

고성 북천의 어류상 및 어류군집의 특성

이완옥* · 고평훈 · 백재민 · 김대희 · 전형주 · 김정환

국립수산과학원 중앙내수면연구소

Characteristics of Fish Fauna and Community Structure in Buk Stream of Goseong, Korea by Wan-Ok Lee*, Myeong-Hun Ko, Jae-Min Bak, Dae-Hee Kim, Hyoung-Joo Jeon and Kyeong-Hwan Kim (Inland Fisheries Research, NFRDI, Cheongpyeong, Gyeonggi-do 477-815, Korea)

ABSTRACT We performed field investigations at six stations in Buk Stream of Goseong-gun, Gangwon-do, Korea, from May to September 2009 to understand the stream's fish fauna and community structure. In the survey, 31 species belonging to 20 families were collected. Dominant species by number was *Zacco koreanus* (30.0%), and subdominant species were *Pungitius kaibarae* (9.4%) and *Rhynchocypris steindachneri* (9.3%). In biomass, the dominant species was *Tribolodon hakonensis* (35.5%), and subdominant species were *Z. koreanus* (22.5%) and *Cobitis pacifica* (7.5%). Eight Korean endemic fish species and two endangered species (*P. kaibarae* and *Pungitius sinensis*) were collected. In addition, four anadromous fish species (*T. hakonensis*, *Oncorhynchus masou masou*, *O. keta*, *Gasterosteus aculeatus*) and two amphidromus fish species (*Plecoglossus altivelis altivelis* and *Gymnogobius urotaenia*) were observed. Interestingly, we verified the existence of several fish species in Buk Stream where they have not lived before. Those species were previously reported to live only in rivers that run into the western and southern sea of Korea. Five of those species (*Zacco koreanus*, *Z. platypus*, *Silurus microdorsalis*, *Liobagrus andersoni* and *Coreoperca herzi*) were reported in Buk Stream in the 1980s. The other species (*Pungtungia herzi*, *Pseudorasbora parva*, *Squalidus multimaculatus*, *Misgurnus mizolepis*, *Koreocobitis rotundicaudata*, *Silurus asotus* and *Odontobutis interrupta*) have been introduced since the 1990s.

Key words : Goseong Buk Stream, fish community, native introduced fish, migration fish

서 론

동해로 흐르는 하천은 태백산맥이 동으로 급경사를 이루고 있어 대부분이 유로가 짧고, 유속은 빠르며 하천이 주로 산악지대를 지나고 있어서 하천주변에 오염원이 적어 수생태계가 잘 보존되어 왔다. 하천의 길이가 길고 유속이 느린 서해와 남해로 흐르는 강에 비하여 출현하는 종과 개체수는 적지만, 이들 수역과 다른 서식환경을 보이고 있어서 독특한 어류상이 알려져 있다(최와 전, 1968; 최, 1973; 전, 1982; 최 등, 1995; 김과 박, 2002; 김 등, 2006; 한국수자원공사, 2007). 특히 동해로 흐르는 하천 중에서 북부지역은

동한아구역(최, 1973; 전, 1980, 1983, 1984) 또는 동북한아구역(김, 1997)으로 구분하여, 남해와 서해로 흐르는 하천들이 서한아구역과 남한아구역으로 분류되는 것과 어류의 분포상이 매우 차이를 보이고 있다. 특히 고평하 수계인 서한아구역과 남한아구역과는 다른 고아므르강의 영향을 받았던 것으로 알려지고 있는 동북한아지역은 버들가지, 북방종개, 두만강자그사니 등의 고유종과 버들개와 종개 등의 시베리아와 일본 북부지방과 공통으로 분포하는 종들이 분포하고 있는 중요한 하천이다(김과 박, 2002). 그러나 최근 이 지역에서도 하천 상류에서부터 관광지가 개발되고, 2002년과 2003년에 연속적으로 태풍 “루사”와 “매미”로 인한 대규모 홍수가 발생하여 대부분의 하상이 붕괴되었고, 이에 따른 하천복구공사가 지속적으로 이루어져 하천의 모든 생

*교신저자: 이완옥 Tel: 82-31-584-0333, Fax: 82-31-589-5130,
E-mail: wolee@nfrdi.go.kr

태계가 크게 교란되었다. 또한 이들 하천복원을 명분으로 일부 어류의 방류가 이루어지고 있어서, 동해 북부로 흐르는 대부분의 하천에서 급격한 어류상의 변화가 이루어지고 있다(변 등, 1998; 변 등, 1998; 변과 변, 2004; 김 등, 2006a, b).

강원도 최북단에 위치한 북천은 유로길이 26 km, 유역면적 148.6 km²이며 설악산 줄기인 강원도 고성군 간성읍 진부리의 칠전봉에서 발원하여 향로봉을 따라 흐르다가 동해로 유입하는 하천으로 동해의 북부지역에서는 비교적 큰 하천이다. 남한에 있는 동북한아지역의 대표적인 하천이지만, 북천의 어류상 및 어류군집에 관한 연구는 매우 적어서 최와 전(1968)에 의해 영동지방에 서식하는 담수어류 분포의 일환으로 일부 어류에 대한 조사가 이루어진 바 있고, 휴전선 이남의 전국 담수어류 분포에 대한 조사에서 간성지역의 어류에 대한 조사(최, 1973)와 환경부에서 실시하는 전국자연환경조사에서 북천의 일부 조사수역이 포함되었지만(변과 배, 1998), 대부분이 단편적인 1회성 조사에 그치고 있다. 따라서 본 연구는 동해 북부에 위치하고 우리나라의 어류분포구계에서 동북한아지역을 대표하는 중요한 하천인 북천에 대한 어류분포에 대한 정밀 조사를 실시하여 정확한 어류상과 어류군집의 특징을 파악하고, 이전 조사결과들과 비교하여 최근 광범위하게 이루어지고 있으며, 추후 우리나라 담수어류 분포구계에 대한 혼란이 우려되는 국내 수계별 이입에 대한 기초 자료를 제공하고, 새롭게 이입된 종들의 분포에 따른 북천의 담수어류 군집의 변화를 파악하고자 하였고, 특히 동해로 흐르는 하천에서 중요한 생태적 지위를 차지하는 회유성 어류들의 분포 현황에 대하여서도 논의하고자 한다.

재료 및 방법

1. 조사지점 및 기간

본 조사는 2009년 3월부터 9월까지 총 4회 동안 어류채집 및 서식환경 조사를 실시하였으며, 조사일시는 아래와 같다.

- 1차 조사 : 2009년 3월 12일~13일
- 2차 조사 : 2009년 5월 12일~13일
- 3차 조사 : 2009년 7월 22일~23일
- 4차 조사 : 2009년 9월 14일~16일

조사지점은 북천의 상류부터 하류까지 2~5 km 사이의 간격으로 상류와 중류, 하류의 특징을 보이는 2개 지점씩 총 6개 조사지점을 선정하였으며, 조사장소의 행정구역은 아래와 같다(Fig. 1).

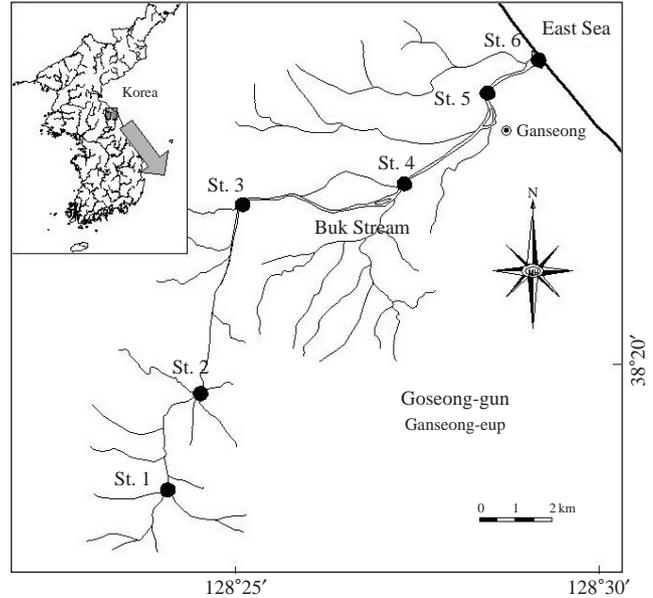


Fig. 1. Map showing the studied station in Goseong Buk Stream, Gangwon-do, Korea.

- St. 1 : 강원도 고성군 간성읍 진부리 진부교
- St. 2 : 강원도 고성군 간성읍 장신리 장신 3교
- St. 3 : 강원도 고성군 간성읍 광신리 토기점교
- St. 4 : 강원도 고성군 간성읍 교동리 교동보
- St. 5 : 강원도 고성군 간성읍 대대리 대대보
- St. 6 : 강원도 고성군 간성읍 봉호리 강 하구

2. 조사 내용 및 방법

조사지점에 대한 이화학적 환경요인인 기온, 수온, pH, DO, Conductivity는 전자수온계와 휴대용 수질측정기(YSI, model 580)를 사용하여 측정하였다. 서식처의 환경요인은 유폭, 하폭, 수심, 하상 등을 조사하였으며, 하천형태(river type)는 可兒(1944)의 방법으로 구분하였고, 하상구조는 Cummins(1962)의 방법을 적용하였다. 어류의 채집은 각각의 지점별로 투망(망목 7×7 mm) 10회, 족대(4×4 mm)는 30~40분간 조사하여 가능한 정량적으로 채집이 되도록 하였다. 채집된 대부분의 어류들은 현장에서 동정하여 전장, 체장, 체중을 측정 후 방류하였으며, 일부개체는 10% 포르말린 수용액에 고정하여 실험실로 운반한 후 동정하여 체장 및 체중을 측정하였다. 종의 동정 및 학명사용은 김(1997), 김과 박(2002), 김 등(2005)을 참조하였고, 분류체계는 Nelson(2006)에 따랐다. 조사지점의 군집분석은 우점도, 종다양도, 균등도 및 종풍부도를 분석하여(Simpson, 1949; Shannon and Weaver, 1963; Pielou, 1966), Primer 5.0 program을 이용하여 조사지점 간의 유사도를 비교하였다.

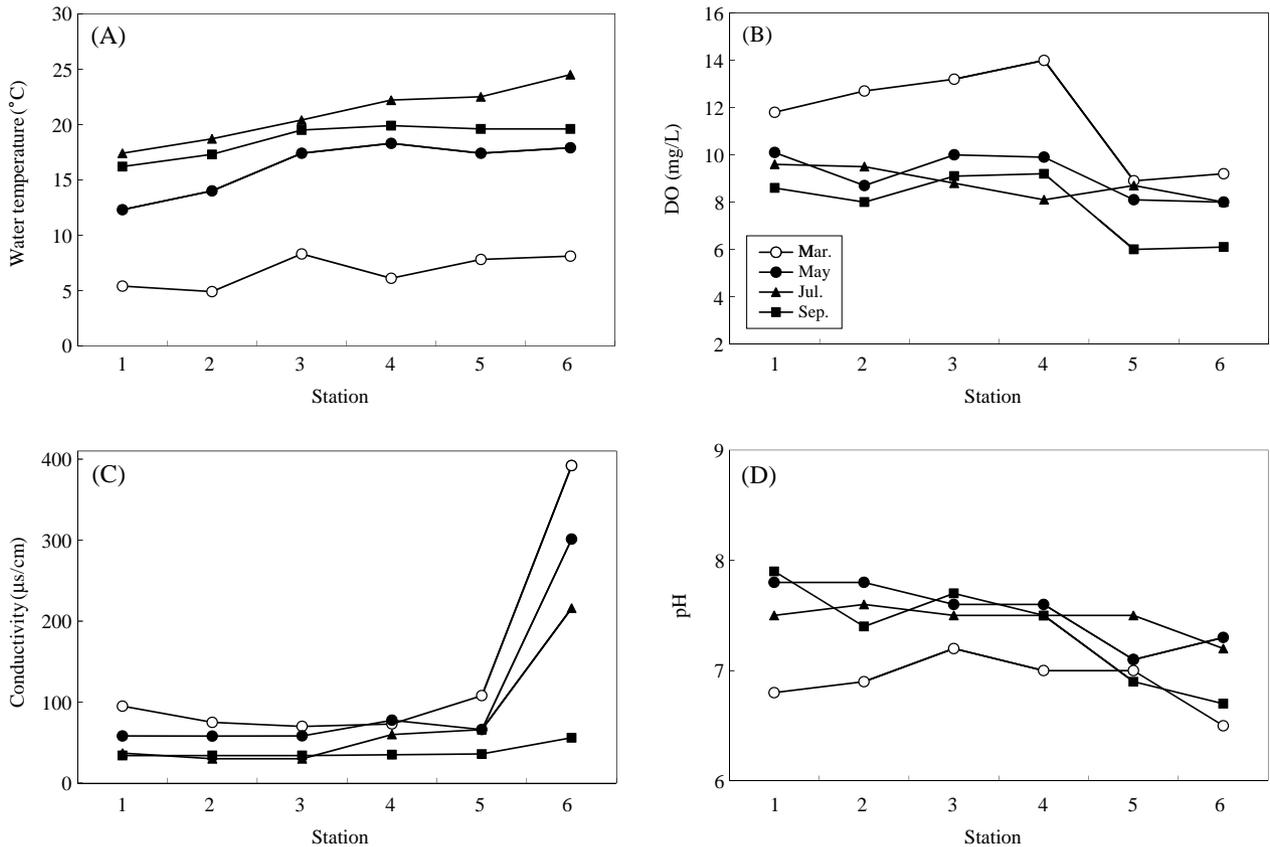


Fig. 2. Change of water quality at each station of Goseong Buk Stream, Gangwon-do, Korea in 2009 (A: water temperature, B: DO, C: Conductivity, D: pH).

결 과

1. 조사지역의 서식지 특징

조사기간 중 수온은 7월이 17.4~24.5°C로 가장 높았으며, 다음으로 9월이 16.2~19.9°C, 5월 12.3~18.3°C 순이었으며, 3월이 5.4~8.3°C로 낮게 나타났다. 조사지점별로 살펴보면 최상류인 St. 1이 가장 낮은 수온을 보였으며, 하류지역으로 갈수록 수온이 높아지는 경향을 보였는데, 최상류인 St. 1은 다른 지점들에 비해 평균 3~7°C가량 낮았고, 특히 여름철인 7월에도 18°C를 넘지 않았다(Fig. 2A). DO는 3월에 조사수역에서 8.9~14.0 mg/L로 나타나 5월과 7월, 9월의 8.0~10.1 mg/L보다 높게 나타났다. 조사지점별로 복천의 상류와 중류인 St. 1~St. 4가 대체로 유사하게 나타났지만, 하류수역인 St. 5와 St. 6은 3~6 mg/L로 낮았다(Fig. 2B). Conductivity에서는 조사기간 중에 3월이 가장 높았고, 9월이 가장 낮게 나타났으며, 지점별에서는 St. 1~St. 5가 대체로 비슷하게 나타났지만 해수의 영향을 받는 하구역인 St. 6은 다른 조사지점들보다 매우 높게 나타났다(Fig. 2C). pH는 5월과 7월, 9월이 대체로 유사하게 나타났으나, 3월에

0.5~1 정도 약간 낮았으며, 조사지점 중에 상류지역이 높았고 하류로 갈수록 점점 낮아지는 경향을 보였다(Fig. 2D). 염분농도는 상류와 중류인 St. 1~St. 5에서 0‰로 순 담수 지역이었지만 하구역인 St. 6은 0.2~0.3‰로 해수의 영향을 받는 기수역이었다.

조사수역 중에 상류인 St. 1과 St. 2는 Aa형 하천으로 유속이 빠르고 물이 맑으며, 하천의 주변이 모두 산으로 둘러싸여 있었다. 또한 유폭이 5~30 m로 좁았고, 여울과 소가 짧게 반복적으로 나타나고 있었으며, 하상은 돌(Cobble)과 바위(Boulder)의 비율이 높게 나타났다. 중류수역인 St. 3과 St. 4는 대체로 Aa-Bb형으로 물이 맑고 주위에 논과 밭이 많이 위치하고 있었으며, 하천을 횡단하는 보가 설치되어 있었다. 유폭은 10~50 m로 넓어지고 있었으며, 하상은 돌, 자갈(pebble), 잔자갈(gravel), 모래(sand), 진흙(mud)이 비교적 골고루 섞여 있었다. 하류수역인 St. 5와 하구역인 St. 6은 대체로 Bc형으로 하폭이 급격히 넓어졌고 주위에 논과 모래사장이 위치하고 있었으며, 유속이 느리고 물은 비교적 혼탁하였다. 하상은 중상류에 비하여 모래와 잔자갈의 비율이 매우 높게 나타났으며, St. 5의 위쪽에는 하천을 횡단하는 보가 있었고 어도가 설치되어 있었으나 어도의 하

Table 1. The environmental conditions of studied station in Goseong Buk Stream, Gangwon-do, Korea in 2009

Station	Stream width (m)	Water width (m)	Water depth (cm)	River type*	Bottom structure (%)**					
					M	S	G	P	C	B
1	30~50	5~30	30~100	Aa	-	10	20	10	20	40
2	70~100	10~30	30~200	Aa	-	10	10	20	40	20
3	80~100	10~50	10~150	Aa-Bb	5	20	20	30	20	5
4	100~150	20~50	30~150	Bb	5	45	30	10	5	5
5	200~250	10~50	30~150	Bb-Bc	10	30	50	5	5	-
6	300~400	200~300	50~200	Bc	15	70	5	5	5	-

*River type: by Kani (1944). **M: Mud (~0.06 mm), S: Sand (0.06~2 mm), G: Gravel (2~16 mm), P: Pebble (16~64 mm), C: Cobble (64~256 mm), B: Bolder (256 mm<) by Cummins (1962).

부가 깊게 파여 회유어들의 소상에 어려움을 주고 있었다 (Table 1).

2. 북천의 어류상 특징

본 연구기간 동안 채집된 어류는 Table 2에서 보는 바와 같이 총 12과 25속 31종 2,637개체였으며, 조사지점별로 출현한 어류는 St. 1이 5종, St. 2가 9종, St. 3이 10종, St. 4가 21종, St. 5와 St. 6이 각각 19종으로 중·하류에서 많은 종들이 채집되었다. 출현한 어종 중 Cyprinidae가 8종 (25.8%)으로 가장 많았으며, 그 다음으로 Gobiidae 5종 (16.1%), Cobitidae와 Gasterosteidae는 각각 3종 (9.7%)이 출현하였고, Balitoridae, Siluridae, Salmonidae는 2종 (6.5%), Amblycipitidae, Osmeridae, Mugilidae, Centropomidae는 각각 1종 (3.2%)씩 출현하였다. 본 조사에서 채집된 어류 중 개체수에서 우점종은 *Zacco koreanus* (30.0%)이었고, 아우점종은 *Pungitius kaibarae* (9.4%)와 *Rhynchocypris steindachneri* (9.3%)였으며, *Tribolodon hakonensis* (7.7%), *Gymnogobius urotaenia* (6.7%), *Cobitis pacifica* (4.7%), *Rhinogobius brunneus* (4.3%) 등의 순으로 출현하였다 (Fig. 3A).

출현종 중에 한국고유종은 *Squalidus multimaculatus*, *Z. koreanus*, *Koreocobitis rotundicaudata*, *C. pacifica*, *Silurus microdorsalis*, *Liobagrus andersoni*, *Coreoperca herzi*, *Odonotobutis interrupta* 등 8종으로 주로 서한아 또는 남한아지역에 분포하는 종들이 많았으며, 환경부지정 멸종위기야생동·식물 II급의 *Pungitius sinensis*와 *P. kaibarae*가 출현하였다.

본 조사에서 출현한 어류 중 이전 조사에서는 확인되지 않았지만, 본 조사에서 처음으로 출현한 종은 *Carassius auratus*, *Pseudorasbora parva*, *Pungtungia herzi*, *S. multimaculatus*, *T. hakonensis*, *Z. koreanus*, *Misgurnus mizolepis*, *K. rotundicaudata*, *Silurus asotus*, *S. microdorsalis*, *Mugil cephalus*, *Gasterosteus aculeatus*, *P. sinensis*, *O. interrupta*, *G. castaneus*, *Acanthogobius flavimanus*, *Tridentiger brevispinis* 등 17종이었다 (Table 3). 이중 *Z. koreanus*는 김 등 (2005)에 의

해 *Zacco temminckii*와 구별되는 종으로 새롭게 발표한 종으로 본 조사에서 확인한 결과 북천에 서식하는 종은 모두 *Z. koreanus*이어서 *Z. temminckii*로 이전 기록된 종은 모두 *Z. koreanus*로 추정되었다. *C. auratus*, *T. hakonensis*, *Gasterosteus aculeatus*, *P. sinensis*, *Mugil cephalus*, *G. castaneus*, *A. flavimanus*, *T. brevispinis* 등 8종은 동해로 흐르는 주변 하천과 비교하여 볼 때 본 조사가 이전 조사보다 하구에까지 세밀한 조사를 실시하였기 때문에 추가된 종으로 사료되었다.

3. 출현한 어류의 생체량 비교

본 연구기간 동안 조사된 어류의 총 생체량은 25,520.0 g이었으며, 생체량 중에 조사지점별 생체량을 비교하면 하류수역인 St. 5가 11,046.49 g (43.3%)로 가장 높았으며, 그 다음으로 중류수역인 St. 4가 5,805.4 g (22.8%), St. 3이 3,535.7 g (12.7%)이었고 상대적으로 상류수역에서 생체량이 적어서 St. 2가 2,091.7 g (8.2%), St. 1이 1,948.2 g (7.6%) 순이었다. 그러나 연안에 인접한 하구수역인 St. 6에서는 조사수역이 넓고 어구가 한정되어 종수뿐 아니라 생체량에서 가장 적은 1,092.7 g (4.3%)이 채집되었다. 특히 하류수역인 St. 5에서는 5월 조사에서 산란을 위해 소상하던 회유어인 *T. hakonensis*의 성어 (700~1,500 g 내외)가 투망으로 다수 채집되어 높은 생체량을 보여 동해로 흐르는 하천의 특징인 회유어들의 자원이용 특징을 잘 보여주었다. 생체량으로 우점종은 개체수로의 우점종과 일부 차이를 보였는데, 특히 생체량으로 우점종은 대형종인 *T. hakonensis* (35.5%)가 차지하였고, 아우점종은 개체수로 우점종인 *Z. koreanus* (34.7%)였으며, *C. pacifica* (11.5%), *R. steindachneri* (9.8%)순이었고, 다음으로 *C. herzi* (8.0%), *O. masou masou* (6.8%), *Z. platypus* (6.7%), *P. altivelis altivelis* (5.1%) 순으로 생체량이 높았다 (Fig. 3B).

4. 군집 및 유사도 분석 비교

조사지점별 개체수로 우점종의 조사결과 최상류인 St. 1은 *R. steindachneri*가 우점종이었고, 아우점종은 *L. ander-*

Table 2. The list and individual number of collected fishes at each station of Goseong Buk Stream, Gangwon-do, Korea in 2009

Families and species	Station						Total	RA (%)	Remarks
	1	2	3	4	5	6			
Family Cyprinidae									
<i>Carassius auratus</i>					1	7	8	0.30	
<i>Pseudorasbora parva</i>						1	1	0.04	In
<i>Pungtungia herzi</i>		1		1			2	0.08	In
<i>Squalidus multimaculatus</i>			1				1	0.04	En, In
<i>Tribolodon hakonensis</i>				3	20	179	202	7.66	An
<i>Rhynchocypris steindachneri</i>	87	2	37	68	48	2	244	9.25	
<i>Zacco koreanus</i>		174	380	237	1		792	30.03	En, In
<i>Zacco platypus</i>				56	22	13	91	3.45	In
Family Balitoridae									
<i>Orthrias toni</i>	18	1	5	69	40	2	135	5.12	
<i>Lefua costata</i>				2			2	0.08	
Family Cobitidae									
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>			3	11	1	5	20	0.76	
<i>Misgurnus mizolepis</i>				3	2	31	36	1.37	In
<i>Koreocobitis rotundicaudata</i>		3					3	0.11	En, In
<i>Cobitis pacifica</i>			12	74	25	14	125	4.74	En
Family Siluridae									
<i>Silurus asotus</i>				1		1	2	0.08	In
<i>Silurus microdorsalis</i>	3	1	2	1			7	0.27	En, In
Family Amblycipitidae									
<i>Liobagrus andersoni</i>	31	4	26	14	2		77	2.92	En, In
Family Osmeridae									
<i>Plecoglossus altivelis altivelis</i>				1	24	51	76	2.88	Am
Family Salmonidae									
<i>Onchorhynchus masou masou</i>	18			17			35	1.33	An
<i>Onchorhynchus keta</i>				12	38		50	1.90	An
Family Mugilidae									
<i>Mugil cephalus</i>					9	3	12	0.46	
Family Gasterosteidae									
<i>Gasterosteus aculeatus</i>						2	2	0.08	An
<i>Pungitius sinensis</i>				1			1	0.04	
<i>Pungitius kaibarae</i>		2		209	34	4	249	9.44	
Family Centropomidae									
<i>Coreoperca herzi</i>		32	18	25	1	2	78	2.96	En, In
Family Odontobutidae									
<i>Odontobutis interrupta</i>				1			1	0.04	En, In
Family Gobiidae									
<i>Gymnogobius castaneus</i>					24	54	78	2.96	
<i>Gymnogobius urotaenia</i>					118	58	176	6.67	Am
<i>Acanthogobius flavimanus</i>						1	1	0.04	
<i>Tridentiger brevispinis</i>					14	2	16	0.61	
<i>Rhinogobius brunneus</i>			3	25	86		114	4.32	
No. of individual	157	220	487	831	510	432	2637	100	
No. of species	5	9	10	21	19	19	31		
No. of family	5	7	7	11	10	9	12		

En: Korean endemic species, An: anadromous fish, Am: Amphidromous fish, RA: Relative abundance, In: introduced fish.

soni였으며, 중상류에서 중류수계인 St. 2, 3, 4의 우점종은 *Z. koreanus*로 동일하였으나, 아우점종은 *C. herzi*, *R. steindachneri*, *P. kaibarae*로 하류로 내려올수록 정수역에 서식하는 종으로 바뀌었다. 하류인 St. 5의 우점종은 *G. urotaenia*로 정수역을 선호하는 종이였으며, 아우점종은 *R. brunneus*로 정수역과 유수역, 상류에서 하류까지 널리 서식하는 망둑어과 어류이었다. 기수역인 St. 6은 소하성종인 *T. hakonensis*

가 우점종이었고, 아우점종은 양측회유종인 *G. urotaenia*가 차지하여 조사수역의 서식환경 특징에 따라 우점종의 분포가 차이를 보였다(Table 4). 조사지점별 우점도 지수는 중상류수역인 St. 2가 0.936으로 가장 높았으며, 다음으로 St. 3이 0.844로 비교적 높게 나타났는데, 이곳은 모두 *Z. koreanus*가 78% 이상 우점도를 보이는 곳이었으며, 다음으로 최상류인 St. 1이 0.752이고, 기수지역인 St. 6이 0.549이었으

Table 3. List of fish from previous and present studies for Goseong Buk stream, Gangwon-do, Korea

Families and species	Choi and Jeon (1968)	Choi (1973)	Byeon and Bae (1998)	Present study (2009)
Family Clupeidae				
<i>Konosirus punctatus</i>	○			
Family Cyprinidae				
<i>Carassius auratus</i>				○
<i>Pseudorasbora parva</i>				○
<i>Pungtungia herzi</i>				○
* <i>Squalidus multimaculatus</i>				○
<i>Rhynchocypris steindachneri</i>	○	○	○	○
<i>Tribolodon hakonensis</i>	○			○
* <i>Zacco koreanus</i>				○
<i>Zacco platypus</i>			○	○
Family Balitoridae				
<i>Orthrias toni</i>	○	○	○	○
<i>Lefua costata</i>	○	○	○	○
Family Cobitidae				
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	○	○		○
<i>Misgurnus mizolepis</i>				○
* <i>Cobitis pacifica</i>	○	○	○	○
* <i>Koreocobitis rotundicaudata</i>				○
Family Siluridae				
<i>Silurus asotus</i>				○
* <i>Silurus microdorsalis</i>				○
Family Amblycipitidae				
* <i>Liobagrus andersoni</i>			○	○
Family Osmeridae				
<i>Plecoglossus altivelis altivelis</i>	○		○	○
Family Osmeridae				
<i>Onchorhynchus keta</i>	○			○
<i>Oncorhynchus masou masou</i>	○	○	○	○
Family Salangidae				
<i>Salangichthys microdon</i>	○			
Family Mugilidae				
<i>Mugil cephalus</i>				○
Family Gasterosteidae				
<i>Gasterosteus aculeatus</i>				○
<i>Pungitius sinensis</i>				○
<i>Pungitius kaibarae</i>			○	○
Family Cottidae				
* <i>Cottus koreanus</i>		○		
Family Centropomidae				
* <i>Coreoperca herzi</i>			○	○
Family Odontobutidae				
* <i>Odontobutis interrupta</i>				○
Family Gobiidae				
<i>Gymnogobius castaneus</i>				○
<i>Gymnogobius urotaenia</i>	○			○
<i>Acanthogobius flavimanus</i>				○
<i>Tridentiger brevispinis</i>				○
<i>Rhinogobius brunneus</i>		○		○
No. of family	8	5	8	12
No. of species	12	8	10	31

며, 중하류수역인 St. 4가 0.537, St. 5가 0.416 순으로 서식처가 다양한 곳에 다양한 종이 출현하는 곳에서 낮게 나타났다(Table 4, Fig. 4).

고성 북천의 조사지점의 어류군집을 분석한 결과 diver-

sity index는 St. 5와 St. 4가 각각 2.308, 2.087로 가장 높게 나타났고, St. 6이 1.901, St. 1이 1.144, St. 3이 0.955순이었으며 St. 2가 0.732로 가장 낮았다. 균등도(Evenness index)는 St. 5가 0.803으로 가장 높았고 St. 1, St. 4, St. 6의 순으

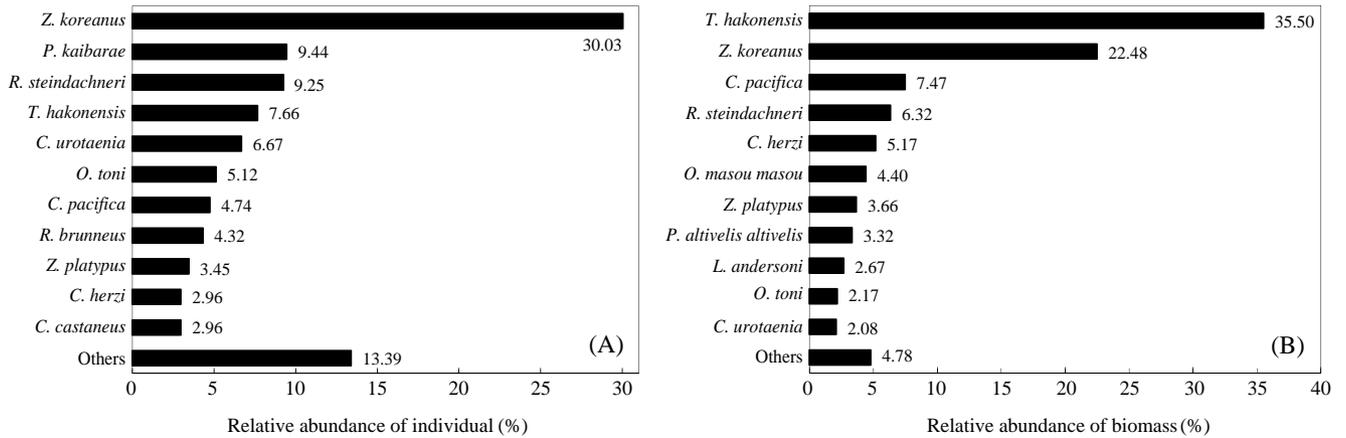


Fig. 3. Comparison of individuals (A) and biomass (B) of collected fishes in Goseong Buk Stream, Gangwon-do, Korea in 2009.

Table 4. Dominant and sub-dominant species at each station of the Goseong Buk Stream, Gangwon-do, Korea in 2009

Station	Dominant species (%)	Sub-dominant species (%)	Dominance index
1	<i>Rhynchocypris steindachneri</i> (55.4)	<i>Liobagrus andersoni</i> (19.7)	0.752
2	<i>Zacco koreanus</i> (79.1)	<i>Coreoperca herzi</i> (14.5)	0.936
3	<i>Zacco koreanus</i> (78.0)	<i>Rhynchocypris steindachneri</i> (7.6)	0.844
4	<i>Zacco koreanus</i> (28.5)	<i>Pungitius kaibarae</i> (25.1)	0.537
5	<i>Gymnogobius urotaenia</i> (23.2)	<i>Rhinogobius brunneus</i> (16.9)	0.416
6	<i>Tribolodon hakonensis</i> (41.4)	<i>Gymnogobius urotaenia</i> (13.4)	0.549

로 각각 0.758, 0.688, 0.651로 나타났으며 St. 2가 0.344로 가장 낮았다. 풍부도 (richness index)는 St. 5와 St. 6이 각각 2.321, 1.915로 가장 높았으며, St. 3과 St. 2가 0.967, 0.756으로 낮게 나타났다 (Fig. 4). 따라서 상류에서 하류로 갈수록 대체적으로 다양도와 풍부도가 높게 나타나고 우점도는 낮아지는 경향을 보였다. 북천에서 채집된 담수어류의 개체수를 근거로 유사도를 분석한 결과 Table 5와 같이 나타났는데, 중·상류수역인 St. 2와 St. 3이 유사도가 59.19로 가장 가까웠으며, 기수의 영향을 전혀 받지 않는 St. 1, St. 2, St. 3, St. 4가 하나의 그룹을 형성하였고, 기수의 영향을 받아 회유종이 다수 출현하는 St. 5와 St. 6은 51.06으로 가까워 또 다른 그룹을 형성하여, 북천의 조사지점들은 크게 유수역과 정수역의 두 개의 그룹으로 나누어지는 특징을 보였다.

5. 북천에 서식하는 회유종의 특징

고성 북천에 서식하는 종 중에 회유성 어류는 소하성 어류 (anadromous fish)인 *T. hakonensis*, *O. keta*, *O. masou masou*, *G. aculeatus* 4종과 양측회유성 어류 (amphidromous fish)의 *P. altivelis altivelis*, *G. urotaenia* 등 2종이 출현하였다. *O. keta*는 3월에 St. 4~5에서 당년생 치어 (체장 27~41 mm, n=50)가 다수 채집되었다 (Fig. 5B). 생체량으로 우점종인 *T. hakonensis*는 5월부터 9월까지 St. 4~6에서 다수 채집되었는데, 5월에 채집된 개체는 St. 5에서 산란을 위해 소상한

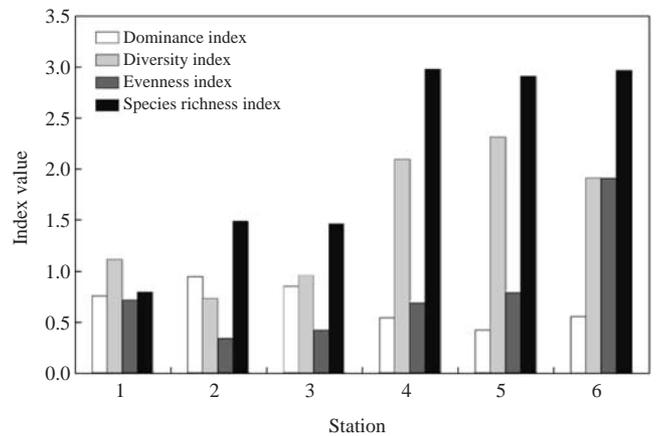


Fig. 4. Community indices at each station in Goseong Buk Stream, Gangwon-do, Korea in 2009.

Table 5. Similarity indices of station in Goseong Buk Stream, Gangwon-do, Korea in 2009

Station	1	2	3	4	5	6
1						
2	20.23					
3	40.14	59.19				
4	34.69	41.16	53.98			
5	24.31	13.56	28.18	49.95		
6	6.14	10.98	16.29	25.79	51.06	

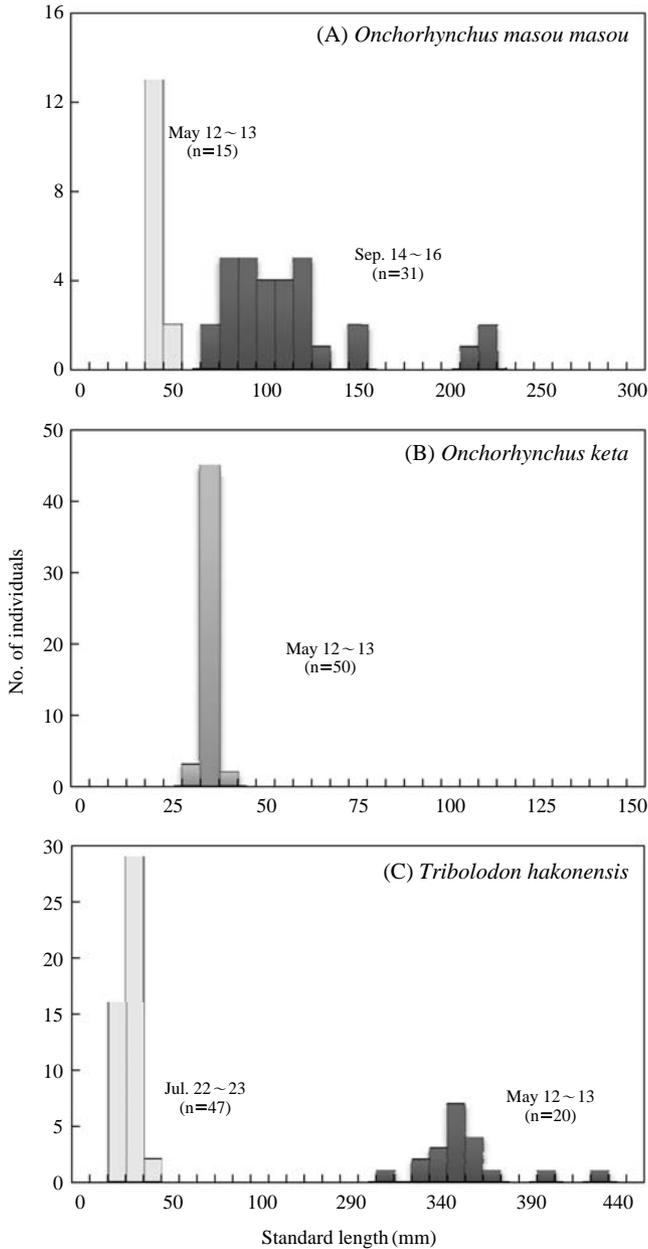


Fig. 5. Standard length frequency of *Onchorhynchus masou masou* (A), *O. keta* (B) and *Tribolodon hakonensis* (C) in Goseong Buk Stream, Gangwon-do, Korea in 2009.

성어 (체장 315~430 mm, n=20)였으며, 7월에는 대부분 St. 6에서 당년생 치어 (체장 20.7~43.7 mm, n=47) 만이 서식하고 있었으며, 강 하류와 하구에서 9월까지 계속 관찰되었다 (Fig. 5C). *O. masou masou* (송어/산천어)는 조사기간 중에 항상 채집되었는데, 특히 3월에는 St. 4에서 당년생 치어 (체장 56~52 mm, n=15)로 보이는 다수의 개체가 채집되었고, 같은 시기에 최상류인 St. 1에서는 만 2년생 이상인 체장 111~155 mm (n=3)의 3개체가 채집되었다 (Fig. 5A). 이후 5월, 7월, 9월에 St. 1에서는 *O. masou masou*의 체장

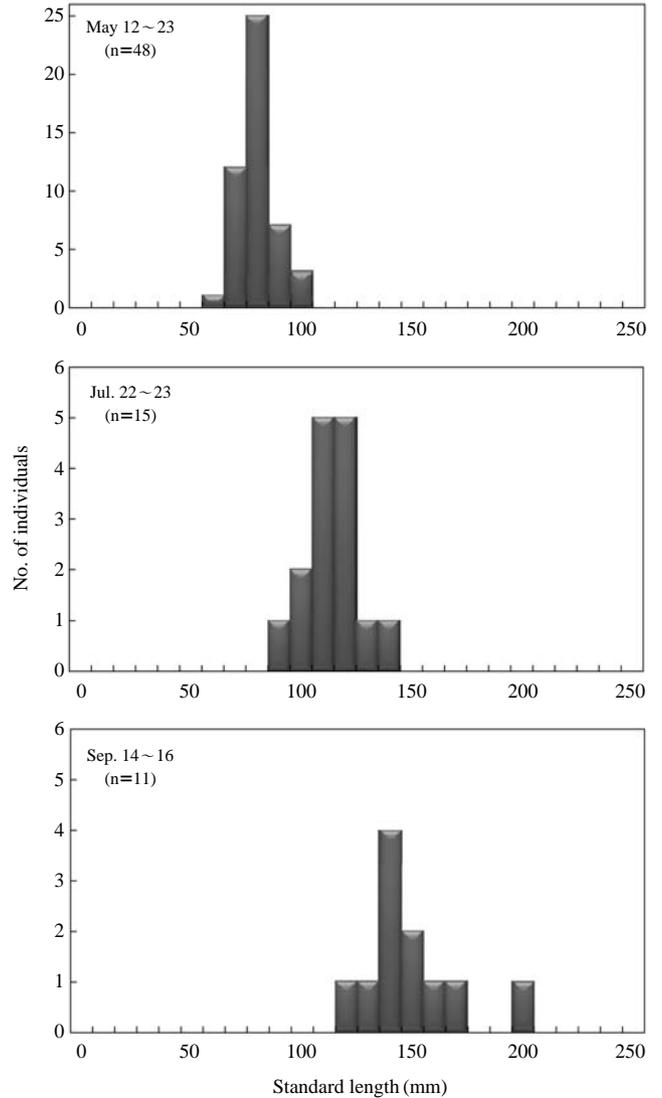


Fig. 6. Standard length frequency of *Plecoglossus altivelis altivelis* in Goseong Buk Stream, Gangwon-do, Korea in 2009.

75~227 mm의 크기가 다수 채집되었다. *G. aculeatus*는 5월에 St. 6에서 2개체 (체장 65~66 mm)가 채집되었다. 동해로 소상하는 대표적인 양측회유종인 *P. altivelis altivelis*는 봄철 연안에서 하천으로 소상하는데, 본 조사에서도 5월부터 9월까지 출현하였으며, 대부분의 개체들이 하류와 하구인 St. 5와 6에서 확인되었고, 극히 일부 개체만이 St. 4에서 출현하였다. 이러한 결과는 St. 5의 상류에 설치되어 있는 북천의 대대보가 산란을 위하여 회유하는 *P. altivelis altivelis*의 이동을 막고 있기 때문이며, 일부개체만이 이 보를 넘어 St. 4까지 회유하고 있었다. 이중에 5월에 출현한 개체는 체장 65~102 mm (n=48), 7월은 체장 94~140 mm (n=15), 9월은 체장 121~200 mm (n=11)로 나타나 급격한 성장을 보였다 (Fig. 6).

고 찰

북천에 서식하는 어류에 대한 연구에서 최와 전(1968)은 8과 12종, 최(1973)는 5과 8종이 서식하는 것으로 보고하였고, 이후 변과 배(1998)가 8과 10종이 서식한다고 보고하였으며, 본 조사에서 12과 31종이 출현하여 북천에서 한 번이라도 출현기록이 있는 어류는 모두 15과 28속 35종이었다. 본 조사에서 지금까지 가장 많은 종이 확인된 것은 북천수계의 상류에서 하류에 이르기까지 단편적인 조사에 그친 기존 조사에 비해 조사횟수, 조사지점 등에서 많이 조사가 이루어졌으며, 최근 다른 수계에 서식하는 일부 담수 어류들이 이입되었기 때문으로 사료되었다. 북천에 대한 기존의 조사에서 출현이 보고되었으나, 본 조사에서 확인할 수 없었던 종은 *Konosirus punctatus*, *Salangichthys microdon*, *Cottus koreanus* 등 3종으로 *K. punctatus*, *S. microdon*은 기수성 어류이며, *C. koreanus*는 회소종인 멸종위기야생동·식물II급에 포함되는 종으로 북천하구 및 *C. koreanus* 미소서식처에 대한 정밀조사가 이루어진다면 확인할 것으로 사료되었다. 또한, 이러한 북천의 출현 어류종수는 동해안 인근 유역의 하천인 양양 남대천 19과 36종(변 등, 1998), 연곡천 10과 29종(김 등, 2006), 강릉 남대천 5과 13종(김 등, 1996), 삼척 오십천 14과 30종(최 등, 1995)이 서식하는 것과 비교하여 비교적 많은 종이 출현하고 있는데, 이는 다른 하천에 비하여 수질이 양호하고 다양한 서식처가 확보되어 있는 결과로 사료되었다. 출현종 중에는 *P. herzi*, *P. parva*, *S. multimaculatus*, *K. rotundicaudata*, *O. interrupta* 등은 주로 서해나 남해 그리고 동해 남부로 흐르는 하천에만 서식하는 종이었고, 고성 북천에는 비교적 최근에 이입된 종으로 사료되었다. 이들 중에 대한 이입경로는 2002년과 2003년 태풍 매미와 루사가 지나간 후에 하천 복원공사가 이루어진 후 자원회복을 위한 *O. masou masou* 및 *C. auratus* 등의 인위적인 방류 시 종묘 생산된 종묘를 방류하면서 혼서되어 있던 종들이 유입되었거나, 신고 되지 않은 방생 등의 종교행사에서 이입된 것으로 추정되었다. 1960~70년대 이전에는 출현하지 않던 종(최와 전, 1968; 최, 1973; 전, 1980) 중에 1980년대부터 출현이 확인된 *Z. koreanus*, *Z. platypus*, *S. microdorsalis*, *L. andersoni*, *C. herzi* 5종은 1980년대 이전에 1차적으로 이입되어 20~30년 동안 분포하고 있는 것으로 확인되고 있으나(채, 2007), *P. herzi*, *P. parva*, *S. multimaculatus*, *M. mizolepis*, *S. asotus*, *O. interrupta* 등 6종은 1990년대 이후에 이식되어 최근부터 분포하고 있는 것으로 확인되었다(변과 배, 1998). 이러한 국내에 분포하는 어종의 다른 수계로 이입에 대한 연구는 채(2007)에 의하여 전국적으로 소개되었으며, 소양호에서도 총 13종의 도입종 중에 국외에서 도입된 종이 6종이고, 국내의 다른 수계에서 도입된 종은 7종이나 보고되기도 하

였다(최 등, 2003). 국내 수계에서 도입된 종 중에 *Anguilla japonica*, *Hypomesus olidus*, *P. altivelis altivelis*는 수산자원 조성 등의 목적으로 빈번하게 방류되지만, 나머지 종들은 다른 종의 방류 시에 같이 혼합되어 이입 방류된 것으로 추정되었다.

북천의 우점종을 동해 북부로 흐르는 다른 하천들과 비교하면 강릉 남대천의 경우 상류와 중류에서 모두 *R. steindachneri*가 우점종이었고, 아우점종은 *Orthrias toni*이었다(최, 1973). 본 조사수역인 고성 북천에서 1998년 조사에서는 *R. steindachneri*가 우점종, 아우점종은 *Z. platypus*이었으며(변과 배, 1998), 2006년 양양 남대천 조사에서는 최상류에서는 *R. kumgangensis*가 중·상류에서는 *Z. koreanus*, 중류에서는 *Z. platypus*가 우점종이었다(김 등, 2006a). 이러한 사실로 비교하면 최근 동해 북부로 흐르는 하천의 중류에서 우점종은 서남해로 흐르는 하천에서 새롭게 이입된 *Z. koreanus*, *Z. platypus*로 변화하고 있는 것을 확인할 수 있었다. 고성 북천의 조사지점의 어류군집을 분석한 결과 하천의 크기는 작지만 다른 수계에서 도입된 다양한 종들이 이입되어 동해로 흐르는 다른 하천의 중류와 중·하류에서 보여주는 것과 같이 다양한 종들이 분포하는 것을 알 수 있었다(남 등, 2002; 김 등, 2006).

고성 북천에 서식하는 종 중에 회유성 어류인 *T. hakonensis* 성어는 3월 중순에 하천으로 소상하는 것으로 알려져 있지만(김과 박, 2002), 본 조사에서는 5월 중순에 혼인색을 보이는 다수의 어미들이 바다에서 하천으로 소상하고 있는 것이 확인되었다. *O. keta*는 3월에 St. 4~5에서 당년생 치어 다수 채집된 것은, 양양의 냉수성어류연구센터에서 2009년도 치어를 방류한 날이 2월 16일과 3월 3일이므로, 본 조사에서 채집된 치어의 크기로 본다면 방류된 치어가 아니라 전년도에 소상하여 북천에서 자연 산란한 개체가 부화하여 채집된 것으로 추정되었다. 이후 *O. keta* 치어가 5월에 관찰되지 않는 점과 양양 남대천에 서식하는 *O. keta*가 70 mm까지 성장한 후에 4월에서 5월경에 바다로 내려간다고 보고한 결과와 비교하면(강 등, 2007), 북천의 *O. keta* 치어는 4월 말 또는 5월 초까지 하천에서 성장한 후 바다로 내려가는 것으로 추정되었다. 한편, 많은 *O. keta* 치어를 양양의 냉수성어류연구센터에서 2월부터 4월까지 양양 남대천, 고성 북천과 명파천, 강릉 연곡천 등 동해로 흐르는 하천을 중심으로 18개 하천에서 지속적으로 방류하고 있어 추후에도 지속적으로 북천에 소상할 것으로 예상되었다(강 등, 2005). *G. aculeatus*는 년 중 바다에 서식하지만, 산란기인 3~5월에 하천으로 소상하여 산란하는 것으로 알려져 있으며(김, 1977), 본 조사에 5월 출현한 개체는 산란을 위해 일시적으로 북천 하류부에 회유한 개체로 사료되었지만, 출현 개체수가 매우 희소하였다. *P. altivelis altivelis*의 크기는 섬진강과 삼척 오십천 은어보다는 작은 크기였

으나, 양양 남대천과 강릉 주수천과는 비슷한 크기로 성장함을 알 수 있었고, 이러한 성장의 차이는 하천의 규모와 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 있다(이 등, 2008).

특히 회유성 어류의 성장과 출현개체 수는 소상하는 하천에 설치된 보와 밀접한 연관이 있는데, 북천에서 본 조사 지점 중 St. 4와 St. 5에는 하천을 가로지르는 보가 설치되어 있었으며, 회유어들이 이용하는 적절한 어도가 설치되어 있지 않아서 산란시기에 소상하는 *T. hakonensis*, *G. aculeatus*의 대부분과 성장을 위하여 봄철 소상하는 *P. altivelis altivelis*가 St. 5의 상류까지 소상하지 못하는 것으로 확인되었고, 일부 소상한 개체들도 St. 4의 보 상류까지는 소상한 개체를 확인할 수 없었다. 이러한 어도가 설치되어 있지 않은 보는 회유성 어류에게 큰 장애물로 작용할 것으로 판단되고, 이들 중의 산란 및 생존을 위하여 하천의 보에 적절한 어도를 설치하는 것이 필요하였다.

요 약

강원도 고성군 북천의 어류 분포 및 군집 특성을 알아보기 위하여 2009년 3월부터 9월까지 조사를 실시하였다. 본 조사에서 확인된 어종은 모두 12과 31종이었으며, 개체수에서 우점종은 *Z. koreanus* (30.0%), 아우점종은 *P. kaibarae* (9.4%), *R. steindachneri* (9.3%)로 나타났으며, 생체량에서 우점종은 *T. hakonensis* (35.5%), 아우점종은 *Z. koreanus* (22.5%), *C. pacifica* (7.5%)였다. 출현종 중 환경부지정 멸종위기종 II급인 *P. kaibarae*와 *P. sinensis*가, 한국 고유종은 8종이 출현하였다. 회유성 어종 중 소하성 어종은 *T. hakonensis*, *O. masou masou*, *O. keta*, *G. aculeatus*가 서식하고 있었으며, 양측회유성 어류인 *P. altivelis altivelis*, *G. urotaenia*가 출현하였다. 고성 북천에 분포하지 않았던 서해와 남해로 흐르는 하천에 분포하던 종 중에 본 조사에서 서식이 확인된 *Z. koreanus*, *Z. platypus*, *S. microdorsalis*, *L. andersoni*, *C. herzi*는 1980년대 이입되었고, *P. herzi*, *P. parva*, *S. multi-maculatus*, *M. mizolepis*, *K. rotundicaudata*, *S. asotus*, *O. interrupta* 등은 1990년대 이후에 이입된 것으로 분석되었다.

사 사

본 연구는 국립수산물연구원 중앙내수면연구소 과제인「생태계관리형 내수면어업개발 및 생물다양성 증강 연구」의 일환으로 수행되었으며, 간행물등록번호는 RP-2010-FR-014호입니다. 본 조사기간 동안 현장에서 채집과 분석에 협조하여 주신 중앙내수면연구소 김해림, 이진우, 변덕규 님을 비롯하여 도움을 주신 여러분들에게 감사를 표합니다.

인 용 문 헌

- 강수경 · 양 현 · 이채성 · 최승호. 2007. 남대천 연어 (*Oncorhynchus keta*)의 치어의 먹이생물. 한국해양학회지, 12: 86-93.
- 강수경 · 이채성 · 이철호 · 허영희 · 성기백. 2005. 우리나라 연어 치어생산 방류 역사 및 현황. 연어 자원증강을 위한 한·일 전문가 초청 워크숍, 55pp.
- 김용익 · 명정구 · 한정호 · 공정락. 1996. 강릉 남대천의 어류상. 한국수산물학회지, 29: 262-266.
- 김익수. 1997. 한국동식물도감 제37권 동물편(담수어류). 교육부, 629pp.
- 김익수 · 박종영. 2002. 한국의 민물고기. 교학사, 서울, 465pp.
- 김익수 · 최 윤 · 이충렬 · 이용주 · 김병직 · 김지현. 2005. 원색한국어류대도감. 교학사, 서울, 615pp.
- 김치홍 · 이완옥 · 홍관의 · 이철호 · 김중화. 2006a. 양양 남대천의 어류상과 어류군집. 한국어류학회지, 18: 112-118.
- 김치홍 · 홍관의 · 김중화 · 김경환. 2006b. 강릉 연곡천의 어류상. 한국어류학회지, 18: 244-250.
- 남명모 · 강영훈 · 채병수 · 양홍준. 2002. 동해로 유입되는 가곡천과 마읍천에 서식하는 담수어의 지리적 분포. 한국어류학회지, 14: 269-277.
- 변화근 · 배옥이. 1998. 제2차 전국자연환경조사-고성 · 인제, 향로봉 일대의 담수어류. 환경부, pp. 1-18.
- 변화근 · 변명수. 2004. 제2차 전국자연환경조사-인제 · 양양, 방태산 일대의 담수어류. 환경부, pp. 173-204.
- 변화근 · 최재석 · 최준길. 1998. 양양남대천의 어류상과 소하성 어류의 분포 특성. 한국육수학회지, 29: 159-166.
- 이완옥 · 윤승운 · 김중화 · 김대회. 2008. 동해로 유입하는 하천과 섬진강에 서식하는 은어 *Plecoglossus altivelis*의 성장 및 산란 특성의 비교. 한국어류학회지, 20: 179-189.
- 전상린. 1980. 한국산담수어의 분포에 관하여. 중앙대학교 박사학위논문, 90pp.
- 전상린. 1982. 동해로 유입되는 소하천수계의 어류상에 관하여. 자연보존연구보고서, 4: 109-118.
- 전상린. 1983. 한국산 미꾸리과 어류의 분포와 검색에 관하여. 상명여자대학 논문집, 11: 289-321.
- 전상린. 1984. 한국산 동자개과 및 메기과 어류의 검색과 분포에 관하여. 상명여자대학 논문집, 14: 83-115.
- 채병수. 2007. 국내 서식어종의 다른 하천 수계로의 도입. 국립수산물연구원 중부내수면연구소-(사)한국민물고기보존협회 MOU체결 기념 심포지엄, 청평, 9월 20일 2007, pp. 71-90.
- 최기철. 1973. 휴전선이남에서의 담수어 지리적 분포에 관하여. 한국육수학회지, 6: 29-36.
- 최기철 · 전상린. 1968. 영동지방에 서식하는 담수어의 지리적 분포에 관한 연구. 한국동물학회지, 11: 13-21.
- 최재석 · 이광열 · 장영수 · 고명훈 · 권오길 · 김병철. 2003. 소양호의 어류군집 동태. 한국어류학회지, 15: 95-104.
- 최재석 · 변화근 · 조규승. 1995. 오십천의 하천특성과 어류군집에 관한 연구. 한국육수학회지, 28: 263-270.
- 한국수자원공사. 2007. 우리 7톱길라잡이. 한국수자원공사 조사기획처, 588pp.

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.

Nelson, J.S. 2006. *Fishes of the world*. Fourth edition. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, pp. 397-398.

Pielou, E.C., 1966. The measurement of diversity in different types

of biological collections. *J. Theoret. Biol.*, 13: 131-144.

Shanon, C.E. and W. Weaver, 1963, *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana, p. 177.

Simpson, E.H., 1949. Measurement of diversity. *Nature*, 163: 688.

可兒蒙古. 1944. 溪流性昆蟲の生態. 古川晴男編(昆蟲), 上, 研究社, 東京, pp. 171-195.