Vol.35, No.4, pp.618-632, 2023

Journal of Agricultural, Life and Environmental Sciences

RESEARCH ARTICLE

pISSN 2233-8322, eISSN 2508-870X
https://doi.org/10.22698/jales.20230050

소양강 내 멸종위기종 II급 가시고기(*Pungitius Sinensis*)의 분포와 개체군 분석

김범준[1], 김재훈[2], 김종진[3], 홍두표[2], 김희갑[4], 최재석[5*]

[1]강원대학교 자연과학대학 환경학과 석사, [2]강원대학교 자연과학대학 환경학과 석사과정,
[3]강원대학교 농업생명과학대학 에코환경학과 학부과정, [4]강원대학교 농업생명과학대학 환경융합학부 교수,
[5]강원대학교 환경연구소 연구교수

Distribution and Population Analysis of *Pungitius Sinensis*, an Endangered Species in the Soyang River

Beomjun Kim[1], Jaehoon Kim[2], Jongjin Kim[3], Doupyo Hong[2], Hekap Kim[4], Jaeseok Choi[5*]

[1]MS, Department of Environmental Science, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea
[2]MS Student, Department of Environmental Science, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea
[3]Student, Department of Natural Resources and Environmental Science, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea
[4]Professor, School of Natural Resources and Environmental Science, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea
[5]Research Professir, Institute of Environmental Research, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

***Corresponding author:** Jaeseok Choi (E-mail: gobiobotia@kangwon.ac.kr)

Received: 6 November 2023
Revised: 7 December 2023
Accepted: 10 December 2023

A B S T R A C T

The purpose of this survey was to assess the population of *Pungitius sinensis* and develop strategies for the conservation and protection of this endangered species. In addition, the existing habitat of *Pungitius sinensis*. Fish fauna in the Soyang River were investigated thrice from May to November 2022. During these investigations, a total of 2,598 fish belonging to 11 families and 20 species were collected. Among them, *Pungitius sinensis* (2,522 individuals) was the dominant species, accounting for 97.07% of the total fish collected based on relative abundance. After measuring the length and weight, the distribution ranged from 13 to 80 mm in length, with an average length of 52.39 mm and a weight of 1.04 g. The analysis of the length-weight relationship and condition factor (K) revealed that both were slightly lower, with a length-weight relationship and condition factor of less than 3.0. However, values of 3.0 or higher and fluctuations in the condition factor (+) were observed at different times and locations, necessitating ongoing investigation. By analyzing the frequency distribution of total length, it was confirmed that the population of *Pungitius sinensis* has settled stably. The current year (0+), first year (1+), and second year (2+) were evenly distributed.

Keywords: Habitat, Length-weight relationship, Soyang River, Total length frequency distribution

© Journal of Agricultural, Life and Environmental Sciences. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서 론

가시고기는 큰가시과목(Gasterosteiformes) 큰과시고기과(Gasterosteidae)에 속하며 국내에는 가시고기와 잔가시고기(*Pungitius kaibarae*) 2종만이 출현하는 것으로 알려져 있다. 가시고기의 생태로는 담수에 살고, 하천 중·하류의 물이 맑고 찬 곳에서 서식하며, 흐름이 느리거나 정체된 수초가 많은 곳에 산란한다고 알려져 있다. 산란기는 4 – 8월로 추정되나 정확한 산란 생태에 대해 알려진 바가 없으며, 무분별한 하상 공사와 골재 채취 및 물 오염으로 서식지가 파괴되어 급격하게 감소하고 있다(NIBR, 2018). 과거 동해로 흐르는 여러 하천에 연속적으로 분포했으나, 서식지가 급격하게 감소해 점유 면적 500 km^2 이하의 8개 지역에서만 출현하고 있어, 국가 적색 목록 평가에서 취약 단계인 VU B2ab(i, ii, iii, iv)로 평가받았다(NIBR, 2011). 과거 30년 동안 23개의 하천에 출현한 가시고기(*P. sinensis*)는 현재 12개의 하천에만 출현하는 등(Ko, 2016) 서식지가 줄어들고 있으며 2005년, 2007년, 2017년 그리고 2022년도 꾸준히 멸종위기 야생생물로 지정되어 많은 관심을 요하고 있다. 현재 가시고기(*P. sinensis*)에 대한 연구로는 피부 및 멜라닌 색소포(Youn et al., 2002), 성적 이형(Chae and Yang, 1990a), 인판의 지리적 변이(Chae and Yang, 1989), 형태변이와 핵형(Kim et al., 1989), 자연잡종(Chae and Yang, 1990b), 분자 계통학적 연구(Yang and Min, 1990) 등 형태적 유전학적 차이에 관한 연구가 이루어졌다. 외국에서 이루어진 연구 또한 지리적 분포에 따른 형태의 차이(Takata et al., 1984), 분류(Keivany and Nelson, 2000), 가시고기 속(*Pungitius*) 내의 형태의 차이(Tanaka, 1982), 유전자 특성화(Cao and Cheng, 2020) 등에 관한 연구가 주를 이루었다. 가장 최근에 이루어진 연구 또한 2016년 분포현황에 관한 연구(Ko, 2016)로, 서식지와 개체군 생태에 관한 연구는 부족한 것이 실정이다. 본 연구지인 소양강은 강원도 인제군 서화면 무산에서 발원하여 북한강과 합류하는 길이 166.2 km의 강으로 본래 소양호와 인근 지류에서는 가시고기(*P. sinensis*)가 출현하였다는 기록이 존재하지 않았으나 본 연구에서 다량 채집되어 한강(고황하)수계에서 최초 출현이며 매우 특별한 경우로 보인다. 과거 고아무르강 수계인 영동 수계 21개 하천에서 가시고기(*P. sinensis*) 854개체를 채집했다(Ko, 2016)는 사실을 고려한다면 본 연구는 매우 고무적이다. 특히 고아무르강 수계(영동지방)가 아닌 고황하강 수계(영서지방)에서 가시고기(*P. sinensis*)가 우점하며 채집된 경우는 매우 이례적이다. 담수어류는 물을 따라 이동하고 분포하기에(Yoon et al., 2018) 쉽게 교란될 수 있으며(Toft et al., 2018) 복원 또한 어려운 특징을 가진다(Baron et al., 2002). 따라서 아무르강 수계 어종이 황하강 수계에 출현한 것은 자연적 또는 인위적 교란과 가시고기 서식지의 변화 가능성을 시사한다(Ricciardi and Rasmussen, 1999). 특히나 냉수성 어류에게 있어 서식지의 변화는 생존과 직결되는 문제이기에 위와 같은 독특한 현상은 연구될 필요성이 있다고 판단했다. 따라서 본 연구는 가시고기(*P. sinensis*) 개체군의 전장, 체중, 성장도, 비만도 그리고 연령분포 등의 개체군 분석을 통해 개체군의 생육상태 및 안정적인 정착 여부와 공서 어종을 파악하고자 하였으며 멸종위기종 보전 및 보호를 위한 기초데이터로 활용하고자 하였다.

조사 및 방법

어류 조사지점은 가시고기(*P. sinensis*)가 처음 발견되었던 지점과 서식지로 선호한다 알려진 하천의 하류를 중점적으로 가능한 여울(riffle), 소(pool), 흐르는(run) 곳을 포함하는 장소(Fig. 1, Table 1)로 선정하였다(Chae, 1988; Choi et al., 2002; NIER, 2016).

멸종위기종의 서식지 보호를 위해 최소 2개월의 간격을 두고 봄, 여름, 가을 계절별 1회 조사를 실시하였으며 2022년 5월부터 2022년 11월까지 총 3회 실시하였다. 안정된 수환경을 위해 강우 전후를 제외한 소양강 댐의 수문이 개방되는 12시 이전에 조사를 실시하였다(Table 2).

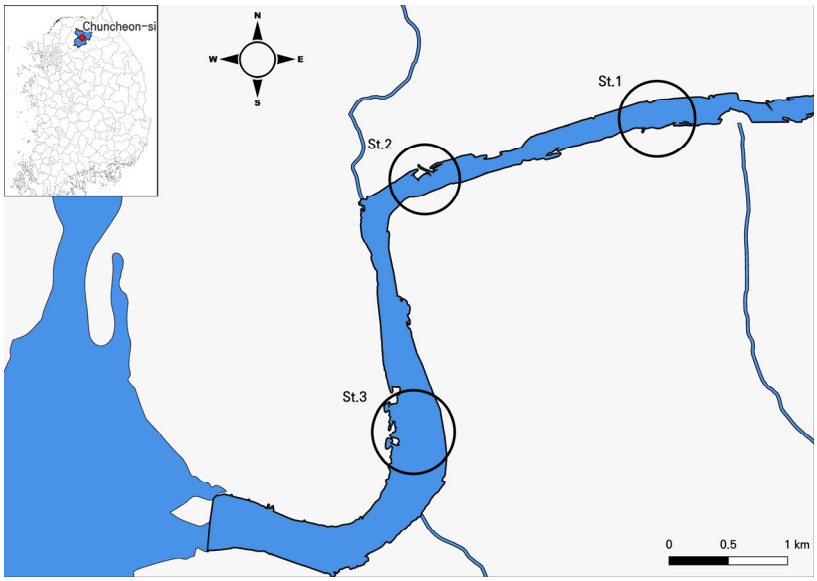

Fig. 1. Sampling sites in the Soyang River.

Table 1. Coordinates of the study sites

Study sites	Site coordinates
St. 1	37°55’37.0”N, 127°46’40.4”E (Warnarigyo, Jinaeri 747 Dongmyeon, Chuncheonsi)
St. 2	37°55’18.1”N, 127°44’49.9”E (Maeguggyo, Youlmunri 935-227, Sinbukoup, Chuncheonsi)
St. 3	37°54’17.3”N, 127°44’41.6”E (Udugyo, Youlmunri 935-227, Sinbukoup, Chuncheonsi)

Table 2. Survey order and period in the Soyang River

Survey order	Survey period
1st	31th May 2022
2nd	28th July 2022
3rd	11th November 2022

재료 및 방법

채집 및 동정

채집 및 계측은 2021년 원주지방환경청(제2021-31호)의 허가를 받아 조사를 시행하였다. 어류는 족대(망목 5 mm × 5 mm)를 이용하여 조사했으며, 생물측정망 조사 및 평가지침(NIER, 2016)에 따라 1시간 정량조사하였다. 채집된 어류는 가능한 현장에서 바로 동정하였으며 MS-222로 마취를 하고 계측 후 방사하였다. 어류의 동정은 국내에서 발표된 검색표(Choi et al., 2002; Kim and Park, 2007)를 이용하였으며 분류체계는 Nelson(1994)을 따랐다.

서식지 환경

서식지 환경은 물리적 환경과 물환경을 조사하였다. 물리적 환경 중 하폭과 유폭은 위성지도(Google earth, USA)

를 이용하였다. 하천 차수는 25,000:1 지도를 이용하여 Strahler(1957)의 방법에 따라 산정하였고 하상 구조는 Cummins(1962)에 의거하여 현장에서 측정하였다. 물환경 요인 중 전기전도도(Conductivity), 수온(Temperature), 용존산소(DO)는 수질 측정기(YSI 556 MPS(USA))를 사용하여 현장에서 바로 측정하였다.

개체군 분석

가시고기(*P. Sinensis*) 개체군의 생육 상태와 섭식 능력을 파악하기 위해 성장도와 비만도 분석을 시행하였다. 아래의 식으로 계산된 개체군의 회귀계수 값은 성장도를 의미하며, 회귀계수 b 값이 3.0 전장에 비례해 개체가 성장하지 못하였음을 의미하며 b 값이 3.0을 넘어갈 때 개체군의 성장이 양호함을 의미한다. 성장도는 Pauly(1984)의 방법을 사용하였으며 식은 다음과 같다.

$$W = a\,TL^{b}$$

W: 체중
TL: 전장
a: 상수
b: 회귀계수 값

전장-체중 관계식과 함께 어류의 건강성을 평가하는 방법의 하나인 비만도 지수(Condition factor, *K*)는 Fulton-type 비만도 지수(K)를 이용하였고 그 식은 다음과 같다(Anderson and Neumann, 1996).

$$K = TW/TL^{5} \times 10n$$

K: 비만도
TW: 체중
TL: 전장
n: 전환상수

결 과

어류상 및 공서어종

본 조사 결과, 총 11과 20종 2,598개체가 채집되었다(Table 3). 조사지점 중 1 지점이 11종 1,195개체가 출현하여 가장 많은 종과 개체 수가 출현하였고 2지점에서 7종 630개체로 가장 적은 종수와 개체가 채집되었다. 모든 지점에서 가시고기(*P. sinensis*)가 우점하는 것으로 나타났으며 1지점에서는 브라운송어(*Salmo trutta)*가, 2지점에서는 쌀미꾸리(*Lefua costata*)가 3번 지점에서는 참붕어(*Pseudorasbora parva*), 피라미(*Zacco platypus*), 배스(*Micropterus salmoides*), 그리고 빙어(*Hypomesus nipponensis*) 모두 3개체로 아우점하였다. 출현 어종 중 법정보호종은 멸종위기

종 Ⅱ급 가시고기(*P. Sinensis*)가 출현하였고, 한국 고유종은 긴몰개(*Squalidus gracilis majimae*), 참종개(*Iksookmia koreensis*) 2종이 출현하였다. 외래도입종은 배스(*M. salmoides*), 블루길(*Lepomis macrochirus*), 브라운송어(*S. trutta*), 이스라엘잉어(*Cyprinus carpio nudus*) 4종이 출현하였다. 출현한 어종의 비교 풍부도를 비교한 결과, 가시고기(*P. sinensis*)가 2,522개체로 97.07%를 차지하며 우점하였고 다음으로 브라운송어(*S. trutta*)가 19개체로 0.73%, 쌀미꾸리(*L. costata*)가 12개체로 0.46%를 차지하였다. 비교 풍부도 0.5% 미만인 종들은 참붕어(*Pseudorasbora parva*), 이스라엘잉어(*C. nudus*), 긴몰개(*S. majimae*), 피라미(*Z. platypus*), 돌고기(*Pungtungia herzi*), 붕어(*Carassius auratus*)등 17종으로 전체 중 1.74%를 차지하였다.

Table 3. Fauna of fishes collected in the Soyang River

Scientific name	Korean name	Station			Total	RA (%)*	**Remarks
		1	2	3			
CYPRINIDAE	**잉어과**						
Carassius auratus	붕어			1	1	0.04	
Cyprinus carpio nudus	이스라엘잉어		1		1	0.04	Ex
Pseudorasbora parva	참붕어	2		3	5	0.19	
Pungtungia herzi	돌고기			1	1	0.04	
Squalidus gracilis majimae	긴몰개		3		3	0.12	E
Zacco platypus	피라미		3	3	6	0.23	
COBITIDAE	**미꾸리과**						
Iksookimia koreensis	참종개	5			5	0.19	E
Misgurnus anguillicaudatus	미꾸리	3			3	0.12	
BALITORIDAE	**종개과**						
Lefua costata	쌀미꾸리	1	11		12	0.46	
Orthrias nudus	대륙종개	1			1	0.04	
SILURIDAE	**메기과**						
Silurus asotus	메기	1			1	0.04	
OSMERIDAE	**바다빙어과**						
Hypomesus nipponensis	빙어		4	3	7	0.27	
SALMONIDAE	**연어과**						
Salmo trutta	브라운송어	19			19	0.73	Ex
ADRIANICHTHYOIDAE	**송사리과**						
Oryzias sinensis	대륙송사리			1	1	0.04	
GASTEROSTEIDAE	**큰가시고기과**						
Pungitius sinensis	가시고기	1158	607	757	2522	97.07	EnII
CENTRACHIDAE	**검정우럭과**						
Lepomis macrochirus	블루길			1	1	0.04	Ex
Micropterus salmoides	배스	2		3	5	0.19	Ex
ODONTOBUTIDAE	**동사리과**						
Odontobutis interrupta	얼룩동사리		1		1	0.04	
GOBIIDAE	**망둑어과**						
Gymnogobius urotaenia	꾹저구	1			1	0.04	
Rhinogobius brunneus	밀어	2			2	0.08	
Number of family		8	5	5	11		
Number of species		11	7	9	20		
Number of individuals		1195	630	773	2598		

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

서식지 환경

소양강의 서식지 환경을 분석한 결과는 다음과 같다(Table 4, Table 5). 물리적인 환경요인 중 하나인 하상 구조를 조사한 결과, 전체적으로 모래와 잔자갈이 주를 이루었다. 소양강의 하폭과 유폭을 조사한 결과, 소양강 2번 지점은 하폭 350 – 500 m, 유폭 150 – 400 m의 범위로 가장 넓은 하폭을 보여주었다. 소양강 3번 지점은 하폭 350 – 400 m, 유폭 300 – 350 m로 가장 넓은 유폭을 보여주었다. 1:25,000의 축척으로 차수를 조사한 결과, 소양강 모든 지점은 7차 하천으로 나타났다. 수온의 경우, 1차 조사 평균 9.4°C, 2차 조사 평균 16.38°C, 3차 조사 평균 13.26°C였다. 그 외 전기전도도, 염도, 용존산소, 수소 이온 농도 지수는 일반적인 하천과 유사한 특징을 보여주었다.

가시고기 개체군 분석

소양강 가시고기(*P. sinensis*)의 무게와 길이를 조사한 결과는 다음과 같다(Fig. 2). 지점별 평균 무게는 St. 2에서 1.24 g으로 가장 높았으며 St. 3에서 0.83 g으로 가장 낮았다. 전체 평균은 1.04 g로 나타났다. 지점별 평균 길이는 St. 2에서 56.58 mm로 무게와 같이 가장 높은 수치를 기록하였다. St. 1에서 49.12 mm로 가장 낮은 수치를 보여주었다. 전체 길이 평균은 52.39 mm로 나타났다.

개체군의 비만도와 성장도를 분석한 결과는 다음과 같다(Fig. 3, Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7, Fig. 8, Fig. 9, Fig. 10). 전체 성장도 3.0 미만, 비만도 음(-)의 값으로 다소 낮은 값을 보여주었으나 조사 시기와 지점에 따라 성장도 최대 약 4.01, 비만도 기울기가 0.0062로 양(+)의 값이 나타나는 등 급속한 생장을 보여 지속적인 관찰을 요구하였다.

Table 4. Physical environment factors measured in the Soyang River

Sites	River width (m)	Water width (m)	Water depth (m)	Stream order	*Bottom structure (%)					
					M	S	G	P	C	B
1	200 – 350	150 – 200	0.2 – 1.1	7	15	30	30	20	5	
2	350 – 500	150 – 450	0.3 – 1.0	7	20	35	35	10		
3	350 – 400	300 – 350	0.3 – 1.1	7	10	30	35	20	5	

*Cummins(1962): 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)

Table 5. Water environment factors measured in the Soyang River

Period	Sites	Water temperature (°C)	Conductivity (μs/c)	Salinity (‰)	DO (mg/L)	pH
1st (5.28)	1	8.06	74	0.03	12.4	7.7
	2	9.12	82	0.04	13.22	8.01
	3	11.03	56	0.03	11.94	8.86
2nd (7.28)	1	16.68	153	0.07	11.43	6.94
	2	15.71	190	0.09	14.11	6.7
	3	16.74	108	0.05	13.47	6.51
3rd (11.11)	1	12.07	157	0.07	5.47	6.57
	2	15.09	77	0.04	7.52	7.89
	3	12.62	72	0.03	6.73	7.59

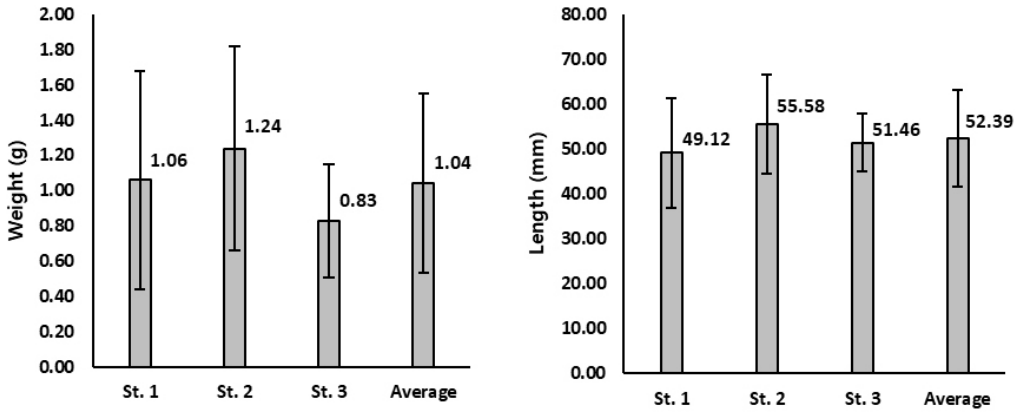

Fig. 2. Average weight and length of *Pungitius sinensis* in Soyang river.

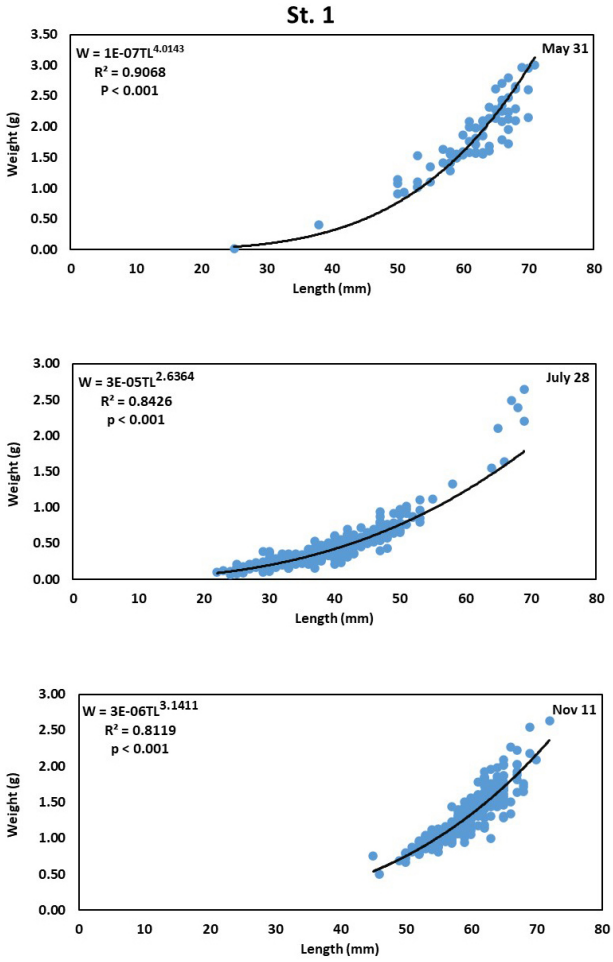

Fig. 3. Length-weight relationship at Soyang River Station 1.

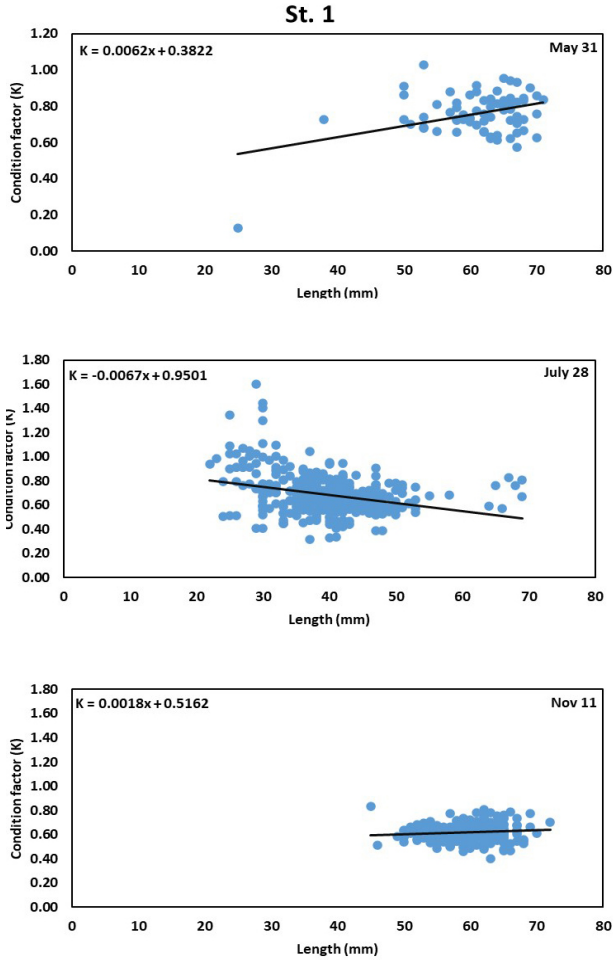

Fig. 4. Condition factor (K) at Soyang River Station 1.

가시고기 개체군 연령분포

연령분포를 분석한 결과는 다음과 같다(Fig. 5). 당년생(0+) 20 – 32 mm, 만 1년생(1+) 28 – 54 mm 만 2년생(2+) 42 – 74 mm로 확인되었으며 만 3년생(3+) 개체도 소수 발견되었다. 만 2년생(2+) 개체가 가장 많이 나타났으며 당년생(0+)과 만 1년생(1+), 만 2년생(2+)이 골고루 나타나 안정적인 개체군을 보여주었다(Fig. 11, Fig. 12, Fig. 13, Fig. 14).

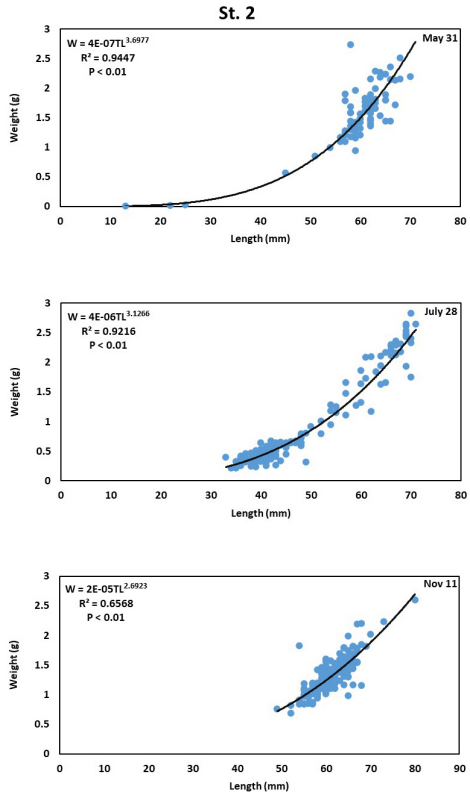

Fig. 5. Length-weight relationship at Soyang River Station 2.

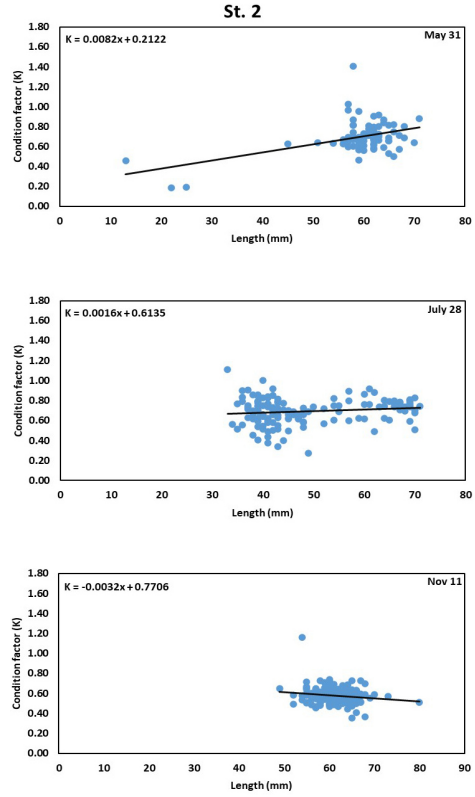

Fig. 6. Condition factor (K) in the Soyang River Station 2.

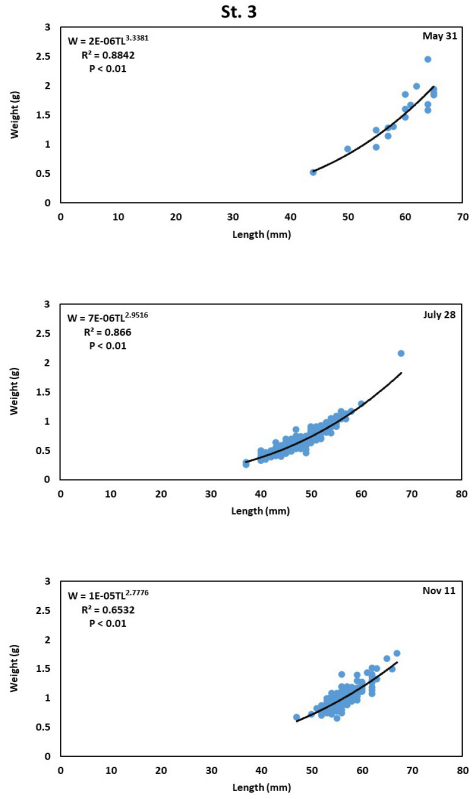

Fig. 7. Length-weight relationship the Soyang River Station 3.

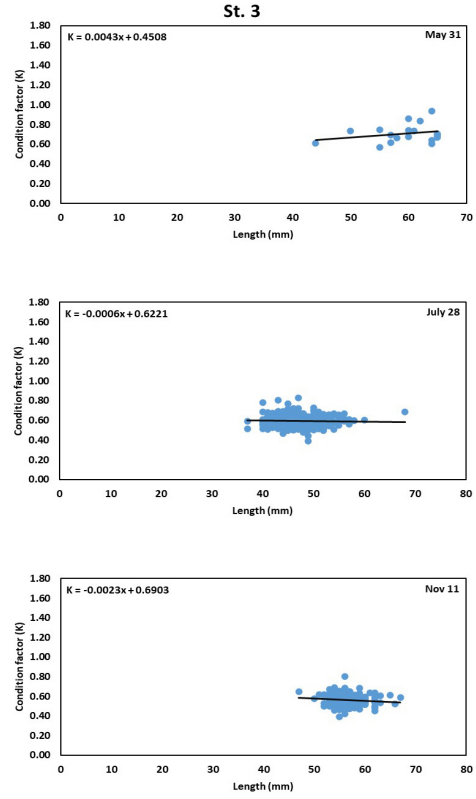

Fig. 8. Condition factor (K) in the Soyang River Station 3.

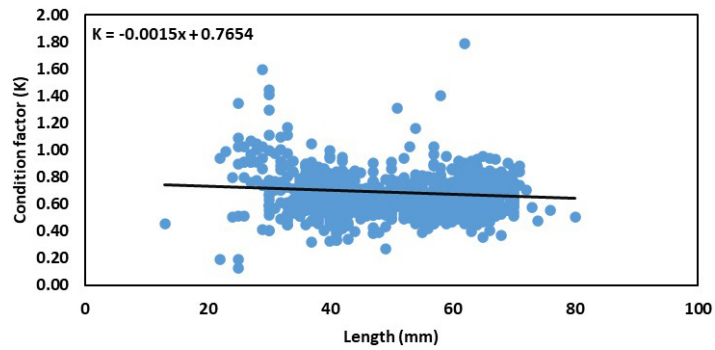

Fig. 9. Total length-weight relationship in the Soyang River.

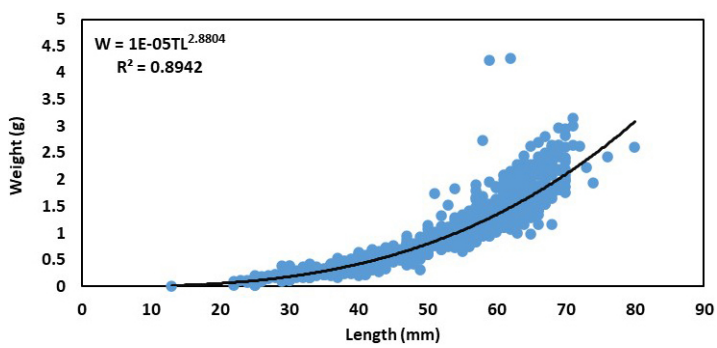

Fig. 10. Total condition factor (K) in the Soyang River.

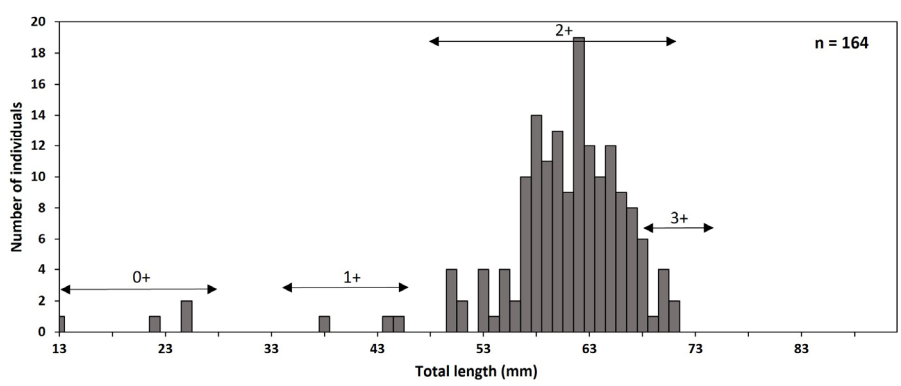

Fig. 11. Total length frequency distribution during the 1st survey.

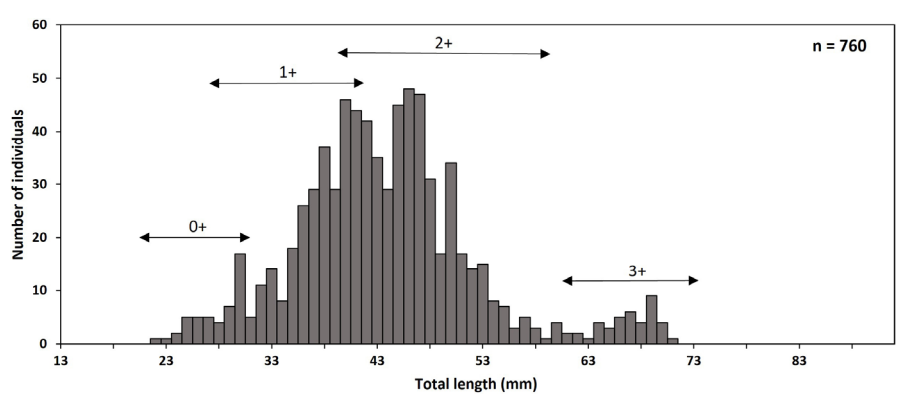

Fig. 12. Total length frequency distribution during the 2nd survey.

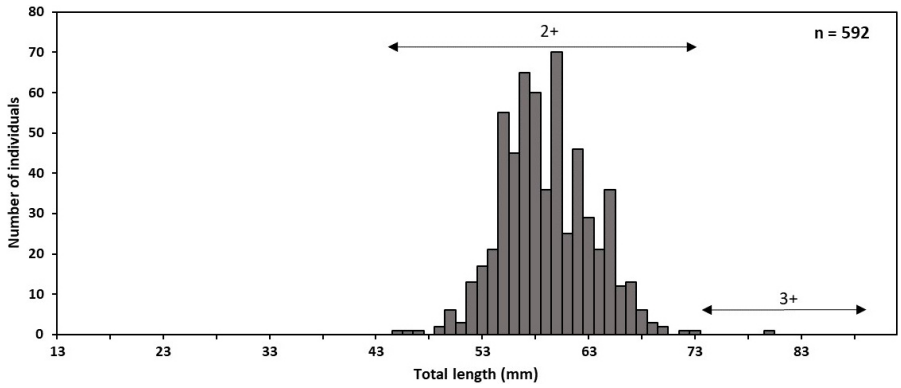

Fig. 13. Total length frequency distribution during the 3rd survey.

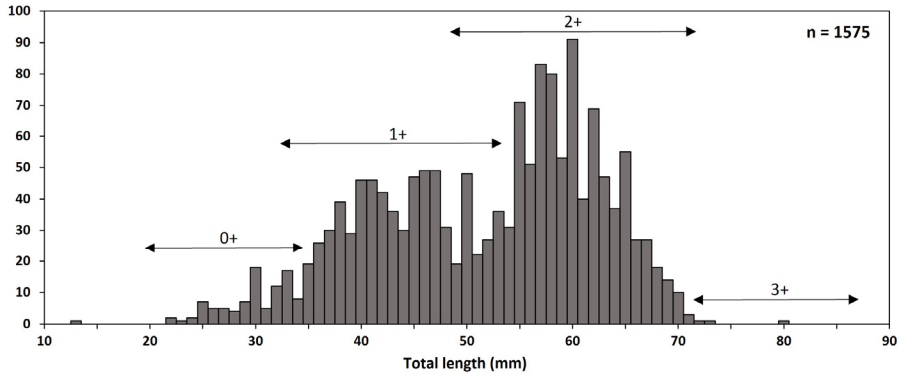

Fig. 14. Total length frequency distribution in the Soyang River.

고 찰

소양강의 어류상을 확인한 결과 총 20종의 어종이 출현하였으며 가시고기(*P. Sinensis*)와 공서하는 어종은 19종인 것으로 파악되었다. 공서어종 중 빙어(*H. nipponensis*), 브라운송어(*S. trutta*)같은 냉수성 어종(Hong et al., 2023)이 다수 확인되었고 가시고기가 채집된 다른 하천의 수온과 비교하였을 때 평균적으로 낮은 수온을 보여(Fig. 15) 냉수성 생태계가 형성되어 있음을 보였다. 상대풍부도는 가시고기(*P. sinensis*)가 97.07%로 우점하는 것으로 나타났으며, 가시고기(*P. sinensis*)와 브라운송어(*S. trutta*) 이외의 어종들은 상대풍부도 기준 2.93%로 매우 낮은 출현율을 보였다. 우리나라의 고유 하천 중 가시고기(*P. sinensis*)가 우점하는 하천은 보고된 바가 없기에 이러한 결과는 소양강만의 독특한 현상으로 판단된다.

어류는 체온 조절 능력이 없는 변온 동물로 수온의 변화에 민감하며(Welch et al., 2004; Wood and McDonald, 1997) 각 종들이 선호하고 견딜 수 있는 내성 온도의 범위는 서식지 선택에 있어 중요한 부분을 차지한다(Rahel et al., 1996). 우리나라 어종들이 선호하는 수온은 23 – 26°C이며 내성의 한계 범위는 27 – 28°C이다(Chung et al., 2011). 한여름에도 낮은 수온을 유지하는 소양강의 수온은 온수성 어종에게 적합하지 않으며 이는 본 조사에서 냉수성 어종의 높은 비교풍부도를 통해 나타났다(Park et al., 2022).

주기적으로 다량의 물을 방류하는 소양댐으로 인해 소양강에는 독특한 생태계가 형성되었다. 소양강의 고유종 비율은 10.0%로 한반도 전체 담수어류의 고유종 비율인 41.7 – 52.9%(Baek et al., 2022; Choi and Kim, 2004; Han et al., 2014; Kim et al., 2023)에 비해 현저히 낮은 수치다. 이는 소양강의 수온이 우리나라 고유의 하천과는 또 다른 특

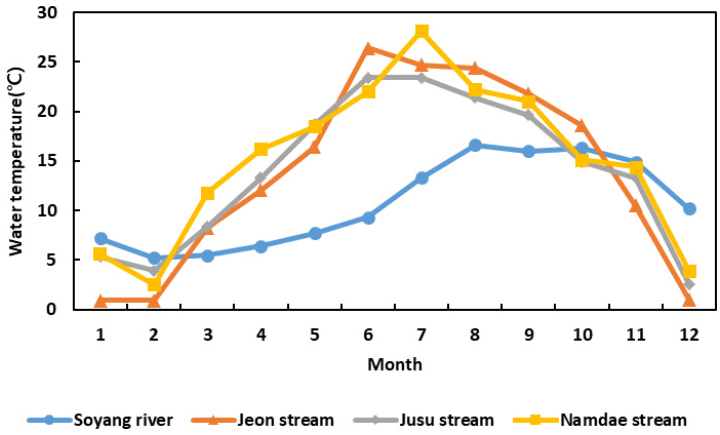

Fig. 15. Water temperature of Soyang River and Yeongdong region stream.

Fig. 16. Locations where fishes and fish roes were collected.

성을 보이고 있음을 나타낸다.

특히 이번 조사에서 아우점한 브라운송어(*S. trutta*)와 같은 육식성 외래어종은 하천 생태계를 위협하는 주요한 요인으로 어란과 치어 등을 포식하므로 경계할 필요가 있다(Azuma, 1992; Yoon et al., 2008).

서식지 환경을 조사한 결과, 모래와 잔자갈이 50%가 넘었으며 모래와 잔자갈로 이루어진 중하류형 하천 구조를 보여주었다. 또한 많은 수초가 자라있는 것을 확인할 수 있었다. 가시고기(*P. sinensis*)는 수온이 낮고 유속이 느리며 수변식물인 달뿌리풀 또는 수초가 많이 자라있는 곳을 선호한다(Ko, 2016). 본 조사 지역에 해당하는 소양강 하천에는 강변을 따라 갯버들(*Salix gracilistyla*), 갈대(*Phragmites australis*), 달뿌리풀(*Phragmites japonica*), 둑새풀(*Alopecurus aequalis*)등이 자라고 있었으며 실제 가시고기(*P. sinensis*)와 가시고기(*P. sinensis*) 어란의 채집 중 상당 부분이 이와 같은 수생식물이 자란 수변에서 이루어졌기에(Fig. 16) 수변식물의 중요성이 높다고 판단되었다. 가시고기(*P. sinensis*)의 산란기는 4 – 8월로 추정되나 정확한 산란에 대해서는 밝혀진 바가 없다. 가시고기(*P. sinensis*)의 알이 1차 조사(5월)와 2차 조사(7월)에서 발견되어 일회 산란이 아닌 다회 산란의 가능성이 있으며 차후 지속적인 연구가 필요한 것으로 보인다.

1차 조사의 경우 성장도 b 값이 4.0이 넘는 매우 양호한 성장도와 양(+)의 비만도를 보여주었는데 이는 1차 조사 당시 포란한 개체가 다수 채집되어 개체의 무게가 늘어나 성장도와 비만도에 영향을 준 것으로 보인다(Go et al., 1997). 2차, 3차 조사가 수행되면서 성장도와 비만도는 양(+)의 값과 음(-)의 값이 교차 되어 나타나기 시작했는데 이는 포식자가 없이 우점하는 소양강 가시고기(*P. sinensis*) 개체군의 특성상 종내 경쟁에 의한 것으로 추정되며 추후 지속적인

연구를 통해 확인할 필요가 있다. 연령분포를 확인한 결과, 당년생(0+) 20 – 36 mm, 만1년생(1+) 32 – 54 mm, 만2년생(2+) 48 – 74 mm로 전체적으로 전장의 길이와 성장이 양호한 것을 확인하였다. 길이가 70 mm 이상 넘어가는 만 3년생(3+) 개체 또한 발견되어 최대 90 mm인 가시고기 성장(Reshetnikov, 2002) 임계치에 근사한 것으로 나타났다. 종합적으로 당년생(0+), 만 1년생(1+), 만 2년생(2+)이 골고루 나타나는 안정적인 연령분포를 보여 소양강의 가시고기(*P. sinensis*) 개체군은 일시적으로 나타나는 특이현상이 아닌 안정적으로 정착을 이룬 것을 확인할 수 있었다.

본 연구에서는 소양강 가시고기(*P. sinensis*)의 안정적인 정착 여부와 원활한 생장을 확인하였다. 소양강 서식지는 기존에 나타나지 않았던 새로운 유형의 서식지로 이입종인 가시고기(*P. sinensis*)의 처후 및 영향에 대한 논의와 정밀한 조사를 필요로 하였지만 역으로 터전을 잃어가는 멸종위기종 보호와 보전에는 좋은 데이터를 제공해 주는 중요한 역할을 할 것으로 판단된다. 소양강 가시고기(*P. sinensis*) 서식지는 국내 최대 규모의 서식지로 보이며 이는 멸종위기종 보호와 가시고기(*P. sinensis*) 생태에 매우 높은 가치를 지니고 있다.

인용문헌(References)

Anderson, R. O., Neumann, R, M. (1996) Length, weight and associated structural indices, In: Fisheries Techniques, 2nd edition (Murphy, B. R. and Willis, D. W. eds.). American Fisheries Society, Maryland, USA, 447-482.

Azuma, M. (1992) Ecological release in feeding behaviour: the case of bluegills in Japan. Hydrobiologia 243: 269-276.

Baek, J. W., Kim, J. H., Kim, B. J., Choi, J. S. (2022) The Ecological Specificity and Dynamic of Fish Fauna in Yeongwol Korean Peninsula Wetland. Journal of the Environment 15:13-22.

Baron, J. S., Poff, N. L., Angermeier, P. L., Dahm, C. N., Gleick, P. H., Hairston, N. G., Jackson, R. B., Johnston, G. A., Richter, B. D., Steinman, A. D. (2002) Meeting ecological and social needs for freshwater. Ecol Appl 12:1247-1260.

Cao, J., Cheng, X. (2020) Characterization and molecular evolution of claudin genes in the *Pungitius sinensis*. J. Comp Physiol B 190:749-759.

Chae, B. S. (1988) Classification on the Eightspine Stickleback (*Pungitius sinensis*, Gasterosteidae) to the morphological characteristics. Kyungpook National University. Doctoral Thesis, p.82. (in Korean)

Chae, B. S., Yang, H. J. (1989) Geographic Variation of Scutes in Eightspine Stickleback , *Pungitius sinensis* (Gasterosteidae) from Korea. ISK 1:42-53. (in Korean)

Chae, B. S., Yang, H. J. (1990a) Natural Hybrids between *Pungitius sinensis sinensis* and *P . sinensis kaibarae*. ISK 2:88-94. (in Korean)

Chae, B. S., Yang, H. J. (1990b) Sexual Dimorphism in Eightspine Stickleback, *Pungitius sinensis*: Gasterosteidae. ACAS 33:260-265. (in Korean)

Choi, J. S., Kim, J. K. (2004) Ichthyofauna and Fish Community in Hongcheon river, Korea. Korean J Environ Biol 22:446-455.

Choi, K. C., Jeon, S. R., Kim, I. S., Son, Y. M. (2002) Coloured Illustrations of the Freshwater Fishes of Korea. Hyangmun Publishing Co. Ltd., Seoul. p.277. (in Korean)

Chung, N. I., Park, B. K., Kim, K. H. (2011) Potential Effect of Increased Water Temperature on Fish Habitats in Han River Watershed. J Korean Soc Water Environ. 27:314-321.

Cummins, K. W. (1962) An Evaluation of Some Techniques forthe Collection and Analysis of Benthic Samples with Special Emphasis on Lotic Waters. Am Midl Nat 67:477-504.

Go, Y. B., Cho, S. H., Go, G. M. (1997) Study on the Fish Community in the Seagrass Belt around Cheju Island 2.

Growth, reproduction and food habit of Tubesnout, *Aulichthys japonicus Brevoort*. ISK 9:61-70.

Han, S. J., Lee, K. Y., Yoon, Y. J., Choi, J. Y., Kim, J. C., Choi, J. S. (2014) The Characteristics of the Fish Community in Yeongwol Hanbando Wetland1a. KJEE 28:424-431.

Hong, D. P., Lee, J. Y., Kim, B. J., Choi, J. S. (2023) Ecological Characteristics of *Hypomesus nipponensis* Populations of Lake Soyang. J Agri Life Environ Sci 35:47-59.

Keivany, Y., Nelson, J. S. (2000) Taxonomic review of the genus (Gasterosteidae). Cybium 24:107-122.

Kim, B. J., Kim, J. H., Kim, H. K., Park, S. C., Lee, K. Y., Choi, J. S. (2023) Population Analysis of Fish Fauna and the Endangered Species *Rhodeus pseudosericeus* in Yudong and Jeon Streams. J Agri Life Environ Sci 35:148-161.

Kim, I. S., Park, J. Y. (2007) Freshwater fishes of Korea. Kyohak publishing co. Ltd. Seoul, pp.138-143.

Kim, I. S., Yoon, C. H., Lee, J. H. (1989) Morphological Variation and Karyotype of the Korean Species of Sticklebacks, (Pisces, Gasterosteridae) in Korea. ASED 5:107-119. (in Korean with English abstract)

Ko, M. H. (2016) Distribution Status and Threatened Assessment of Endangered Species, *Pungitius sinensis* (Pisces: Gasterosteidae). ISK 28:186-191. (in Korean with English abstract)

National Institute of Biological Resources (NIBR) (2011) Red data book of endangered fishes in Korea. Ministry of Environment, National Institute of Biological Resources, Incheon. p.202. (in Korean)

National Institute of Biological Resources (NIBR) (2018) Endangered wildlife at a glance. Ministry of Environment, National Institute of Biological Resources, Incheon p.594. (in Korean)

National Institute of Environmental Research (NIER) (2016) Biomonitering Survey and Assessment Manual. National Institute of Environmental Research, Incheon. 1:67. (in Korean)

Nelson, J. S. (1994) Fishes of the world. John Wiely & Sons. New York. p.600.

Park, C. W., Yun, Y. J., Kim, J. W., Bae, D. Y., Kim, J. G., Kim, S. H. (2022) An Identification of Domestic Habitat and Settlement of the Invasive Exotic Fish Brown Trout, *Salmo trutta*. ISK 34:270-276.

Pauly, D. (1984) Fish Population Dynamics in Tropical Waters: A Manual for Use with Programmable Calculators. International Center for Living Aquatic Resources Management, Studies and Reviews 8, Manila. p.325.

Rahel, F. J., Keleher, C. J., Anderson, J. L. (1996) Potential habitat loss and population fragmentation for cold water fish in the North Platte River drainage of the Rocky Mountains: response to climate change. Limnol Oceanogr 41:1116-1123.

Reshetnikov, Y. S. (2002) Atlas of Russian freshwater fishes in two volumes. Vol.2.

Ricciardi, A., Rasmussen, J. B. (1999) Extinction rates of north American freshwater fauna. Conserv Sci Pract 13:1220-1222.

Strahler, A. (1957) Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. EOS 38:913-920.

Takata, K., Goto, A., Hamada, K. (1984) Geographic distribution and variation of three species of ninespine sticklebacks (*Pungitius tymensis, P. pungitius* and *P. sinensis*) in Hokkaido. Gyoruigaku Zasshi 31:312-326.

Tanaka, S. (1982) Variations in ninespine sticklebacks, *Pungitius pungitius* and *P. sinensis*, in Honshu, Japan. Gyoruigaku Zasshi 29:203-212.

Toft, J. D., Munsch, S. H., Cordell, J. R., Siitari, K., Hare, V. C., Holycross, B., DeBruyckere, L. A., Greene, C. M., Hughes, B. B. (2018) Impact of multiple stressors on juvenile fish in estuaries of the northeast Pacific. Global Change Biology (in Press).

Welch, E. B., Jacoby, J. M., Lindell, T. (2004) Fish. Pollutant Effects in Freshwater, Third Edition, Spon Press, London, UK. pp.353-399.

Wood, C. M., McDonald, G. (1997) Global Warming: Implications for Freshwater and Marine Fish, Society for Experimental Biology Seminar Series, 61, Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Yang, S. Y., Min, M. S. (1990) Genetic Vadation and Systematics of the Sticklebacks (Pisces, Gasterosteidae). ACAS 33:499-508. (in Korean)

Yoon, D. J., Han, K. H., Lee, S. H., Yim, H. S., Hwang, J. H., Lee, J. H., Kang, K. W. (2008) Ichthyofauna collected from reservoirs in Pohang-si, Gyeongsangbuk-do. Korean J Fish Aquat Sci 41:363-370.

Yoon, J. D., Kim, J. H., Park, S. H., Jang, M. H. (2018) The Distribution and Diversity of Freshwater Fishes in Korean Peninsula. Korean J Ecol. Environ 51:71-85.

Youn, C. H., Lee, S. D., Kim, K. S. (2002) Melanophores of *Pungitius sinensis* and *Pungitius kaibarae* (Gasterosteidae, Plsces). ISK 14:100-108.

Appendix

Permit for catching the endangered species *Pungitius sinensis*

(앞쪽)

허가번호 제2021 - 31호

멸종위기 야생생물 [√]포획 [ ]채취 [√]방사 [ ]이식 [ ]가공 [ ]유통 [ ]보관 [ ]수출 [ ]수입 [ ]반출 [ ]반입 [ ]훼손 [ ]고사 허가증

성명(대표자)				
상 호(명 칭)		강원대학교 어류연구센터	전 화	033-250-7408
주 소		강원도 춘천시 효자2동 강원대학길1, 강원대학교 환경연구소		
허가사항	대상지역	강원도 춘천시 동면 지내리 749, 우두동 766-3, 신북읍 율문리 935일대(3개 지점)		
	대상종명	가시고기		
	수 량	지점별 50~300개체 (포획된 모든 개체는 계측 후 즉시 방사)	허가기간	포획·방사 : 허가일~'22.12.31.
	목적·용도	학술연구(생태연구)		
	허가조건	◦ 산란기(4~8월)는 피하여 포획하고, 서식지 교란을 최소화할 수 있는 포획도구(족대, 일각망)를 사용하여야 함. ◦ 포획된 모든 개체는 현장에서 길이, 무게 측정 후 즉시 방사하여야 함. ◦ 계측 시 대상종에 대한 물리적 피해가 최소화 될 수 있도록 수행하여야 함. ◦ 멸종위기 야생생물의 인공증식에 관한 규정(환경부 예규 제621호)을 준수하여야 함. ◦ 허가목적 이외의 타 용도로의 사용 및 분양·양도가 불가함. ◦ 상기 허가조건 및 「야생생물 보호 및 관리에 관한 법률」, 「자연환경보전법」 등 환경관련법규를 위반할 경우 본 허가를 취소할 수 있음.		

「야생생물 보호 및 관리에 관한 법률」 제14조제1항 및 같은 법 시행규칙 제13조제2항에 따라 멸종위기 야생생물의 [√]포획 [ ]채취 [√]방사 [ ]이식 [ ]가공 [ ]유통 [ ]보관 [ ]수출 [ ]수입 [ ]반출 [ ]반입 [ ]훼손 [ ]고사를 허가합니다.

2021년 11월 2일

원 주 지 방 환 경 청 장

유 의 사 항

1. 멸종위기 야생생물의 포획·채취 등을 하는 경우에는 허가증을 휴대하여야 합니다.
2. 포획·방사 등을 한 멸종위기 야생생물은 5일 이내에 원주지방환경청장에게 신고하여야 합니다.
3. 화약류·덫·올무·그물·함정을 설치하거나 유독물·농약 등을 살포 또는 주입하는 방법으로 멸종위기 야생생물을 포획하지 못합니다.
4. 허가증이 그 효력을 상실한 경우에는 30일 이내에 원주지방환경청장에게 반납하여야 합니다.