

조종천에 재도입된 멸종위기어류 가는돌고기 *Pseudopungtungia tenuicorpa* (Pisces: Cyprinidae) 복원사업은 정말 실패하였는가?

한미숙 · 최광식 · 고명훈*

고수생태연구소

Has the Restoration Project of *Pseudopungtungia tenuicorpa* (Pisces: Cyprinidae) in the Jojongcheon Stream, Hangang River Failed? by Mee-Sook Han, Kwang-Seek Choi and Myeong-Hun Ko* (Kosoo Ecology Institute, Seoul 07952, Republic of Korea)

ABSTRACT The endangered *Pseudopungtungia tenuicorpa* were reintroduced to the Jojongcheon Stream in the Hangang River 2011~2012 as part of the restoration project. Since then, the restoration project has been evaluated as a failure because the *P. tenuicorpa* were not collected from the discharge site 2014~2016. This study was conducted 2017~2019 to verify that the *P. tenuicorpa* restoration project failed. Six locations were selected, including the discharge site, and the fish collection method used skimming nets, cast nets, long bag set nets, and scuba diving. In the survey results, 13 individuals were collected in a 0.5 km section, including the discharge station. The *P. tenuicorpa* habitat was approximately at a water depth of 0.5 m to 2 m in run water flow with the boulders and rocks. The age of the collected *P. tenuicorpa* were 0+ to 3-years-old, and the generation alternation was occurring stably. Thus, the *P. tenuicorpa* restoration project was evaluated as partially-successful, as the *P. tenuicorpa*, re-introduced to the Jojongcheon Stream, settled in its habitat with stable generation alternation.

Key words: *Pseudopungtungia tenuicorpa*, endangered species, reintroduction, restoration project

서 론

전 세계적으로 근대화가 진행되면서 급격한 인구증가와 무분별한 개발, 기후변화, 환경오염, 위해종의 유입 등으로 많은 야생생물이 멸종하거나 멸종위협에 놓이고 다양성이 급격히 감소되고 있으며 (Chapin *et al.*, 2000; Thomas *et al.*, 2004), 우리나라 담수어류도 국토의 개발에 따른 대형댐과 저수지, 보의 건설, 수질오염, 외래종의 도입 등으로 인해 고유종 및 자생종들의 서식지와 개체수가 급격히 감소하면서 멸종위기에 놓이거나 일부 종은 멸종한 것으로 보고되고 있다 (Jang *et al.*,

2006; Kwater, 2007; NIBR, 2011; Ko *et al.*, 2017). 현재 우리나라의 담수어류 멸종위기종은 I급 11종, II급 16종 등 27종이 지정되어 있으며 (ME, 2017), 멸종위기종들의 복원을 목적으로 한 보존학적 연구들이 지속적으로 이루어지고 있으며 치어나 성어가 방류되고 있다 (ME, 2005, 2006, 2009a, 2009b, 2010, 2011a, 2011b, 2012, 2013, 2014, 2016, 2018; MLTM, 2010, 2011, 2012; CHA, 2012; WPOE, 2017, 2018).

가는돌고기 *Pseudopungtungia tenuicorpa*는 잉어목 (Cypriniformes), 잉어과 (Cyprinidae), 모래무지아과 (Gobioninae)에 속하는 소형 어류로 한강수계인 임진강과 한강에만 서식하는 우리나라 고유종이다 (Choi *et al.*, 1990; Kim, 1997; Kim *et al.*, 2005; Kim and Park, 2007). 2005년부터 환경부지정 멸종위기 야생생물 II급으로 지정되어 현재까지 법적 보호를 받고 있다

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

(ME, 2005, 2012, 2017). 가는돌고기에 대한 연구는 보전학적 연구의 일환으로 분포, 개체군 생태, 유전자 분석, 인공증식기술 개발, 난발생 및 초기생활사 등의 연구가 이루어졌고(MLTM, 2010, 2011, 2012; Ko *et al.*, 2012), 번식전략으로 꺾지의 산란장 주위에 산란을 하는 탁란과 돌틈에 산란하는 틈새산란이 보고되었으며(Lee, 2011), 최근 속리산집단의 서식지 특징과 연령구조가 분석되었다(Ko *et al.*, 2019b). 이 중 2011년부터 2012년까지 생태계 복원을 목적으로 북한강 지류 조종천에 치어(10,000마리)와 성어(300마리)가 재도입(reintroduction) 개념으로 방류되었다(MLTM, 2011, 2012). 방류된 해인 2011년과 2012년에는 가는돌고기가 각각 280개체, 497개체가(MLTM, 2011, 2012), 이후 2013년에는 24개체가 채집되어 방류된 개체가 잘 적응하여 서식하고 있는 것이 확인되었다(ME, 2013). 하지만 2014년부터 2016년까지는 한 개체도 채집되지 않아 방류된 개체는 소멸되고 복원사업은 실패한 것으로 평가되었다(ME, 2014, 2016).

한편 동일한 시기(2010~2012년)에 복원사업으로 재도입된 멸종위기종 묵납자루 *Acheilognathus signifer*도 2014년부터 2016년까지 거의 채집되지 않아 실패한 것으로 보고되었지만(ME, 2014, 2016), 2017년부터 2018년까지 이루어진 정밀모니터링에서 방류된 묵납자루는 큰 개체군을 형성하고 5 km 구간에 안정적으로 정착·서식하여 완전성공한 복원사업으로 평가되었으며, 2014년부터 2016년까지 묵납자루가 채집되지 않은 것은 조사방법(조사지점 선정 및 채집방법)이 적절하지 않았기 때문으로 추정된 바 있다(Ko *et al.*, 2019a). 따라서 본 연구는 조종천 가는돌고기 복원사업이 정말 실패하였는지에 대한 의문을 검증하기 위해 2017년부터 2019년까지 다양한 조사방법을 통한 정밀조사방법으로 가는돌고기의 서식현황을 파악하여 복원사업의 성공 여부를 재평가하고 보전방안에 대해 논의하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 조사 기간 및 지점

본 연구는 북한강 지류 조종천에서 1차(2017년 5월 8~10일), 2차(2017년 10월 8~10일), 3차(2018년 4월 28~30일)와 4차(2018년 10월 2~4일), 5차(2019년 5월 1~3일)로 나누어 가는돌고기 *P. tenuicorpa*의 서식과 서식지환경, 동소종을 조사하였다. 조사지점은 선행연구의 조사지점 및 가는돌고기의 출현기록, 서식지 특징 등을 고려하여 1~1.5 km 간격으로 6개 지점을 선정하였는데(Fig. 1), St. 1은 상류로의 소상한계를, St. 3은 St. 2와 0.5 km로 가까우나 미소서식지에 차이를 보이고 과거 문헌에 서식기록이 있어 구분하였으며(ME, 2011, 2012),

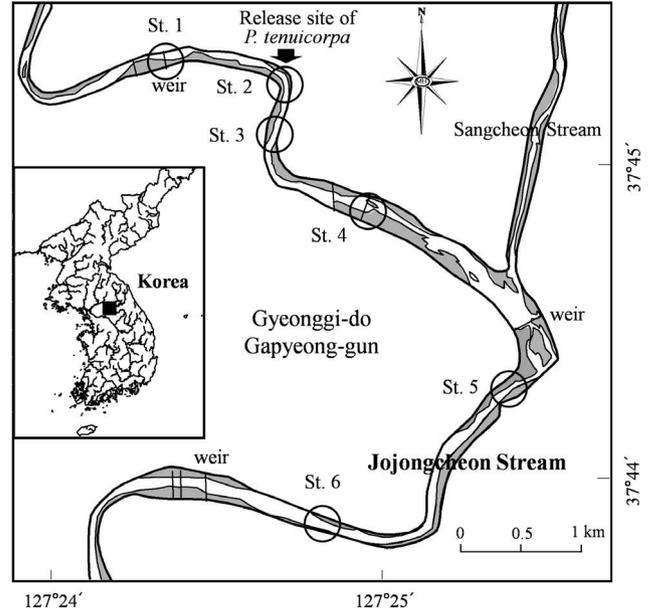


Fig. 1. Monitoring stations of *Pseudopungtungia tenuicorpa* in the Jojongcheon Stream, Hangang River, Gapyeong-gun, Gyeonggi-do, Korea from 2017 to 2018.

St. 6은 ME(2013)의 출현기록이 있어 포함하였다.

- St. 1. 경기도 가평군 상면 덕현리 (37°45'19.11"N, 127°24'50.86"E)
- St. 2. 경기도 가평군 상면 덕현리 가는돌고기 방류지점 (37°45'14.36"N, 127°25'11.07"E)
- St. 3. 경기도 가평군 청평면 하천리 방류지점 0.5 km 아래 (37°45'5.69"N, 127°25'9.02"E)
- St. 4. 경기도 가평군 청평면 하천리 보 (37°44'51.25"N, 127°25'29.50"E)
- St. 5. 경기도 가평군 청평면 청평리 잠수교 (37°44'17.94"N, 127°26'0.22"E)
- St. 6. 경기도 가평군 청평면 청평리 돌보 (37°43'56.48"N, 127°25'13.91"E)

2. 채집 및 조사방법

가는돌고기는 환경부지정 멸종위기 야생생물 II급에 포함되기 때문에 한강유역환경청의 포획허가(제2017-21호, 제2018-34호)를 받은 후 조사를 실시하였다. 조사는 지점별로 200~300 m 구간에서 투망(망목 6×6 mm, 10회)과 족대(망목 4×4 mm, 1시간, 일각망(1개, 망목 4×4 mm, 날개 길이 10 m, 야간 포함하여 12시간 이상 정치), 스쿠버다이빙 등을 통해 채집하였다. 어류의 동정은 Kim (1997), Kim and Park (2007), Kim *et al.* (2005) 등에 따랐으며, 분류체계는 Nelson (2006)에

Table 1. Physicochemical and hydrological factors measured from 2017 to 2019 at the monitoring stations in the Jojongcheon Stream, Hangang River, Korea

Stations	1	2	3	4	5	6	
River width (m)	80~90	80~90	80~100	130~140	90~100	90~100	
Water width (m)	30~50	30~40	40~50	60~120	70~80	70~80	
Water depth (m)	0.5~1.5	0.5~3.0	0.5~1.8	0.5~1.5	0.5~1.5	0.5~1.0	
River type*	Aa~Bb	Bb	Bb	Bb	Bb	Bb	
Stream order	4	4	4	4	4	4	
Bottom structure (%)**	Sand		10		10		
	Gravel		10	10	10	10	
	Pebble	20	10	10	20	20	
	Cobble	40	30	30	40	40	50
	Boulder	40	40	50	20	30	20
Water temperature (°C)	15.7~22.5	15.9~22.9	16.0~22.7	15.6~25.2	17.5~23.7	16.8~21.0	
Conductivity (µs/cm)	124~215	131~210	131~210	141~195	144~205	142~207	
Salinity (%)	0.06~0.10	0.06~0.10	0.06~0.10	0.06~0.10	0.05~0.10	0.07~0.10	
DO (mg/L)	6.95~12.97	6.94~12.77	6.63~13.41	6.89~12.54	6.93~12.37	7.05~13.24	
pH	7.01~8.05	6.98~7.83	7.00~7.88	6.66~7.88	6.63~7.80	6.50~7.42	
Etc***	W			W, RRP		W, RRP	

*River type: by Kani (1944); **Mud (~0.1 mm), Sand (0.1~2 mm), Gravel (2~16 mm), Pebble (16~64 mm), Cobble (64~256 mm), Boulder (>256 mm) - Cummins (1962), ***W: weir; RRP: river refurbishment project.

따랐다. 채집된 가는돌고기는 마취제 (MS-222)로 마취하여 전장을 측정 후 바로 방류하였으며, 채집시기별 전장빈도분포도 (Ricker, 1971)를 작성하여 Ko *et al.* (2019b)의 연구결과와 비교하여 연령을 추정하였다. 수문학적 환경은 측정용 망원경 (Yardage pro Tour XL, BUSHNELL, Japan)과 줄자를 이용하여 하폭 및 유폭, 수심을 측정하였고, 하천형은 Kani (1944)의 구분법으로, 하천차수는 1:100,000 지도를 기준으로, 하상구조는 Cummins (1962)의 방법으로 구분하였다. 이·화학적 환경은 디지털온도계 (T-250A, ASAHI, Japan)와 수질측정기 (HI-9828, Romania)를 이용하여 기온과 수온, 전기전도도 (Conductivity)와 염도, 용존산소량 (DO), pH 등을 측정하였다.

결 과

1. 서식환경

연구지역인 조종천 하류부는 하폭이 80~140 m, 유폭 30~120 m이며, 수심은 0.5~3.0 m였다. 하천형은 대부분 평지형 (Bb type)이었으며 하천차수는 모두 4차였다. 하상은 주로 큰돌 (boulder)과 돌 (cobble), 자갈 (pebble) 등의 순으로 비율이 높았다. 물은 대체로 맑았으나 강우량이 적은 시기에는 물이 탁하여 시야가 50 cm 미만인 경우도 있었다. 전기전도도는 대체로 120~210 µs/cm였고, 염도는 0.05~0.10%였으며, 용존

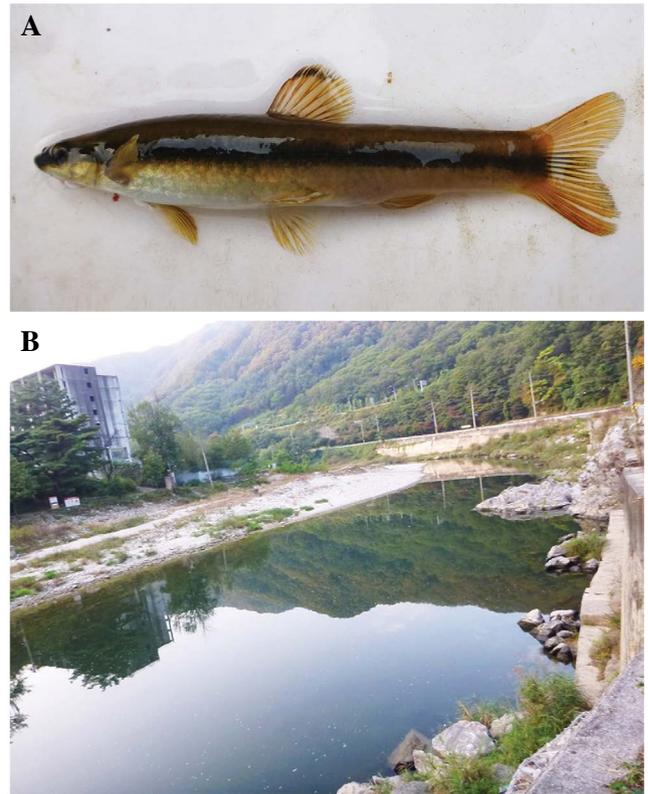


Fig. 2. Photographs of *Pseudopungtungia tenuicorpa* (A) and their habitat (B, St. 3) in the Jojongcheon Stream, Hangang River, Korea, October, 2017.

Table 2. List of fish species and the individual numbers identified from 2017 to 2019 in Jojongcheon Stream, Hangang River, Korea

Scientific name and Koran name	Stations						Total	RA (%)*	Remarks**
	1	2	3	4	5	6			
Cyprinidae 잉어과									
<i>Cyprinus carpio</i> 잉어		1		2		3	6	0.10	
<i>Carassius auratus</i> 붕어			1	2	4	1	8	0.13	
<i>Rhodeus uyekii</i> 각시붕어					21	8	29	0.46	E
<i>Rhodeus ocellatus</i> 흰줄납줄개					11		11	0.18	
<i>Rhodeus pseudosericeus</i> 한강납줄개		5	16	1	6		28	0.45	EnII, E
<i>Rhodeus notatus</i> 떡납줄개				5	85	45	135	2.15	
<i>Acheilognathus lanceolatus</i> 납자루	6	43	34	10	27	71	191	3.05	
<i>Acheilognathus signifer</i> 묵납자루				1			1	0.02	EnII, E
<i>Acheilognathus yamatsutae</i> 줄납자루	2	14	26	6	26	14	88	1.40	E
<i>Squalidus gracilis majimae</i> 긴몰개	16	14	54	119	75	18	296	4.72	E
<i>Coreoleuciscus splendidus</i> 쉬리	4	7	4	16	1	17	49	0.78	E
<i>Pungtungia herzi</i> 돌고기	150	275	275	265	149	223	1337	21.32	
<i>Pseudopungtungia tenuicorpa</i> 가는돌고기		4	9				13	0.21	EnII, E
<i>Hemibarbus labeo</i> 누치		1	1	9	6	6	23	0.37	
<i>Hemibarbus longirostris</i> 참마자	5	19	6	37	23	15	105	1.67	
<i>Pseudogobio esocinus</i> 모래무지	7	48	16	18	30	28	147	2.34	
<i>Microphysogobio yaluensis</i> 돌마자	7	44	42	51	50	84	278	4.43	E
<i>Microphysogobio longidorsalis</i> 배가사리	37	37	19	15	6	18	132	2.10	E
<i>Zacco koreanus</i> 참갈겨니	193	240	253	178	159	64	1087	17.33	E
<i>Zacco platypus</i> 피라미	87	91	82	476	311	367	1414	22.55	
Cobitidae 미꾸리과									
<i>Iksokimia koreansis</i> 참종개	10	8	7	21	23	12	81	1.29	E
<i>Koreocobitis rotundicaudata</i> 새코미꾸리	9	7	13	5	3	4	41	0.65	E
Bagridae 동자개과									
<i>Pseudobagrus koreanus</i> 눈동자개	26	85	85	26	22	6	250	3.99	E
<i>Leiocassis ussuriensis</i> 대농갱이	3	24	40	2	4		73	1.16	
Siluridae 메기과									
<i>Silurus asotus</i> 메기				2	1		3	0.05	
Amblycipitidae 통가리과									
<i>Liobagrus andersoni</i> 통가리		2	1	2			5	0.08	E
Centropomidae 꺾지과									
<i>Coreoperca herzi</i> 꺾지	25	19	41	14	14	8	121	1.93	E
Odontobutidae 동사리과									
<i>Odontobutis platycephala</i> 동사리	1	3	1	2		2	9	0.14	E
<i>Odontobutis interrupta</i> 얼룩동사리	2	2	6	2	4		16	0.26	E
Centrarchidae 검정우럭과									
<i>Micropterus salmoides</i> 배스						3	3	0.05	Ex
Gobiidae 망둑어과									
<i>Rhinogobius brunneus</i> 밀어	10	8	16	76	54	127	291	4.64	L
Number of species	19	24	24	27	25	23	31		
Number of individuals	600	1001	1048	1363	1115	1144	6271		

*RA: relative abundance (%), **Remarks: EnII: endangered species rank II; E: endemic species; L: land-locked species; Ex: exotic species.

산소량은 6.6~13.4 mg/L, pH는 6.7~8.1이었다. 지점 중 보는 St. 1, 4, 6에 설치되어 있었고, 조사기간 중 St. 4, 6는 하천공

사 및 유원지로 이용되고 있었다. 가는돌고기 *P. tenuicorpa*가 채집된 St. 2~3은 수심이 0.5~3.0 m로 긴 소가 형성되어 있었

고 암반과 큰돌의 비율이 40~50%로 매우 높았으며, 수변부는 갯버들류(pussy willow)와 달뿌리풀 *Phragmites japonica* 이 일부 서식하고 있었다. 전기전도도는 131~210 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 였고, 염도는 0.06~0.10%였으며, 용존산소량은 6.6~13.4 mg/L, pH는 7.0~7.9였다(Table 1, Fig. 2).

2. 동소출현종

2017년부터 2019년까지 5차례 어류 조사를 실시한 결과 모두 9과 31종이 채집되었으며, 우점종은 피라미 *Zacco platypus* (22.6%), 아우점종은 돌고기 *Pungtungia herzi* (21.3%), 그 다음으로 참갈겨니 *Z. koreanus* (17.3%), 긴물개 *Squalidus gracilis majimae* (4.7%), 밀어 *Rhinogobius brunneus* (4.6%), 돌마자 *Microphysogobio yaluensis* (4.4%), 눈동자개(4.0%), 납자루 *Acheilognathus lanceolatus* (3.1%), 모래무지 *Pseudogobio esocinus* (2.3%), 떡납줄갱이 *Rhodeus notatus* (2.2%), 배가사리 *M. longidorsalis* (2.1%) 등의 순으로 우세하였다. 법정 보호종은 환경부 멸종위기 야생생물 II급에 속하는 한강납줄개 *R. pseudosericeus*, 묵납자루 *A. signifer*, 가는돌고기 3종이, 한국고유종은 17종(54.8%) 확인되었으며, 외래어종은 배스 *Micropterus salmoides* 1종이 채집되었다. 가는돌고기가 탁난하는 숙주어인 꺾지는 전 지점에서 서식하고 비율도 1.9%로 비교적 높은 편이었다.

3. 가는돌고기 서식양상

조사기간 중 채집된 가는돌고기는 2017년 10월 5개체, 2018년 4월 2개체, 10월 2개체, 2019년 5월 4개체로 모두 13개체(0.21%)가 채집되어 상대풍부도(0.21%)는 낮았다. 채집

지점은 2017년부터 2018년까지는 가는돌고기 방류지점 0.5 km 아래인 St. 3에서 9개체, 2019년은 방류지점인 St. 2에서 4개체가 채집되었다(Table 3). 가는돌고기는 일각망에서만 채

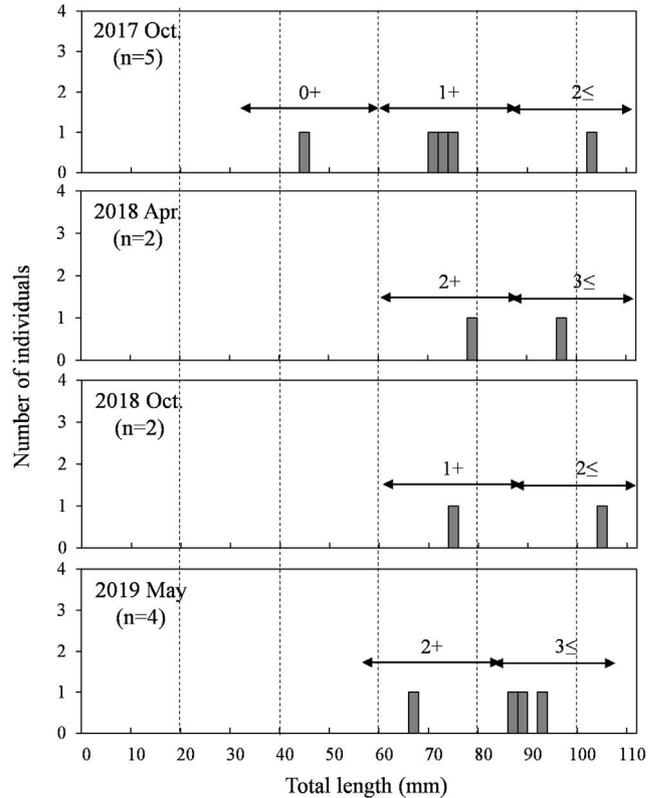


Fig. 3. Total length frequency distribution of *Pseudopungtungia tenuicarpa* in the Jojongcheon Stream, Hangang River, Korea from 2017 to 2019.

Table 3. Historical collected record of monitoring of *Pseudopungtungia tenuicarpa* in the Jojongcheon Stream, Hangang River, Korea from 2017 to 2019

Years	No. surveys	No. stations	Stations*						Collection method	Number of release individuals	Reference	
			1	2	3	4	5	6				Total
2011	3	2	260	20					280	Skimming nets, scuba diving	5300	ME, 2011
2012	6	4	0	492	5	0			497	Skimming nets, scuba diving	5000	ME, 2012
2013	8	4	0	23		0		1	24	Skimming nets, cast nets, scuba diving, long bag set nets		ME, 2013
2014	4	5	0	0		0		0	0	Skimming nets, cast nets		ME, 2014
2015	2	1		0					0	Skimming nets, cast nets		ME, 2016
2016	1	1		0					0	Skimming nets, cast nets		ME, 2016
2017	2	6			5				5	Skimming nets, cast nets, long bag set nets, scuba diving		Present study
2018	2	6				4			4	Skimming nets, cast nets, long bag set nets, scuba diving		Present study
2019	1	6		4					4	Skimming nets, cast nets, long bag set nets, scuba diving		Present study

집되었고, 죽대와 투망에서는 채집되지 않았으며 스킨다이빙에서는 채집 및 관찰되지 않았다. 가는돌고기가 채집된 지역은 긴 여울이 형성된 곳의 느린 여울부로 수심 0.5~2 m였으며 하상은 큰돌과 암반으로 되어 있었다. 채집된 개체의 전장 크기는 44~103 mm였으며, 조사시기별 분포는 Fig. 3과 같았다.

고 찰

멸종위기종 복원사업의 일환으로 가는돌고기 *P. tenuicorpa* 방류는 2011년 방류후보지 평가를 통해 조종천, 가평천, 단양천 중 가장 적합한 것으로 평가된 조종천에 2011년부터 2012년까지 치어 10,000개체와 성어 300개체가 재도입 개념으로 방류되었다(MLTM, 2011, 2012). 방류지 조종천에서 가는돌고기는 1997년 Nam에 의해 조종천 하류부에서 2개체가 채집되었으나(Nam, 1997), 이후 어류군집특성(Lee, 2013)이나 제3차 전국자연환경조사(Kim and An, 2006a, 2006b, 2006c; Yang and Lee, 2007), 제4차 전국자연환경조사(Kim and Kwan, 2014; Ko and Jang, 2014) 등에서도 서식이 확인되지 않았다. 현재 조종천 인근 하천인 가평천과 홍천강, 벽계천 등에서 가는돌고기가 많이 서식하고 있기 때문에(Nam, 1997; Choi and Kim, 2004; MLTM, 2010, 2011; Yoon *et al.*, 2014) 조종천에서 가는돌고기는 과거 많은 개체가 서식하였으나 최근 급격히 개체수가 급감하였거나 소멸한 것으로 추정되었다.

조종천에 방류된 가는돌고기는 방류해인 2011년과 2012년에는 각각 280, 497개체가 채집되어 많은 개체가 확인되었으며(ME, 2011, 2012), 이후 2013년에도 24개체가 채집되어 다수의 개체가 서식하는 것으로 확인되었다(ME, 2013). 하지만 2014년부터 2016년까지는 단 한 개체도 확인되지 않아 가는돌고기 복원사업은 실패한 것으로 추정되었다(ME, 2014, 2016). 본 조사로 2017년 5개체, 2018년 4개체, 2019년 4개체 등 매년 4~5개체가 채집되었으며, 채집된 개체는 Ko *et al.*, (2019b)의 가는돌고기의 전장빈도분포도에 따른 연령분포로 볼 때 10월 기준 40~55 mm는当年생, 60~85 mm는 1년생, 85~110 mm는 2년생 이상으로 판단되어 2017년은 3개의 연령군이 2018~2019년은 각각 2개의 연령군이 채집된 것으로 추정되었다(Fig. 3). 출현지점은 2017~2018년은 St. 3인 방류지점에서 0.5 km 아래에서 채집되었으며 2019년은 방류지점에서 채집되었다. 2011~2013년 조사에서도 대부분 St. 2~3에서 서식이 확인되었고 특이하게 2013년에 St. 6에서 1개체가 채집된 것으로 보고된 바 있는데, 이 개체는 집중호우 시 방류지점에서 일부 떠내려간 개체가 채집된 것으로 추정된 바 있다(ME, 2011, 2012, 2013).

과거 2014~2016년 조사(ME, 2014, 2016)에서 가는돌고기

가 채집되지 않은 이유는 채집방법에 있어 2011~2013년 및 본 조사가 죽대와 투망뿐만 아니라 일각망, 수중조사 등을 병행하여 보다 많은 지점(4~6개)을 보다 많은 횟수(2~6회)로 조사하였기 때문으로 판단된다. 특히 멸종위기종은 독특한 서식지 특징을 보이는 것으로 알려져 있어 멸종위기종의 모니터링 방법은 서식지 특징을 고려한 조사지점 선정 및 채집방법이 무엇보다 중요하다. 흑천에서 이루어진 묵납자루의 복원사업에서도 가는돌고기의 복원사업과 유사하게 2014~2016년에 죽대와 투망으로만 이루어진 조사에서 단 1개체만이 채집되어 복원사업이 실패한 것으로 보고되었으나(ME, 2014, 2016), 이후 Ko *et al.* (2019a)은 일각망과 죽대, 투망 등으로 8 지점을 정밀조사하여 방류된 묵납자루는 5 km 구간에 안정적으로 정착·서식하여 완전성공한 복원사업으로 보고하였다. 방류지에서 가는돌고기가 채집된 조사방법은 일각망과 수중조사였는데, 수중조사는 가뭄 시 수중시야가 매우 짧아 조사가 어려운 경우도 있었기 때문에 일각망이 보다 효율적이었다. 추후 가는돌고기의 모니터링 방법은 하천조사 기본방법인 죽대와 투망 조사에 일각망을 병행하여 조사하는 것이 가장 효율적인 조사방법으로 판단되었다.

감돌고기속(*Pseudopungtungia*)과 돌고기속(*Pungtungia*) 어류의 번식은 독특하게 꺾지속(*Coreoperca*) 어류의 산란장에 탁란(brood parasitism)하는 방법과 돌틈에 산란하는 틈새산란이 알려져 있다(Baba *et al.*, 1990; Baba, 1994; Kim *et al.*, 2004; Lee, 2011). 이 중 감돌고기 *Pseudopungtungia nigra*는 전적으로 꺾지 산란장에 탁란하는 번식전략을 사용하는 것으로 알려져 있어(Lee, 2011), 감돌고기의 복원사업에서도 성공적인 감돌고기의 번식을 위해 감돌고기 치어와 함께 감돌고기의 산란숙주 종인 꺾지도 함께 방류한 바 있다(ME, 2011, 2012). 그리고 가는돌고기와 돌고기는 탁란과 틈새산란을 병행하는 것으로 알려져 있는데, 탁란의 숙주종은 돌고기가 꺾지와 꺾저기 *C. kawamebari*를, 가는돌고기는 꺾지를 이용하는 것으로 알려져 있다(Baba *et al.*, 1990; Baba, 1994; Lee, 2011). 가는돌고기 방류하천인 조종천에는 동소출현종으로 꺾지가 1.9%로 비교적 많이 서식하고 있었으며 특히 서식이 확인된 St. 2~3은 2.9%로 보다 높게 서식하여 가는돌고기의 탁란에는 충분한 개체수가 서식하는 것으로 생각되었다. 또한 틈새산란을 위해서는 돌틈이 필요한데, 조종천의 방류지 인근은 큰돌과 바위 등이 40~50%로 높아 돌틈이 많이 형성되어 있어 틈새산란을 하기 좋은 여건이었다.

지금까지 국내에 방류된 멸종위기 어류의 복원사업 중 흑천의 묵납자루(Ko *et al.*, 2019a), 웅천천의 감돌고기, 만경강의 통사리 *Liobagrus obesus*, 낙동강(남강)의 얼룩새코미꾸리 *Koreocobitis naktongensis* (ME, 2018), 오대산의 얼묵어 *Brachymystax lenok tsinlingensis* (WPOE, 2017)만이 성공한 복원사업으로 평가받고 있다. 국외의 ‘지구적 재도입 관점’ (IUCN, 2011)에서는 도입된

종들의 평가는 매우성공, 성공, 부분성공, 실패로 구분하고 있는데, 어류의 경우 매우성공 4종, 성공 3종, 부분성공 3종이 보고된 바 있다. 조종천의 재도입된 가는돌고기(2011~2012)는 조사방법(지점선정 및 채집방법)이 적절하지 않은 2014~2016년을 제외하고 개체수는 적지만 현재까지 지속적으로 서식이 확인되고 있고 방류지점을 포함한 St. 2~3의 약 0.5 km 구간에 정착하여 세대교번이 지속적으로 이루어지는 점으로 볼 때 가는돌고기 복원사업은 부분성공(partially successful)으로 평가되었고 앞으로 개체수 및 서식지 확산 등의 잠재성이 있는 것으로 판단되었다.

가는돌고기가 방류된 조종천 하류부는 환경부 멸종위기 야생생물 II급의 한강납줄개와 묵납자루가 함께 서식하고 있고, 최근 많은 루어 낚시꾼으로 인해 가는돌고기의 탁란 숙주종인 꺾기 성어가 지속적으로 포획되는 것이 관찰되고 있으며, 일부 지역이 하천정비공사로 하천환경이 교란되고 있기 때문에 서식지를 보호할 수 있는 자연보전지역 또는 천연기념물 지정 등의 적극적인 보호대책이 필요하다고 판단된다. 또한 갈수기인 5~6월에는 수질이 급격히 악화되는 현상이 나타나 수질을 안정적으로 유지시킬 수 있는 방안 검토가 요구되었다.

요 약

멸종위기어류 가는돌고기 *Pseudopungtungia tenuicarpa* 복원사업의 일환으로, 2011~2012년 한강의 조종천에 가는돌고기가 방류되었다. 이후 2014년부터 2016년까지 방류지에서 가는돌고기가 채집되지 않아 복원사업은 실패한 것으로 평가되었다. 본 연구는 가는돌고기 복원사업이 정말 실패하였는가를 검증하기 위해 2017년부터 2019년까지 정밀조사를 실시하였다. 조사지점은 방류지점을 포함하여 6개 지점을 선정하였으며, 족대와 투망, 일각망, 스쿠버다이빙 등을 이용하여 어류를 채집하였다. 조사결과 방류지점을 포함한 약 0.5 km 구간에서 13개체가 채집되었다. 가는돌고기 서식지역은 수심 0.5~2 m의 큰돌과 암반으로 이루어진 느린 여울부였다. 채집된 가는돌고기의 연령은 당년생(0+)부터 3년생 이상으로 구성되어 있었으며, 지속적으로 세대교번이 일어나고 있었다. 따라서 조종천에 재도입된 가는돌고기는 비록 많은 개체가 서식하지 않았으나 서식지에 정착하여 지속적으로 세대교번을 하고 있어, 가는돌고기 복원사업은 부분성공으로 평가되었다.

사 사

본 연구는 환경부의 ‘멸종위기 담수어류(꼬치동자개) 보전방안 연구’, ‘멸종위기 담수어류(여울마자, 꼬치동자개) 보전방안 연구’의 연구비 지원을 받아 연구되었다.

REFERENCES

- Baba, R. 1994. Timing of spawning and host-nest choice for brood parasitism by the Japanese minnow, *Pungtungia herzi*, on the Japanese aucha perch, *Siniperca kawamebari*. *Ethology*, 98: 50-59. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.1994.tb01056.x>.
- Baba, R., Y. Nagata and S. Yamagishi. 1990. Brood parasitism and egg robbing among three freshwater fish. *Anim. Behav.*, 40: 776-778. [https://doi.org/10.1016/S0003-3472\(05\)80707-9](https://doi.org/10.1016/S0003-3472(05)80707-9).
- CHA (Cultural Heritage Administration). 2012. Culture and restoration research of natural monument, *Hemibarbus mylodon*. Soonchunhyang Univ., Asan, Korea, 48pp.
- Chapin, F.S., E.S. Zavaleta, V.T. Eviner, R.L. Naylor, P.M. Vitousek, H.L. Reynolds, D.U. Hooper, S. Lavoirel, O.E. Sala, S.E. Hobbie, M.C. Mack and S. Diaz. 2000. Consequences of changing biodiversity. *Nature*, 405: 234-242. <https://www.nature.com/articles/35012241>.
- Choi, J.S. and J.K. Kim. 2004. Ichthyofauna and fish community in Hongcheon River, Korea. *Korean J. Environ. Biol.*, 18: 446-455.
- 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'l.*, 67: 477-504. <https://doi.org/10.2307/2422722>.
- 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. 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, B.J. and J.H. An. 2006a. The 3rd nation environment investigation. Fresh water fishes of the Yeonha whole area. Ministry of Environment, 6pp.
- Kim, B.J. and J.H. An. 2006b. The 3rd nation environment investigation. Fresh water fishes of the Sangcheon whole area. Ministry of Environment, 9pp.
- Kim, B.J. and J.H. An. 2006c. The 3rd nation environment investigation. Fresh water fishes of the Jeonmok whole area. Ministry of Environment, 9pp.
- 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, I.S., S.H. Choi and H.H. Lee. 2004. Brood parasite of Korean shiner, *Pseudopungtungia nigra* in the Keum River, Korea. *Korean J. Ichthyol.*, 16: 75-79.
- Kim, I.S., Y. Choi, C.L. Lee, Y.J. Lee, B.J. Kim and J.H. Kim. 2005. Illustrated book of Korean fishes. Kyohak publishing, Seoul,

- Korea, 615pp.
- Kim, J.M. and E.H. Kwan. 2014. The 4th nation environment investigation. Fresh water fishes of the lower Jojong Stream area. Ministry of Environment, 9pp.
- Ko, J.K. and W.J. Jang. 2014. The 4th nation environment investigation. Fresh water fishes of the upper Jojong Stream area. Ministry of Environment, 9pp.
- Ko, M.H., H. Yang and I.C. Bang. 2019a. Recovery success and habitat status of the reintroduced endangered species, *Acheilognathus signifer* (Pisces: Cyprinidae: Acheilognathinae) in the Heukcheon Stream, a tributary of the Hangang River, Korea. Korean J. Ichthyol., 31: 67-76. <https://doi.org/10.35399/ISK.31.2.1>.
- Ko, M.H., M.S. Han, R.Y. Myung and H.J. Yun. 2019b. Fish community characteristics and habitat aspects of endangered species *Pseudopungtungia tenuicarpa* and *Acheilognathus signifer* in the Hwayangcheon Stream, Hangang River of Songnisan National Park, Korea. Korean J. Ichthyol., 31: 222-234. <https://doi.org/10.35399/ISK.31.4.6>.
- Ko, M.H., S.Y. Park and I.C. Bang. 2012. Egg development and early life history of the slender shinner, *Pseudopungtungia tenuicarpa* (Pisces: Cyprinidae). Korean J. Ichthyol., 24: 48-55.
- Ko, M.H., Y.S. Kwan, K.L. 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>.
- Kwater. 2007. A guidebook of rivers in South Korea. Kwater, Daejeon, Korea, 582pp.
- Lee, H.H. 2011. Reproductive strategies of genus *Pseudopungtungia* and *Pungtungia*. Doctoral Thesis, Kunsan National University, Gunsan, Korea, 131pp.
- Lee, S.H. 2013. Impacts of weirs on fish community in the Jojong Stream. Master Thesis, Seoul National University, Seoul, Korea, 49pp.
- ME (Ministry of Environment). 2005. Species conservation, restoration and development of propagation technique for the endangered endemic species among the freshwater fishes from Korea. Gunsan University, Gunsan, Korea, 537pp.
- ME (Ministry of Environment). 2006. Studies on the genetic diversity, artificial propagation and restoration of a threatened national monument Fish *Hemibarbus mylodon*. Soonchunhyang University, Asan, Korea, 520pp.
- ME (Ministry of Environment). 2009a. Development of genetic diversity analysis, culture and ecosystem restoration techniques for endangered fish, *Iksookimia choui*. Soonchunhyang University, Asan, Korea, 537pp.
- ME (Ministry of Environment). 2009b. Culture and restoration research of *Pseudobagrus brevicarpus*. Inland Culture Research Center, NIFS, 75pp.
- ME (Ministry of Environment). 2010. Culture and restoration of endangered species in the major four river drainages. Institute of Biodiversity Research, Jeonju, Korea, 86pp.
- ME (Ministry of Environment). 2011a. 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). 2011b. Culture and restoration research of endangered freshwater fish (four species include *Liobagrus obesus*). Soonchunhyang University, Asan, Korea, 359pp.
- ME (Ministry of Environment). 2012. Culture and restoration research of endangered freshwater fishes (five species including *Liobagrus obesus*). Soonchunhyang University, Asan, Korea, 269pp.
- ME (Ministry of Environment). 2013. Post-monitoring of culture and restoration research of endangered Freshwater Fish. Soonchunhyang University, Asan, Korea, 204pp.
- ME (Ministry of Environment). 2014. Monitoring of endangered freshwater fish and a study on the post-management Plan. Halla University, Wonju, Korea, 402pp.
- ME (Ministry of Environment). 2016. A study on the establishment of master plan of endangered freshwater fish. Kumoh National Institute of Technology, Gumi, Korea, 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, 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.
- Nam, M.M. 1997. The fish fauna and community structure in the Jojong Stream. Korean J. Limnol., 30: 367-375.
- Nelson, J.S. 2006. Fishes of the World. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, U.S.A., 601pp.
- NIBR (National Institute of Biological Resources). 2011. Red data book of endangered fishes in Korea. Ministry of Environment, Incheon, Korea, pp. 59-60.
- Ricker, W.E. 1971. Methods for assessment of fish production in freshwater. IBP hand book, 3: 112-113.
- Thomas, C.D., A. Cameron, R.E. Green, M. Bakkenes, L.J. Beaumont, Y.C. Collingham, B.F.N. Erasmus, M.F. Siqueira, A. Grainger, L. Hannah, L. Hughes, B. Huntley, A.S. Jaarsveld, G.F. Midgley, L. Miles, M.A. Ortega-Huerta, A.T. Peterson, O.L. Phillips and S.E. Williams. 2004. Extinction risk

- from climate change. *Nature*, 427: 145-148. <https://doi.org/10.1038/nature02121>.
- WPOE (Wonju Provincial Office of Environment). 2017. Culture and restoration research of endangered wildlife (*Brachymystax lenok tsinlingensis*). Kangwon Univeristy, Chuncheon, Korea, 45pp.
- WPOE (Wonju Provincial Office of Environment). 2018. Culture and restoration research of endangered wildlife (*Rhodeus pseudosericeus*) (Second year). Kangwon Univeristy, Chuncheon, Korea, 45pp.
- Yang, H. and H.H. Lee. 2007. The 3rd nation environment investigation. Fresh water fishes of the Cheongpyeong whole area. Ministry of Environment, 4pp.
- Yoon, S.J., J.K. Choi and H.G. Lee. 2014. Long-term variation of the fish community in the upper region of the Gapyeong Stream, Korea. *Korean J. Environ. Ecol.*, 28: 432-441. <https://doi.org/10.13047/KJEE.2014.28.4.432>.