Cottidae)에 속하는 저서성 소형어류로 2005년부터 환경부지정 멸종위기동식물 II급으로 지정된 후 현재까지 지속적으로 지정되어 보호받고 있다(ME, 2005, 2012, 2017). 한독중개는 Mori (1930)가 두만강 하류인 회령에서 채집한 표본을 근거로 신종 발표하였고, 하천하류의 돌과 큰돌이 많은 여울에 서식하며 주로 수서곤충을 섭식하며, 우리나라 동해안 일대와 일본과 연해주에 서식하는 것으로 알려져 있다(Mori, 1930; Kim, 1997; Baek *et al.*, 2008; Seo, 2009). 한독중개에 관한 연구는 분류 및 형태(Kim and Youn, 1992; Byeon *et al.*, 1995; Jeon, 1998; Kim *et al.*, 1999), 핵형(Park and Song, 2006), 초기생활사(Seo *et al.*, 2010), 유전변이(Byeon *et al.*, 2009), 번식생태(Seo, 2009), 섭식생태(Baek *et al.*, 2008), 분포(Jeon, 1987, 1998) 등이 있다. 한편 2011년 한국의 적색목록집에는 전국자연환경조사

*Corresponding author: Myeong-Hun Ko Tel: 82-2-3277-4630, Fax: 82-2-3277-2385, E-mail: hun@jbnu.ac.kr

(제2~3차)를 기준으로 한독중개가 10개 지점 이하(점유면적이 500 km² 이하)에서 분포하며 하천정비공사와 수질오염 등으로 서식지가 지속적으로 감소하고 있어 취약(VU) B2ab (i,ii,iii,iv)로 평가된 바 있다(NIBR, 2011). 그러나 전국자연환경조사 결과만으로 정확한 분포양상 및 감소경향을 파악하는 데는 한계가 있기 때문에 최근에는 정밀 분포조사를 통해 분포양상과 감소원인, 멸종위협 등급 평가 등에 대한 연구가 진행되고 있다(Ko *et al.*, 2013b, 2018; Ko, 2016).

따라서 본 연구에서는 멸종위기종인 한독중개의 과거 출현 기록을 정리·분석 하여 기존 출현지역을 정리하고, 과거 출현지역과 출현 예상지역에 대해 정밀 분포조사를 실시하여 분포양상과 서식지 특징, 감소원인 등을 밝히며, 과거 출현기록과 분포조사 결과를 통해 최종적으로 멸종위협 등급을 평가하고 관리방안을 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

한독중개 *Cottus hangiongensis*의 분포기록은 한독중개 분포조사와 전국자연환경조사의 연구기간 등을 고려하여 크게 1954~1985년, 1981~2003년, 2004~2012년, 2011~2017년으로 구분하였다. 1954~1985년은 Jeon (1987)의 기록을 정리하였고, 1981~2003년은 1981~1998년까지의 출현기록(Jeon, 1998)과 제2차 전국자연환경조사(ME, 1997~2003), 이 시기에 발표된 어류상 논문(Choi *et al.*, 1995; Byeon *et al.*, 1996; Nam *et al.*, 2002)을, 2004~2012년은 제3차 전국자연환경조사(ME, 2004~2012)를, 2011~2017년은 세 차례에 걸친 분포조사를 실시하고 이 시기에 발표된 어류상 논문을 추가하여 정리하였다.

분포조사는 과거의 출현지역 및 출현이 예상되는 하천을 중심으로(같은 하천의 지점간 거리는 2~5 km로 조정) 1차(2011년), 2차(2014년), 3차(2017년)로 나누어 조사를 실시하였다. 조사는 원주지방환경청(제2017-6호)과 대구지방환경청(제2017-10호)의 포획허가를 받은 후 실시하였다. 채집은 3월부터 10월까지 족대(망목 4×4 mm)를 이용하여 지점 당 1시간 동안 실시하였으며, 채집된 어류는 현장에서 종과 개체수를 확인한 후 바로 방류하였다. 서식지 환경은 하폭과 유폍, 수심, 하천형, 하상구조, 수변 식생, 교란요인 등을 조사하였는데, 하천형은 Kani (1944)에 따라, 하상구조는 Cummins (1962)의 기준을 응용하여 사용하였다. 수환경은 2017년 수환경이 안정화되는 9월부터 10월까지 전 지점에서 수온과 용존산소량(DO), 전기전도도(conductivity), pH, 염도 등을 측정하여 비교하였다.

멸종위협 등급은 과거 문헌과 본 조사 결과를 근거로 IUCN

(2001)의 적색목록 평가기준에 따라 평가하였는데, 개체수의 감소경향, 출현범위 및 점유면적, 조각화 및 지소 수 등을 계산하여 평가하였다.

결과 및 고찰

1. 시기별 분포지역

1) 1954~1985년

Jeon (1987)은 1954년부터 1985년까지 한독중개의 분포지역을 기록하였는데, 송현천과 명파천, 자산천, 고성북천, 고성남천, 용촌천, 쌍천, 물치천, 양양남대천, 광정천, 연곡천, 사천천, 강릉남대천, 낙풍천, 주수천, 전천, 삼척오십천, 마음천, 추천, 용화천, 임원천, 호산천, 가곡천, 울진남대천, 왕피천, 평해남대천, 송천, 축산천, 영덕오십천, 남정천 30개 하천이었다(Fig. 1A).

2) 1981~2003년

Jeon (1998)은 1981년부터 1998년까지 확인된 한독중개 분포지역을 정리하였는데, 송현천과 배봉천, 고성남천, 용촌천, 양양남대천, 연곡천, 사천천, 낙풍천, 주수천, 삼척오십천, 마음천, 추천, 용화천, 임원천, 호산천, 가곡천, 부구천, 평해남대천, 송천 19개 하천이었다. 제2차 전국자연환경조사(ME, 1997~2003)에서는 배봉천과 물치천, 양양남대천, 신리천, 연곡천, 삼척오십천, 마음천, 추천, 호산천, 가곡천, 왕피천 11개 하천에서 서식이 보고되었다. 그 밖에 어류상 논문에서 서식이 확인된 하천은 배봉천과 양양남대천, 삼척오십천, 마음천, 추천 5개 하천이었다(Choi *et al.*, 1995; Byeon *et al.*, 1996; Kim *et al.*, 1999; Nam *et al.*, 2002). 따라서 이 기간 동안 서식이 확인된 하천은 24개 하천이었다(Fig. 1B).

3) 2004~2012년

이 기간에는 한독중개 분포조사는 이루어지지 않았고, 제3차 전국자연환경조사(ME, 2004~2012)로 배봉천과 물치천, 양양남대천, 삼척오십천, 추천, 용화천, 임원천, 호산천, 가곡천, 부구천 10개 하천에서 서식이 보고되었다(Fig. 1C).

4) 2011~2017년

한독중개 분포조사로 1차(2011), 2차(2014), 3차(2017) 조사를 진행하였다. 이 기간 동안 서식이 확인된 하천은 배봉천(3개 지점)과 아야진천, 쌍천, 물치천, 양양남대천, 신리천, 연곡천, 삼척오십천, 마음천, 추천, 용화천, 임원천, 호산천, 가곡천, 부구천, 울진남대천, 왕피천, 축산천 18개 하천 20개 지점이었

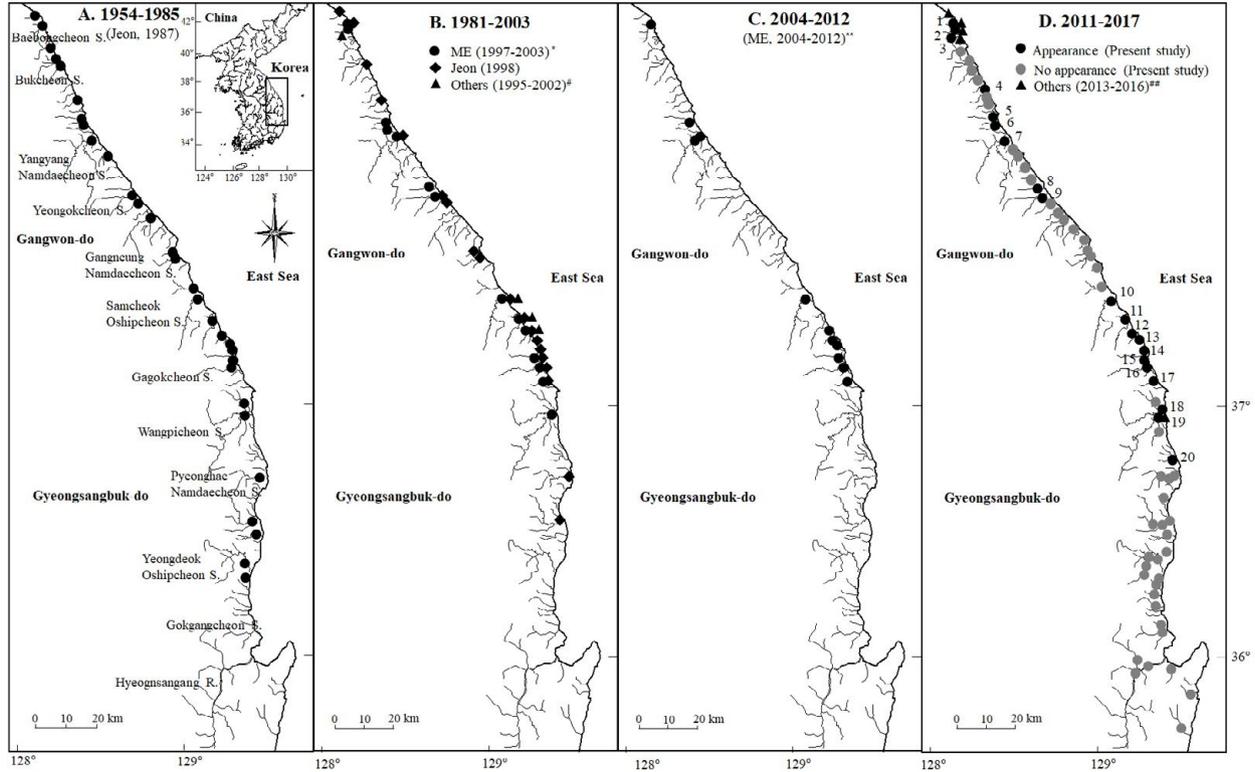


Fig. 1. Distribution change of *Cottus hangiongensis* in Korea from 1987 to 2017. *2nd National Environment Investigation of freshwater fish, **3rd National Environment Investigation of freshwater fish, #Others (1995~2002): Choi *et al.*, 1995; Byeon *et al.*, 1996; Kim *et al.*, 1999; Nam *et al.*, 2002, ##Others (2013~2016): Ko *et al.*, 2013a; NIE, 2014; Hong *et al.*, 2016.

Table 1. Habitat characteristics of appearance stations of *Cottus hangiongensis* in Korea from 2011 to 2017

St.	River width (m)	Water width (m)	Water depth (cm)	River types*	Bottom substratum (%)**					No. of individuals***			Conductivity (μS/cm)	Dissolved oxygen (mg/L)	pH	Salinity (‰)	River	Etc#
					M	S	G	P	C	B	2011	2014						
1	25~30	5~10	0.3~0.7	Bb-Bc	10	10	40	20	20	3	5	2	77	8.19	6.76	0.04	Baebongcheon S.	
2	25~30	3~10	0.3~1.2	Aa-Bb	40	30	20		10	—	6	3	112	8.95	7.21	0.05	Baebongcheon S.	
3	40~50	10~30	0.3~1.5	Bb	30	30	20	10	10	25	7	5	105	8.52	7.10	0.05	Baebongcheon S.	
4	8~10	2~5	0.2~0.5	Bb	10	10		20	40	20	7	—	185	8.05	7.52	0.10	Ayajincheon S.	
5	120~150	30~100	0.5~1.0	Bb	50	30	10		10	—	3	2	41	10.72	7.20	0.02	Ssangcheon S.	
6	60~70	20~30	0.4~1.2	Bb	30	50	20			—	5	0	48	9.42	6.84	0.02	Mulcheon S.	
7	400~450	60~120	0.3~1.5	Bb-Bc	40	30	20		10	3	2	2	82	8.95	7.24	0.04	Namdaechon S.	
8	100~120	30~60	0.3~0.8	Bb	20	20	10	10	30	—	1	1	86	8.57	7.08	0.04	Sincheon S.	
9	180~120	50~120	0.3~1.0	Bb	20	50	20	10		2	17	12	75	9.24	7.15	0.04	Yeongokcheon S.	RW
10	130~150	100~120	0.3~1.2	Bb	40	30	30		10	22	5	15	219	8.13	6.19	0.15	Oshipcheon S.	
11	60~80	5~15	0.3~1.0	Bb	10	30	30	20	10	50	15	18	129	9.45	6.98	0.07	Maepcheon S.	RW
12	50~70	20~30	0.3~1.0	Bb-Bc	20	30	20	10	20	39	3	4	138	8.91	7.20	0.10	Chuchon S.	
13	25~30	5~10	0.3~0.7	Bb	30	40	20	10		3	—	4	95	8.99	7.02	0.06	Yonghwacheon S.	
14	25~30	2~5	0.3~0.6	Bb	10	20	50	20		1	10	7	155	7.88	6.75	0.09	Imwoncheon S.	
15	50~60	10~30	0.5~1.0	Bb-Bc	10	30	30	20	10	15	7	5	144	7.95	7.08	0.09	Hosancheon S.	
16	120~150	50~100	0.3~1.5	Bb	10	40	40	10		13	5	4	191	7.05	7.52	0.09	Gagokcheon S.	
17	100~120	10~15	0.3~1.0	Bb	10	20	30	30	20	15	4	3	157	7.30	6.84	0.09	Buguchon S.	
18	120~150	20~50	0.3~1.2	Bb-Bc		30	40	20	10	14	0	0	196	7.91	7.54	0.09	Namdaechon S.	RW
19	150~170	70~120	0.3~1.5	Bb-Bc	10	10	50	20	10	10	0	10	135	9.87	7.36	0.06	Wangpicheon S.	RW
20	80~100	3~15	0.3~1.0	Bb	20	40	20	10	10	—	20	0	215	6.85	6.86	0.10	Chuksancheon S.	RW

*Kani (1944), **M: Mud (<0.1 mm); S: Sand (0.1~2 mm); G: Gravel (2~16 mm); P: Pebble (16~64 mm); C: Cobble (64~256 mm); B: Boulder (256< mm) - modified Cummins (1962). ***: not survey, #RW: river work

다(Table 1). 군사보호지역에 속한 최북단 송현천은 DMZ 일원의 생태계조사(NIE, 2014)에서 서식(1개체)이 확인되었고, 기타 어류상 논문에서 배봉천과 왕피천에서 서식이 보고되었

다(Ko *et al.*, 2013a; Hong, *et al.*, 2016). 따라서 이 기간 동안 서식이 확인된 하천은 모두 19개 하천이었다(Fig. 1D).

2. 서식지 감소경향

한독중개의 분포조사는 1954~1985년, 1981~2003년, 2004~2012년, 2011~2017년으로 구분하였는데, 이중 2004~2012년은 한독중개 분포조사가 이루어지지 않고 제3차 전국자연환경조사(ME, 2004~2012)만이 포함되어 (10개 하천 서식) 분포 변화를 비교하기에는 적절하지 못하였다. 이러한 근거로 2004~2012년을 제외한 출현하천은 1954~1985년 30개, 1981~2003년 24개, 2011~2017년 19개로 나타나 서식 하천이 점차적으로 감소하고 있었다. 또한 과거 분포지를 2011~2017년 결과와 비교하면, 서식 하천은 1954~1985년(30개 하천) 대비 15개 하천(50%)이 감소하였으며, 1981~2003년(24개 하천) 대비 7개 하천(29.2%)이 감소하였다. 과거에 서식하였으나 본 조사(2011~2017년)에 서식이 확인되지 않은 하천은 자산천과 고성북천, 고성남천, 용촌천, 광정천, 사천천, 강릉남대천, 낙풍천, 주수천, 전천, 평해남대천, 송천, 축산천, 영덕오십천, 남정천 15개 하천이었으며, 새롭게 서식이 확인된 하천은 아야진천과 척산천 2개였다.

3. 서식지 특징

한독중개가 서식하는 하천은 유폍 2~5 m(하폭 8~10 m)의 소규모부터 100~120 m(하폭 400~450 m)의 중대형 하천까지 다양한 규모였다. 서식지는 대부분 하천 하류부(하천형 Bb 또는 Bc형)로 돌과 큰돌이 있는 자연형 여울부에 서식하여 이전보고(Kim, 1997; Seo, 2009)와 유사하였다. 하지만 특이하게 배봉천은 하천 상류부터 하류까지 비교적 폭넓게 서식하고 있어 다른 하천과 차이를 보였는데, Kim *et al.* (1999)은 배봉천 상류부에 서식하는 개체군은 한독중개의 육봉형이며 형태적으로는 유사하지만 난은 대란으로 차이를 보인다고 보고한 바 있다. 서식하천의 수질은 대부분 맑고 투명하였는데, 전기전도도(conductivity)는 41~220 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 낮고, 용존산소량(DO)은 6.85~10.72 mg/L로 비교적 풍부한 편이었으며, pH는 6.76~7.54로 중성에 가까웠고, 염도는 0.02~0.10‰로 순담수였다.

4. 감소원인 추정

우리나라는 근대화가 되면서 벼농사를 위한 농업용수 확보를 위해 많은 댐과 저수지, 보가 건설되어 왔는데, 동해안 일대는 높은 경사도와 짧은 유로 길이로 인해 비교적 댐과 저수지는 적지만 하천 하류부는 농업용수를 위한 보가 비교적 많이 건설되어 왔다(Kwater, 2007; MAFRA, 2010; WAMIS, 2017). 한독중개의 과거 서식지 중 자산천과 고성남천, 용촌천, 광정천, 사천천, 강릉남대천, 전천, 평해남대천, 송천, 영덕오십천 등은 하류에 보가 건설되면서 여울부가 대폭 축소되거나

사라진 것으로 나타나 한독중개의 중요한 소멸 원인으로 추정되었다. 또한 이러한 보는 회유성 어류와 많은 담수어류의 이동에 장애물로 작용하여 개체군 크기에 영향을 주는 것으로 보고되고 있다(Ko *et al.*, 2007, 2013a, 2013b; Lee *et al.*, 2008). 본 조사기간 동안 서식이 확인된 연곡천과 마읍천, 울진남대천, 왕피천, 척과천은 하천공사가 진행되어 개체수가 급격히 감소하거나 서식이 확인되지 않았다. 동해안 일대의 하천들은 하천공사가 국지적으로 진행되고 있었는데, 특히 2002년과 2003년의 태풍 “루사”와 “매미”로 인한 홍수 이후 대규모 하천복원공사가 진행된 바 있다(Yoon and Kim, 2004). 따라서 하천공사도 한독중개의 개체군 감소 및 소멸의 중요한 원인으로 추정되었다. 그 밖에 감소 원인으로 수질오염을 추정할 수 있는데, 강릉남대천과 울진남대천은 과거에 서식이 보고된 하천이나 현재 전기전도도가 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 이상으로 수질이 나쁘게 나타나고 있어 수질오염도 한독중개의 서식에 영향을 미칠 수 있는 원인으로 추측되었다.

5. 멸종위협 평가 및 보전방향

한독중개의 멸종위협을 IUCN(2001)의 평가기준 A(개체군 감소)와 B(지리적 서식범위)로 평가하였다. 평가기준 A의 경우 한독중개의 1세대가 3.0~3.5년으로 보고되어(Goto, 1989) 3세대는 9.0~10.5년이었다. 이에 감소경향은 2004~2012년과 비교하여야 하지만 이 시기는 적절한 분포조사가 이루어지지 않아 1981~2003년과 비교하였다. 1981~2003년에 출현한 24개 하천 중 본 조사(2011~2017)에 출현한 하천은 17개로 서식지는 29.2%가 감소하였다. 또한 본 조사 결과에서 같은 방법으로 채집된 개체수는 2011년 222개체에서 2014년 115개체, 2017년 97개체가 채집되어 점점 감소하고 있으며 2017년은 2011년 대비 56.3%가 감소하였다(Table 1). 따라서 한독중개 개체수는 1981~2003년에 비해 서식지와 개체수 감소 등을 근거로 개체수는 최소 30% 이상 감소한 것으로 추측되어 취약(VU, A2ac)으로 평가되었다. 평가기준 B에서는 2011~2017년 기준 출현범위 약 1,776 km^2 , 점유면적 84 km^2 (21지점 \times 4 km^2)이며, 지소수는 19개이고 점유면적과 서식지 질, 성숙개체수가 지속적으로 감소하고 있었으나 극심한 개체군 변동은 관찰되지 않아 근접한 위기(Near meets EN B1b (i,ii,iii,iv,v) + B2b (i,ii,iii,iv,v))로 평가되었다. 따라서 한독중개의 최종 멸종위협 등급은 평가기준 A에 따라 취약(VU A2ac)으로 평가되었다. 2011년 한국의 적색목록집에는 취약(VU) B2ab (i,ii,iii,iv)으로 평가된 바 있어(NIBR, 2011), 멸종위협 등급은 취약으로 동일하였으나 평가기준의 적용에 있어서 차이를 보였다. 한국의 적색자료집에서는 평가기준 B(지리적 서식범위; 점유면적)로만 평가하여 제시하였으나, 본 연구에서 분석한 결과 적은 점유면적과 출현범위를 보였지만 지소

수가 10개를 초과하고 급심한 개체군 변동이 일어나지 않아 멸종위협 등급에 해당하지 않았다. 하지만 평가기준 A(개체군 크기 감소)에 따라 평가가 가능하였으며 멸종위협 등급인 취약(VU, A2ac)으로 평가되었다.

한독중개는 시대순으로 출현지역을 정리한 결과 지속적으로 급격히 감소하고 있는데, 특히 서식지인 하천 하류부에 보의 건설 및 하천공사가 주요 원인으로 추정되었다. 따라서 한독중개의 보전을 위해서는 우선적으로 현재 서식지의 무분별한 하천공사 및 보의 건설 등을 피해야 하고 주요 서식지를 보호구역으로 지정하는 등 적극적인 보호방안이 필요하다. 또한 장기적인 측면에서는 지속적인 모니터링을 통해 변화양상을 파악하고, 체계적인 복원학적 연구로 복원기술 역량을 확보하며, 절멸된 하천에서는 복원 사업을 통해 서식지를 복구하고 이후 치어방류를 통한 재도입으로 복원이 이루어져야 할 것이다.

사 사

본 연구는 환경부 국립생물자원관의 멸종위기종 전국분포 조사 일환으로 조사되었으며, 본 조사가 진행될 수 있도록 도움을 주신 국립생물자원관의 이정연 선생님께 감사드립니다.

적 요

우리나라 멸종위기어류 한독중개 *Cottus hangiongensis*의 분포양상 및 멸종위협 등급을 평가하기 위해 2011년부터 2017년까지 분포조사를 실시하였다. 한독중개의 분포 결과를 1954~1985년, 1981~2003년, 2004~2012년, 2011~2017년으로 나누어 비교한 결과, 분포하천 수는 각각 30개, 24개, 10개, 19개 하천으로 나타나 점차적으로 감소하는 경향을 보였다. 본 조사(2011~2017)에서 새롭게 확인된 하천은 아야진천과 척산천 2개였으며, 과거에 출현하였으나 본 조사에서 확인되지 않은 하천은 15개였다. 한독중개의 서식지는 공통적으로 하천 하류부의 물이 맑고 유속이 빠르며 하상은 돌과 큰돌이 있는 여울부였다. IUCN 적색목록 기준지침서에 따라 멸종위협 등급을 평가하면, 한독중개 개체수는 1981~2003년에 비해 보의 축조와 하천공사, 서식지의 질적 하락 등의 이유로 30% 이상 감소한 것으로 추정되어 취약(VU, A2ac)으로 평가하였다.

REFERENCES

Back, H.M., H.S. Sim, H.N. Youn and H.B. Song. 2008. Feeding

ecology of endangered *Cottus hangiongensis* in the Hosan Stream, Korea. Korean J. Ichthyol., 20: 279-284. (in Korean)

- Byeon, H.K., J.S. Choi, Y.M. Son and J.K. Choi. 1995. Taxonomic and morphological characteristics in the juvenile *Cottus* (Cottidae) fishes from Korea. Korean J. Ichthyol., 7: 128-134. (in Korean)
- Byeon, H.K., J.S. Choi and J.K. Choi. 1996. Fish fauna and distribution characteristics of anadromus type fish in Yangyangnamdae Stream. Koran J. Limnol., 29: 159-166. (in Korean)
- Byeon, H.K., K.S. Kim, H.Y. Song and I.C. Bang. 2009. Morphological variations and genetic variations inferred from AFLP (Amplified fragment length polymorphism) analysis of *Cottus* populations (Scorpaeniformes: Cottidae) in Korea. Korean J. Ichthyol., 21: 67-75. (in Korean)
- Choi, J.S., H.K. Byeon and K.S. Cho. 1995. Studies on stream conditions and fish community in Osip Stream (Samchuk County). Koran J. Limnol., 28: 263-270. (in Korean)
- Cummins, K.W. 1962. An evolution of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special emphasis on lotic waters. Amer. Midl. Nat'l., 67: 477-504.
- Goto, A. 1989. Growth differences in males of the river-sculpin *Cottus hangiongensis* along a river course, a correlated of life-history variation. Environ. Biol. Fishes, 24: 241-249.
- Hong, Y.K., K.H. Kim, K.M. Kim, G.H. Lim, M.Y. Song and W.O. Lee. 2016. Characteristics of fish fauna and community structure in Wangpicheon. Korean J. Environ. Ecol., 30: 874-887. (in Korean)
- IUCN. 2001. IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. IUCN Species Survival Commission. IUCN, ii + 30pp.
- 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.
- Jeon, S.R. 1987. Studies on the key and distributions of the cottid and gasterosteid peripheral fresh-water fishes from Korea. Coll. Thesis Sangmyung Women's Univ., 19: 549-576. (in Korean)
- Jeon, S.R. 1998. Studies on the key and distributions of the *Cottus poecilopus* and *Cottus hangiongensis* (Cottidae) from Korea. J. Basic Sci. Sangmyung Univ., 11: 1-16. (in Korean)
- Kani, T. 1944. Ecology of Torrent-inhabiting Insects, pp. 171-317. In: Insect I (Furukawa, J., ed.). Kenkyu-sha, Tokyo. (in Japanese)
- Kim, I.S. 1997. Illustrated Encyclopedia of Fauna & Flora of Korea, Vol. 37, Freshwater Fishes. Ministry of Education, Yeongi, 518pp. (in Korean)
- Kim, I.S. and C.H. Youn. 1992. Synopsis of the family Cottidae (Pisces: Scorpaeniformes) from Korea. Korean J. Ichthyol., 4: 54-79.
- Kim, J.H., S.R. Jeon and H.K. Byeon. 1999. Morphological studies on the genus *Cottus* from Paebong-river. J. Basic Sci. Sangmyung Univ., 12: 1-7. (in Korean)

- Ko, M.H. 2016. Distribution status and threatened assessment of endangered species, *Pungitius sinensis* (Pisces: Gasterosteidae) in Korea. Korean J. Ichthyol., 28: 186-191. (in Korean)
- Ko, M.H., I.S. Kim, J.Y. Park and Y.J. Lee. 2007. Growth of a landlocked ayu, *Plecoglossus altivelis* (Pisces: Osmeridae) and weir obstruction in Lake Okjeong, Korea. Korean J. Ichthyol., 19: 142-153. (in Korean)
- Ko, M.H., M.S. Han and S.M. Kwan. 2018. Distribution aspect and extinction threat evaluation of the endangered species, *Rhodeus pseudosericeus* (Pisces: Cyprinidae) in Korea. Korean J. Ichthyol., 30: 100-106. (in Korean)
- Ko, M.H., S.J. Moon and I.C. Bang. 2013a. Fish community structure and inhabiting status of endangered species in Baebong Stream. Korean J. Ecol. Environ., 46: 192-204. (in Korean)
- Ko, M.H., S.J. Moon, Y.K. Hong G.Y. Lee and I.C. Bang. 2013b. Distribution status and habitat characteristics of the endangered species, *Lethenteron reissneri* (Petromyzontiformes: Petromyzontidae) in Korea. Korean J. Ichthyol., 25: 189-199. (in Korean)
- Ko, M.H., J.Y. Park and Y.J. Lee. 2008. Feeding habits of an introduced large mouth bass, *Micropterus salmoides* (Perciformes; Centrarchidae), and its influence on ichthyofauna in the Lake Okjeong, Korea. Korean J. Ichthyol., 20: 36-44. (in Korean)
- 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.
- Kwater. 2007. A Guidebook of Rivers in South Korea. Kwater, Daejeon, 582pp. (in Korean)
- Lee, W.O., S.W. Yoon, J.H. Kim and D.H. Kim. 2008. Comparison of growth and spawning characteristics of Ayu, *Plecoglossus altivelis* in Seomjin River and Streams flowing to the East Sea, Korea. Korean J. Ichthyol., 20: 179-189. (in Korean)
- MAFRA (Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries). 2010. The National Survey of Low Head Dams and Development of Database in Korea. 275pp. (in Korean)
- ME (Ministry of Environment). 1997-2003. 2nd National Environment Investigation of Freshwater fish.
- ME (Ministry of Environment). 2004-2012. 3rd National Environment Investigation of Freshwater fish.
- ME (Ministry of Environment). 2005. Enforcement of Wildlife Laws (Law No. 7167). (in Korean)
- ME (Ministry of Environment). 2012. Conservation and Management Laws of Wildlife (Law No. 10977). (in Korean)
- ME (Ministry of Environment). 2017. Conservation and Management Laws of Wildlife (amendment of enforcement regulations) (Law No. 10977). (in Korean)
- Mori, T. 1930. On the fresh water fishes from the Tumen River, Korea, with descriptions of new species. J. Chosen Nat. His. Soc., 11: 39-49.
- Nam, M.M., Y.H. Kang, B.S. Chae and H.J. Yang. 2002. On the geographical distribution of freshwater fishes in the Gagok and Maeup Streams flowing into the East Sea, Korea. Korean J. Ichthyol., 14: 269-277. (in Korean)
- NIBR (National Institute of Biological Resources). 2011. Red Data Book of Endangered Fishes in Korea. Ministry of Environment, Incheon, pp. 59-60. (in Korean)
- NIE (National Institute of Ecology). 2014. Ecological Survey of near DMZ area (Eastern GOP Region). 192pp. (in Korean)
- Park, G.M. and H.B. Song. 2006. Karyotypes of five species in Odontobutidae and Cottidae of Korea. Korean J. Ichthyol., 18: 155-162.
- Sala, O.E., F.S. Chapin, J.J. Armesto, E. Berlow, J. Bloomfield, R. Dirzo, E. Hubber-Sanwald, L.F. Huenneke, R.B. Jackson, A. Kinzig, R. Leemans, D.M. Lodge, H. Mooney, M. Oesterheld, N.L. Poff, M.T. Sykes, B.H. Walker, M. Walker and D.H. Wall, 2000. Global biodiversity scenarios for the year 2100. Science, 287, 1770-1774.
- SEO, W.I. 2009. Studies on reproductive biology and propagation ecology of tuman river sculpin, *Cottus hangiongensis*. Doctoral Thesis, Chonnam National University, Yeosu, 89pp. (in Korean)
- SEO, W.I., D.J. Yoo, S.G. Byun, Y.C. Kim, S.H. Lee, I. H. Yeon, K.H. Han, H.S. Yim and B.I. Lee. 2010. Spawning behavior and early life history of endangered *Cottus hangiongensis*. Kor. J. Fish. Aquat. Sci., 43: 46-53. (in Korean)
- 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.
- WAMIS. 2017. Water use facilities (Wear). Retrieved from <http://www.wamis.go.kr>. version (12/2017).
- 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. Korean Soc. Mar. Environ. Ener., 7: 35-41. (in Korean)