

# 침입성 외래어류 브라운송어 *Salmo trutta*의 국내 서식 및 정착 확인

박철우 · 윤영진<sup>1</sup> · 김종욱 · 배대열<sup>1</sup> · 김재구\* · 김수환<sup>2,\*</sup>

(\*)알파생태연구원, <sup>1</sup>(\*)한국생태네트워크, <sup>2</sup>국립생태원 생태안전연구소

**An Identification of Domestic Habitat and Settlement of the Invasive Exotic Fish Brown Trout, *Salmo trutta* by Cheol Woo Park, Young-Jin Yun<sup>1</sup>, Jong Wook Kim, Dae-Yeul Bae<sup>1</sup>, Jae Goo Kim\* and Su Hwan Kim<sup>2,\*</sup>**  
(Alpha Research Ecology Institute, Gunsan 54151, Republic of Korea; <sup>1</sup>Institute of Korea Eco-Network, Daejeon 34134, Republic of Korea; <sup>2</sup>National Institute of Ecology, Seocheon 33657, Republic of Korea)

**ABSTRACT** In 2020 and 2022, the habitat of brown trout (*Salmo trutta*) was investigated in the Soygangang River in Chuncheon, Gangwon province. As a result of the fish survey, A total of 43 individuals brown trout were identified. The total length of brown trout was widely confirmed from 60 cm or more to less than 10 cm. In January 2020, sperm release and spawn were observed in male and female confirmed at the St. 1. Brown trout were identified stably settled in the Soygangang River and continues to live. In addition, benthic macroinvertebrates that can act as food sources of brown trout and abundantly inhabited. The riverbed structure is evenly composed of fine gravel and gravel, which constitutes the conditions necessary for habitat and spawning. However, the spawning grounds, spawned eggs and hatched fry have not yet been clearly identified, so continuous research is needed.

**Key words:** Brown trout, *Salom turta*, Soygangang River, settlement

## 서 론

연어목 (Salmoniformes) 어류는 주로 하천과 바다를 회유하는 특징을 가지고 있으며, 일부 분류군을 제외하고는 대부분 입이 매우 크고, 긴 유선형의 체형을 가지며, 기름지느러미가 미병부에 있는 형태를 가진다 (Kim *et al.*, 1997). 우리나라에 서식하는 연어과 (Salmonidae) 어류는 사루기 *Thymallus arcticus yaluensis*, 열목어 *Brachymystax lenok tsinlingensis*, 연어 *Oncorhynchus keta*, 곱사연어 *O. gorbuscha*, 산천어 *O. masou masou*, 무지개송어 *O. mykiss*, 자치 *Hucho ishikawae*, 홍송어 *Salvelinus leucomaenis leucomaenis*, 곤들매기 *S. malmus*와 우레기 *Coregonus ussuriensis* 총 10종이 기록되어 있으며, 이 중

외래어류는 무지개송어 1종으로 알려져 있다 (Chae *et al.*, 2019). 브라운송어 (*Salmo trutta*, Fig. 1)는 연어목 (Salmoniformes) 연어과 (Salmonidae)에 속한다. 성체는 20~80 cm 내외의 전장이며, 최대 전장 1 m, 무게 13 kg까지 성장하기도 하며, 수명은 최대 18년까지 살 수 있는 것으로 알려져 있다. 체색은 등쪽이 짙은 갈색과 은빛의 푸른색을 띠며, 붉은색 반점이 뚜렷하게 나타난다 (NIE, 2020).

주요 서식환경으로 하상은 자갈이나 모래로 이루어진 바닥을 선호하며, 유속이 빠르고, 산소가 풍부한 물이 차가운 곳에 서식하는 것으로 알려져 있다. 먹이는 주로 곤충, 곤충 유생, 작은 어류나 달팽이 등을 섭식하는 것으로 알려져 있다. 침입성 외래어류로 2000년도에 세계자연보전연맹 (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, IUCN)에 의해 '세계 최악의 100대 외래 침입종 (100 of the World's Worst Invasive Alien Species)'에 선정되었다 (Lowe *et al.*, 2000).

브라운송어의 원산지는 유럽, 북아프리카 및 서아시아이며, 현재 아이슬란드와 유럽 북서부 해안, 지중해를 따라 남쪽까지 서

저자 직위: 박철우 (연구원), 윤영진 (연구원), 김종욱 (연구원), 배대열 (대표이사), 김재구 (대표이사), 김수환 (선임연구원)

\*Corresponding author: Jae Goo Kim Tel: 82-70-4099-1400,

Fax: 82-70-8280-5800, E-mail: jgkim0909@jbn.ac.kr

\*Co-corresponding author: Su Hwan Kim Tel: 82-41-950-5805,

Fax: 82-41-950-6103, E-mail: ksh0814@nie.re.kr



Fig. 1. Brown trout (*Salmo trutta*). Scale bar = 10 cm.

식하는 것으로 확인된다(Animal Diversity Web, 2004). 현재는 북미를 포함하여 전 세계적으로 확산되었다(Townsend, 1996; Behnke, 2002). 연어과 어종은 수온이 찬 해역에서 자연 서식하는 냉수성 어종으로나, 주로 식용 및 낚시를 목적으로 원서식지로부터 타 지역으로 인위적 유입이 지속되고 있다(Fausch, 1988). 브라운송어는 육식성이 강한 비교적 큰 어류로서 토착 어류의 개체 수 감소, 다른 토착 연어과 어류와의 먹이 및 서식지 경쟁 등에서 우위를 점하여 전 세계적으로 침입성 외래종으로의 피해가 보고되고 있다(Townsend, 1996; Korsu *et al.*, 2010; Hasegawa, 2020).

최근 국내 소양강 일대에 브라운송어가 출현하는 것이 확인되어, 생태계교란생물로 지정하면서 유입경로를 추적하였으나 국내 정식 수입된 흔적은 없는 종이었다. 또한 정확한 분류학적 실체 및 정착 여부는 아직까지 확인되지 않았다. 브라운송어가 출현하는 것으로 알려진 소양강은 강원도 인제군과 춘천시를 지나는 강으로 홍천군 내면 명개리 만월봉 남쪽 계곡에서 발원하여 북서쪽으로 흐르며, 자운천, 방태천 등의 지류와 합류한다. 소양강 상류에는 사력댐으로 건설된 소양강댐(총 저수량 29억 톤 규모)이 있다. 소양강댐에서는 수력발전을 위한 방류 시 저층의 물이 방류되어 방류수의 수온은 15°C로 연중 낮은 수온을 유지하고 있다.(Yi *et al.*, 2006) 따라서 하류지역 역시 방류되는 냉수로 인해 북한강과 합류되는 약 10 km 구간이 냉수에 영향을 받고 있다.

본 연구에서는 침입성 외래어류인 브라운송어가 국내 자연생태계 소양강 일원의 서식 여부와, 완전하게 정착하여 생활사를 이루고 있는지에 대해 파악하고자 한다.

## 재료 및 방법

본 연구는 강원도 춘천시의 소양강댐 하류지역인 소양7교에서 소양3교 사이의 소양강에서 실시하였으며(Fig. 2), 브라운송

어를 포획, 확인하기 위하여 투망(망목: 5×5 mm), 족대(망목: 4×4 mm)를 사용하여 정성조사하였으며, 채집된 어류는 Kim (1997), Belica (2007), Kim and Park (2007), Chae *et al.* (2019)에 따라 현장에서 동정 및 계수한 후 즉시 냉장류하였다. 함께 채집된 브라운송어는 10% 포르말린에 고정하여 추후 연구를 위해 실험실 내 보관하였다. 조사기간은 2020년 1~11월, 2022년 3~11월까지 매월 조사를 실시하였다. 조사지역의 수온변화를 확인하기 위해 2020년, 2022년 각 분기별 1회 다항목수질측정기(YSI, USA)를 이용하여 측정하였다. 또한 수온자료의 확인을 위해 국립환경과학원 물환경정보시스템(<http://water.nier.go.kr/publicMain/mainContent.do>)에서 2018년 1월부터 2020년 9월까지 소양강댐 방류수 수온현황을 확인하였다. 유속은 유속계(FLOWATCH, JDC electronics)를 사용하여 조사하였으며, 하상구조는 Cummins (1962)에 의거 육안으로 구분하였다. 먹이 원으로서 저서성대형무척추동물의 서식 현황 확인을 위해 어류 조사와 동일지점 및 시기에 정성채집하였으며, 뜰채와 D-frame net, 핀셋을 이용하였다. 생태특성을 고려하여 유수역의 여울(riffle), 흐르는 물(run)과 정수역의 고인물(pool)과 식생이 풍부한 수변부 중심으로 채집하였다. 저서성대형무척추동물의 동정은 Song (1995), Lee and Min (2005) 등을 참고하였고, 수서곤충은 McCafferty (1981), Merritt and Cummins (1996), Won *et al.* (2005), Merritt *et al.* (2008), Kwon *et al.* (2013), Kim *et al.* (2013)을 참고하였고, 파리목 깔따구류는 Wiederholm (1983)의 방법을 이용하여 깔따구류(Chironomidae spp.)로 정리하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 브라운송어 서식 확인

2020년과 2022년 소양강 일대 조사 결과 브라운송어(*Salmo*

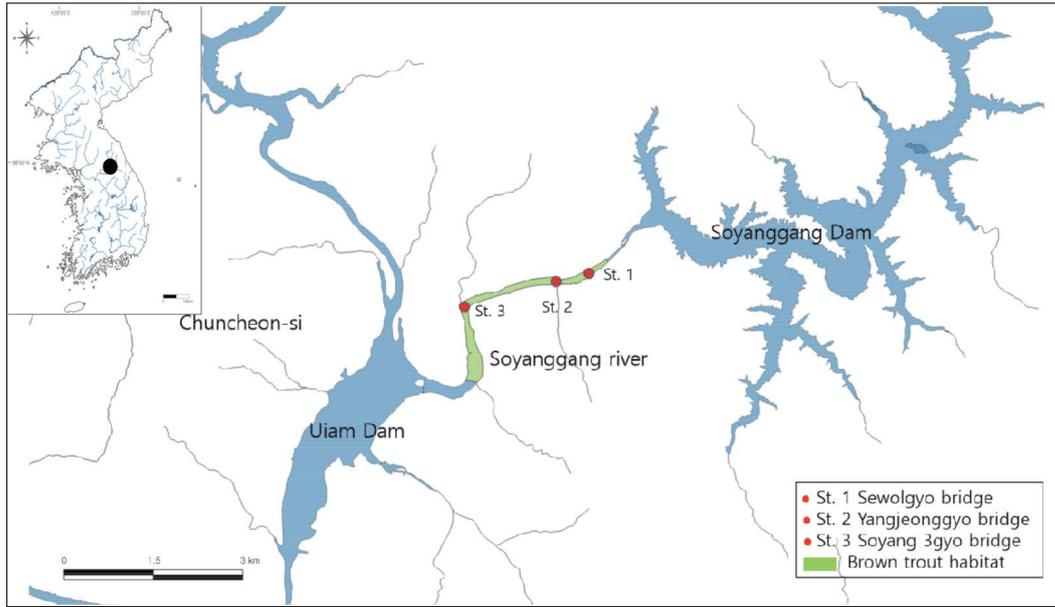


Fig. 2. The map of study site. Red closed dot indicate sampling site, and green area indicate brown trout habitat in Soyanggang River.

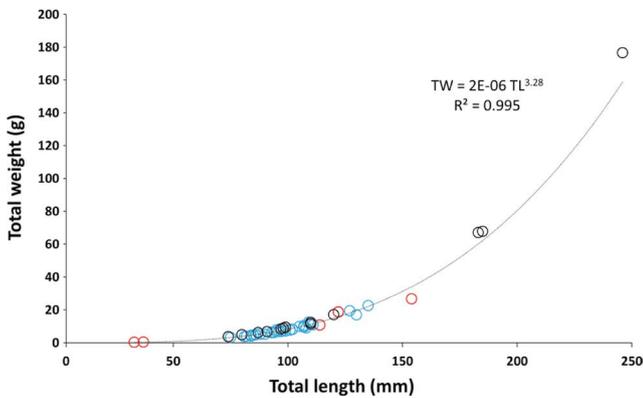


Fig. 3. Length-weight relationship of collected Brown trout in Soyanggang River.

trutta)는 2020년 19개체와 2022년 24개체가 확인되었으며, 조사된 개체의 전장이 60 cm 이상의 대형개체부터 10~20 cm의 중소형개체, 10 cm 이하의 소형개체까지 폭 넓게 나타나고 있었다. 또한 2022년 조사한 개체에 대해 전장-체중 관계분석 결과 매개변수가 3.28로 비교적 안정적인 상태를 나타내고 있어, 브라운송어가 소양강 유역에서 정착하고 성장하는 생활사를 이어가고 있음을 확인할 수 있었다(Fig. 3). 따라서 국내 브라운송어의 유입 경로에 대한 전반적인 문헌 및 국가 수입원을 조사하였지만 정식으로 국내 수입된 사례가 없는 종으로서 일부 무지개송어(*O. mykiss*), 산천어(*O. masou masou*) 등 연어과 어류의 발안란(Eyed eeg) 수입과정에서 혼입되었을 가능성이 현재로서는 가장 유력한 것으로 판단된다. 동서 서식 어류를 확인한 결과

총 8목 12과 32종 1,911개체가 확인되었다(Table 1). 그중 빙어(*Hypomesus nipponensis*)가 531개체(RA: 27.8%)로 우점적으로 출현하였으며, 가시고기(*Pungitius sinensis*)가 513개체(RA: 26.8%)로 아우점하였고, 피라미(*Zacco platypus*) 179개체(RA: 9.4%), 참붕어(*Pseudorasbora parva*) 141개체(RA: 7.4%), 참종개(*Iksookimia koreensis*) 130개체(RA: 6.8%)의 순으로 출현하였다. 법정보호종은 멸종위기 야생생물 II급인 가시고기가 아우점종으로 출현하며 다수의 개체가 서식함을 확인하였다. 외래어류로는 연어과 어류인 브라운송어 43개체(RA: 2.3%, Fig. 1), 무지개송어 12개체(RA: 0.6%)와 검정우럭과 어류인 배스(*Micropterus salmoides*) 20개체(RA: 1.0%)와 파랑볼우럭(*Lepomis macrochiru*) 2개체(RA: 0.1%)로 나타났다.

## 2. 브라운송어 서식환경

브라운송어는 냉수성 어류로 적정 서식수온은 12.4~17.6°C로 알려져 있다(Ferguson, 1958). 조사지점인 소양강 댐 하류 지점의 수온은 5.6~17.7°C의 범위(Table 2)를 나타내고 있어 연중 브라운송어가 서식하기에 적당한 수온범위를 나타내고 있다. 또한 장기적인 수온의 변화를 확인하기 위해 국립환경과학원 물환경정보시스템(2020)에서 2018년 1월부터 2020년 9월까지의 소양댐 방류수의 수온을 확인한 결과 5~12°C 범위를 나타내는 것을 확인하였다(Fig. 4). 조사지역의 물리적 환경으로는 하폭 230~310 m, 유폭 60~110 m로 규모가 큰 하천이며, 유속은 0.2~1.1 m/s로 물의 흐름이 있으며, 수심은 0.3~0.7 m를 나타냈으며, 하상은 모래(sand), 잔자갈(pebble), 자갈(gravel), 호박

**Table 1.** Fish fauna comparison including *Salmo trutta* habit between 2020 and 2022 in Soyanggang River, Korea

Species	2020	2022	Total	RA*
<b>Cypriniformes</b>				
<b>Cyprinidae</b>				
<i>Cyprinus carpio</i>	5	3	8	0.4
<i>Carassius auratus</i>	40	4	44	2.3
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i>	7	21	28	1.5
<i>Acheilognathus lanceolata intermedia</i>	2	1	3	0.2
<i>Pseudorasbora parva</i>	100	41	141	7.4
<i>Pungtungia herzi</i>		1	1	0.1
<i>Squalidus gracilis majimae</i>	1		1	0.1
<i>Hemibarbus labeo</i>	4	1	5	0.3
<i>Pseudogobio esocinus</i>	1	13	14	0.7
<i>Zacco koreanus</i>	28	4	32	1.7
<i>Zacco platypus</i>	109	70	179	9.3
<i>Hemiculter eigenmanni</i>	1		1	0.1
<b>Cobitidae</b>				
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	4	10	14	0.7
<i>Misgurnus mizolepis</i>		2	2	0.1
<i>Koreocobitis rotundicaudata</i>		1	1	0.1
<i>Iksookimia koreensis</i>	53	77	130	6.8
<b>Balitoridae</b>				
<i>Lefua costata</i>		14	14	0.7
<i>Orthrias nudus</i>	5	10	15	0.8
<b>Siluriformes</b>				
<b>Siluridae</b>				
<i>Silurus asotus</i>	1		1	0.1
<b>Bagridae</b>				
<i>Pseudobagrus fulvidraco</i>		1	1	0.1
<b>Salmoniformes</b>				
<b>Salmonidae</b>				
<i>Oncorhynchus masou masou</i>	18	4	22	1.2
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	11	1	12	0.6
<i>Salmo trutta</i>	19	24	43	2.2
<b>Osmeriformes</b>				
<b>Osmeridae</b>				
<i>Hypomesus nipponensis</i>	204	327	531	27.8
<b>Gobiiformes</b>				
<b>Odontobutidae</b>				
<i>Odontobutis interrupta</i>	1	8	9	0.5
<b>Gobiidae</b>				
<i>Gymnogobius urotaenia</i>	4	2	6	0.3
<i>Tridentiger brevispinis</i>		1	1	0.1
<i>Rhinogobius brunneus</i>	2	111	113	5.8
<b>Beloniformes</b>				
<b>Adrianichthyidae</b>				
<i>Oryzias latipes</i>	4		4	0.2
<b>Perciformes</b>				
<b>Centrarchidae</b>				
<i>Micropterus salmoides</i>	3	17	20	1.0
<i>Lepomis macrochirus</i>	1	1	2	0.1
<b>Gasterosteiformes</b>				
<b>Gasterosteidae</b>				
<i>Pungitius sinensis</i>	188	325	513	26.7
Number of Individuals	816	1,095	1,911	100.0
Number of Species	26	22	32	

\* RA: Relative abundance

돌(boulder)이 고르게 구성하고 있어 브라운송어가 서식하기에 적합한 환경(Belica, 2007; Hasegawa, 2020)을 갖추고 있었다 (Table 3).

### 3. 산란과 번식

브라운송어는 2~3년, 전장이 100~150 mm만큼 성장하면 성적으로 성숙하며 (Belica, 2007), 암컷은 자갈이 많고, 유속과 수

심이 적합한 장소를 찾아 산란둥지를 만드는 것으로 알려져 있다 (Young, 1989). 산란은 낮의 길이가 짧아지고, 수온이 급격히 낮아지는 시기에 시작된다 (Reiser and Wesche, 1977; Raleigh *et al.*, 1986). 현장조사 중 2020년 1월 소양강댐 세월교(st.1)에서 포획된 개체 중 전장 60 cm의 수컷 개체에서 정액이 나오는 것을 확인하였으며, 암컷(TL, 45 cm) 개체는 별다른 압박 없이 총배설강으로 알이 나오는 것을 관찰하였다 (Fig. 5). 이에 소양강에 서식하는 브라운송어가 성적으로 성숙할 때까지 성장하는 것을 확인하였으나, 현재까지는 정확한 산란장의 위치와 수정란, 부화 자어 등은 직접 확인되지는 않았다.

**Table 2.** Water temperature (°C) change in 2020 and 2022 in Soy-anggang River

Site	Year	2020				2022			
		Mar	Jun	Sep	Oct	May	Jul	Sep	Oct
St. 1		8.0	9.2	15.1	14.9	6.3	12.6	16.5	16.5
St. 2		7.7	9.8	15.8	14.7	5.7	12.9	17.7	14.9
St. 3		8.2	10.5	13.9	13.8	5.6	13.0	17.3	14.2

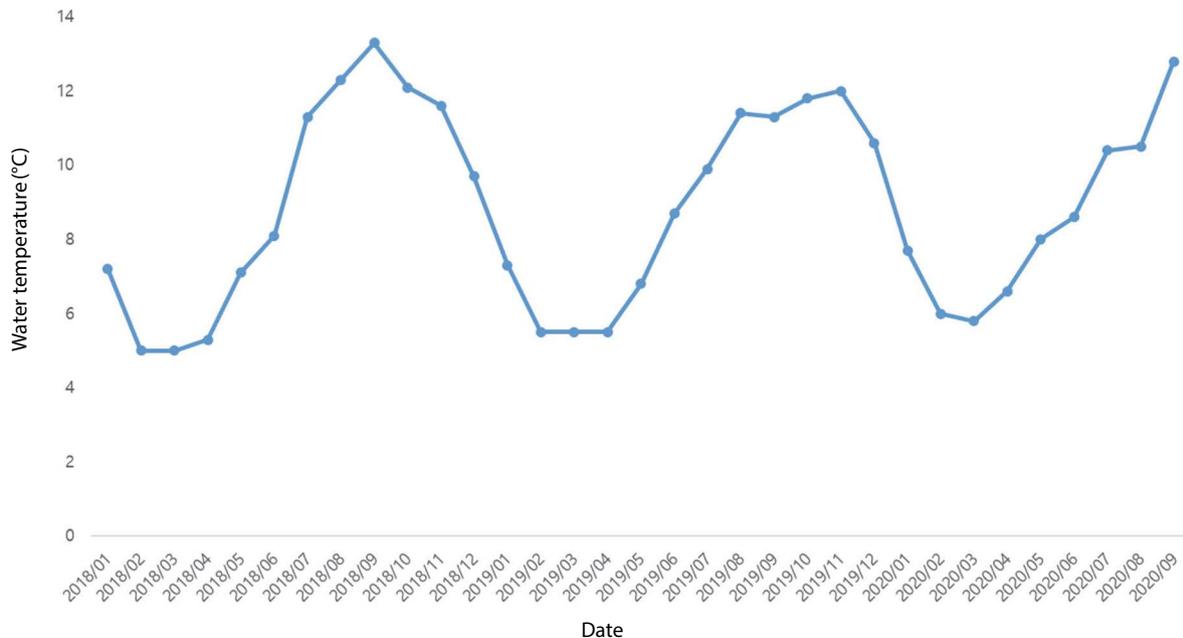
### 4. 서식지의 먹이원 출현 양상

브라운송어는 수서곤충, 저서성무척추동물, 어류, 알, 수생식물과 부착조류 등 다양한 먹이를 섭식하는 것으로 알려져 있다 (Allan, 1978; Kaeding and Kaya, 1978). 소양강 브라운송어 서식지역 내의 먹이원으로 활용가능한 저서성대형무척추동물상

**Table 3.** Status of substrate structure, water depth, and flow velocity in Soyanggang River

Sites	Bottom structure (%)*					Water depth (m)	Water velocity (m/s)
	Boulder	Cobble	Pebble	Gravel	Sand		
St. 1	15	47	23	11	4	0.3~0.7	0.3~0.7
St. 2	2	27	37	20	13	0.4~0.6	0.2~1.1
St. 3	12	53	20	10	5	0.4~0.7	0.3~0.5

\*Bottom structure by Cummins (1962); boulder (> 256 mm), cobble (64~256 mm), gravel (16~64 mm), pebble (2~16 mm), sand (0.06~2 mm), mud (< 0.06 mm).



**Fig. 4.** Dam of Soyang effluent water temperature in 2018.01~2020.09.



Spawn



Sperm release

Fig. 5. Spawning and sperm release of *Salmo trutta*.

Table 4. Total number of species and individuals of benthic macro-invertebrate taxa in Soyanggang River

Taxon		Number of species	Number of individuals	
Phylum Platyhelminthes		1	107	
Phylum Nematomorpha		1	1	
Phylum Annelida		4	293	
Phylum Mollusca		4	14	
Phylum Arthropoda	Class Malacostraca	2	327	
	Ephemeroptera	8	281	
	Odonata	1	2	
	Plecoptera	1	2	
	Hemiptera	3	7	
	Class Coleoptera	3	11	
	Diptera	4	296	
	Trichoptera	13	296	
	Subtotal		33	895
	Total		45	1,637

을 조사한 결과 5문 7강 16목 36과 45종 1,637개체가 확인되었다. 분류군별로 구분하면 날도래목이 13종(RA: 28.9%)으로 가장 많은 종이 확인되었고, 하루살이목 8종의 순으로 확인되었다(Table 4). 브라운송어의 서식지점에서 다양한 종의 저서성대형무척추동물이 확인되었으며 어린개체부터 성체 브라운송어의 먹이원으로 활용할 수 있다. 특히 연날개수염치레각날도래(*Stenopsyche bergeri*), 보통옆새우(*Gammarus sobaegensis*), 물벌레류(*Corixidae* sp.) 등 개체의 크기가 크고, 서식개체가 많은 종이 주요 먹이원으로 작용할 수 있다.

## 요 약

2020년과 2022년에 걸쳐 강원도 춘천시 소양강에서 외래종인 브라운송어의 서식을 조사한 결과, 43개체(2.3%)가 서식하는 것이 확인되었다. 2020년 19개체, 2022년 24개체의 서식이 확인되었다. 조사된 개체의 전장이 60 cm 이상의 대형 개체부터 10 cm 미만의 소형 개체까지 폭 넓게 분포하고 있으며, 2020년 1월 St. 1 지점인 세월교에서 확인된 암, 수 개체에서 포란과 방정이 관찰되어 소양강 일대에서 안정적으로 정착하여 꾸준히 서식하고 있음을 확인하였다. 또한 먹이원으로 작용할 수 있는 저서성대형 무척추동물이 풍부하게 서식하고 있으며, 하상구조도 잔자갈과 자갈 등이 고르게 구성되어 있어 서식과 산란에 필요한 조건을 구성하고 있다. 하지만 아직 산란장, 산란된 알, 부화된 치어 등이 명확히 밝혀지지 않아, 지속적인 연구가 필요한 실정이다.

## 사 사

본 조사는 국립생태원의 외래생물 안전관리 연구사업에 의해 수행되었으며, 특히 생태계교란 생물 모니터링 NIE-법정연구-2022-09의 사업지원과 2022년 위해 외래생물 등의 생태계 위해성 평가 및 안전관리 NIE-수탁연구-2022-09에 의해 수행되었습니다.

## REFERENCES

Allan, J.D. 1978. Diet of brook trout (*Salvelinus fontinalis*) and brown trout (*Salmo trutta*) in an alpine stream. Verh. Internat. Verein. Limnol., 26: 2045-2050. <https://doi.org/10.1080/03680770.1>

- 977.11896815.
- Animal Diversity Web. 2004. *Salmo trutta* (Brown trout). Online at [http://animaldiversity.ummz.umich.edu/site/accounts/information/Salmo\\_trutta.html](http://animaldiversity.ummz.umich.edu/site/accounts/information/Salmo_trutta.html). Accessed 15 November 2004.
- Belica, L. 2007. Brown Trout (*Salmo trutta*): A Technical Conservation Assessment. USDA Forest Service, Rocky Mountain Region, Species Conservation Project. [Online]. Available: <http://www.fs.fed.us/r2/projects/scp/assessments/browntrout.pdf> [date of access].
- Behnke, R.J. 2002. Trout and Salmon of North America. First edition. NY: The Free Press, Simon and Schuster Inc., 360pp.
- 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>.
- Chae, B.S., H.B. Song and J.Y. Park. 2019. A Field Guide to the Freshwater Fishes of Korea. LG Evergreen Foundation, 355pp. (in Korean)
- Fausch, K.D. 1988. Test of Competition between Native and Introduced Salmonids in Streams: What Have We Learned? Can. J. Fish. Aquat. Sci., 12: 2238-2246. <https://doi.org/10.1139/f88-260>.
- Ferguson, R.G. 1958. The preferred temperature of fish and their mid-summer distribution in temperate lakes and streams. J. Fish. Res. Board Can., 15: 607-624. <https://doi.org/10.1139/f58-032>.
- Hasegawa, K. 2020. Invasions of rainbow trout and brown trout in Japan: A comparison of invasiveness and impact on native species. Ecol. Freshw. fish, 29: 419-428. <https://doi.org/10.1111/eff.12534>.
- Kaeding, L.R. and C.M. Kaya. 1978. Growth and diets of trout from contrasting environments in a geothermally heated stream: the Firehole River of Yellowstone National Park. Trans. Am. Fish. Soc., 107: 432-438. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1978\)107<432:GADOTF>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1978)107<432:GADOTF>2.0.CO;2).
- Korsu, K., A. Huusko and T. Muotka. 2010. Impacts of invasive stream salmonids on native fish: using meta-analysis to summarize four decades of research. Boreal Environ. Res., 15: 491-500. <http://hdl.handle.net/10138/233187>
- Kim, I.S. 1997. Illustrated encyclopedia of fauna and flora of Korea. Vol. 37. Freshwater fishes. Ministry of Education, Seoul, Korea, 629pp. (in Korean)
- Kim, I.S. and J.Y. Park, 2007. Freshwater fishes of Korea. Kyo-hak publishing Co., Ltd., Seoul, Korea, 465pp. (in Korean)
- Kim, M.C., S.P. Cheon and J.K. Lee. 2013. Invertebrates in Korean Freshwater Ecosystems. Geobook. 483pp. (in Korean)
- Kwon, S.J., Y.C. Jeon and J.H. Park. 2013. Benthic Macroinvertebrates. Nature and Ecology. 792pp. (in Korean)
- Lee, J.S. and D.G. Min. 2005. Pond snail and Land snail. Min. Mollusc. Res. Institute, 134 pp. (in Korean)
- Lowe, S., M. Browne, S. Boudjelas, and M. De Poorter. 2000. 100 of the World's worst invasive alien species. A selection from the Global Invasive Species Database. IUCN.
- McCafferty, W.P. 1981. Aquatic Entomology, Jones and Bartlett, Boston, 448pp.
- Merritt, R.W. and K.W. Cummins. 1996. An Introduction to the Aquatic Insects of North America, 3rd ed, Kendall/Hunt, Dubuque, Iowa, 862pp.
- Merritt, R.W., K.W. Cummins and M.B. Berg. 2008. An introduction to the aquatic insects of North America, 4th eds, Kendall/Hunt Publishing Corporation, 862pp.
- National Institute of Ecology (NIE). 2020. 2020 Investigating Ecological Risk of Alien species. NIE. Seochon, Korea.
- Raleigh, R.F., L.D. Zuckerman and P.C. Nelson. 1986. Habitat suitability index models and instream flow suitability curves: Brown trout, revised. National Ecology Center, Division of Wildlife and Contaminant Research, Research and Development, Fish and Wildlife Service, US Department of the Interior, 82(10.124): 65.
- Reiser, D.W. and T.A. Wesche. 1977. Determination of physical and hydraulic preferences brown and brook trout in the selection of spawning locations. Water Resources Research Institute, Water Resources Research Ser., 64: 100p.
- Song, G.R. 1995. Systematics of the Hirudinea (Annelida) in Korea. University of Korea Press, Seoul.
- Townsend, C.R. 1996. Invasion biology and ecological impacts of brown trout *Salmo trutta* in NewZealand. Biol. Conserv., 78: 13-22. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(96\)00014-6](https://doi.org/10.1016/0006-3207(96)00014-6).
- Water Environment Information System. 2020. <https://water.nier.go.kr/web>.
- Wiederholm, T. 1983. Chironomidae of the Holarctic region Keys and diagnoses, Part 1-Larvae, Motala, 457pp.
- Won, D.H., S.J. Kwon and Y.C. Jeon. 2005. Aquatic Insects of Korea. Korea Ecosystem Service Co., Ltd. 415pp. (in Korean)
- Yi, Y.K., H.S. Lee, H.J. Baek and Y.D. Kim. 2006. Temperature Variation of Release Water of Soyang Reservoir. KSCE J. CEER, 1657-1660. (in Korean)
- Young, M.K. 1989. Effects of substrate composition on the survival to emergence of Colorado River cutthroat trout and brown trout. Doctoral dissertation, University of Wyoming, Laramie.