

## 고성 배봉천의 어류군집과 멸종위기어종의 서식현황

고 명 훈 · 문 신 주 · 방 인 철\*

(순천향대학교 생명시스템학과)

Fish Community Structure and Inhabiting Status of Endangered Species in Baebong Stream. Ko, Myeong-Hun, Shin-Joo Moon and In-Chul Bang\* (Department of Life Sciences and Biotechnology, Soonchunhyang University, Asan 336-745, Korea)

Fish community structure and inhabit status of endangered fish species were investigated during April to November 2011 in Baebong Stream, Gangwon do, Korea. The number of fish species inhabiting the upper section (Stations 1~3, 5) was 14 and the stream bottoms were mostly composed of cobbles and boulders (Aa-type). Meanwhile, the number of fish species inhabiting the lower section (Stations 4, 6, 7) was 26 and the stream bottoms were mostly composed of pebbles, cobbles and sand (Bb-type). A total of 26 species belonging to ten families were found in the stream during the survey period. The dominant and subdominant species were *Rhynchocypris steindachneri* (31.1%) and *Squalidus multimaculatus* (13.3%), respectively, and others such as *Pungitius kaibarae* (11.0%), *Zacco koreanus* (7.8%), *Misgurnus anguillicaudatus* (7.0%), *Iksookimia pacifica* (5.5%) and *Z. platypus* (5.3%) were followed in the order. Four species of *Squalidus multimaculatus*, *Z. koreanus*, *I. pacifica* and *Liobagrus andersoni* were endemic to Korea. And, *Lethenteron japonica*, *L. reissneri*, *Pungitius sinensis* and *Cottus hangiongensis* were endangered fish species in this stream. *Oncorhynchus keta*, *L. japonica* and *Tribolodon hakonensis* were anadromous species, and *Plecoglossus altivelis* was an amphidromous species. The similarity index based on species composition and abundance clearly divided the fish community structure of the Baebong Stream into two sections fragmented by a weir installed into the stream. It is necessary to install a fish ways on the weirs for a fish migration and movements.

**Key words :** Baebong Stream, fish community, endangered species, migratory fish

### 서 론

배봉천(부봉천)은 강원도 고성군의 동해안 최북단 휴전선 인접지역에 흐르는 하천으로 하천연장 8.8 km, 유역면적 46.78 km<sup>2</sup>의 소규모 하천이다(Kwater, 2007). 최근

까지 민간인 통제구역으로 지정되어 개발 및 환경오염이 낮고 생태계가 비교적 잘 보전되고 있는 것으로 알려져 있다(Kim and Park, 2007b). 동해안 북부 지역은 우리나라 담수어류 지리학적 구분 중 동북한 아지역(Northeast Korea Subdistrict)으로 구분되며 독특한 한국고유종 및 자생종, 회유성 어류 등이 서식하는 것으로 알려져 있다

\* Corresponding author: Tel: +82-41-530-1286, Fax: +82-41-530-1638, E-mail: incbang@sch.ac.kr

(Kim, 1997; Kim and Park, 2007a).

배봉천에 관한 어류 조사는 휴전선 인근지역의 생태계 조사 일환으로 Jo (1985)와 Jeon (1987), KFS (1995~2000), Kim and Park (2001), Song and Baek (2007), Kim and Park (2007b) 등의 연구가 이루어진 바 있으며, 환경부지정 멸종위기 야생생물 (ME, 2012)인 칠성장어 (*Lethenteron japonica*)와 다복장어 (*L. reissneri*), 한독중개 (*Cottus hangiongensis*), 가시고기 (*Pungitius sinensis*) 등과 다수의 회유성 어종이 서식하는 것으로 보고되었다. 그러나 이전의 연구는 조사가 일부 지역에 국한되거나 시기적으로 제한된 시기에만 이루어져 전체를 포괄하기에는 한계가 있었다. 또한 최근 동해로 흐르는 하천에는 하천 수해 복구 공사 이후 자원 증강을 위한 방류 및 인위적인 어류 방류 등으로 인하여 많은 어종이 무분별하게 도입되면서 생태계 교란을 야기시키는 것으로 알려지고 있는데 (Kim *et al.*, 2006a, b; Lee *et al.*, 2010), 아직까지 본 연구 대상지인 배봉천에서는 이러한 연구가 진행된 바 없다.

근래에 들어 산업화 및 인구증가로 인하여 무분별한 개발과 환경오염, 대형 댐과 하구둑의 건설, 외래종의 도입 등으로 인해 수생태계가 교란 등으로 인해 많은 담수어류들의 서식지와 개체수가 급격히 감소하여 멸종위기에 처한 것으로 보고되고 있는데 (MLTM, 2010; NIBR, 2011), 이에 환경부는 멸종위협에 처한 어류를 보호하기 위하여 1998년 12종 (멸종위기종 5종, 보호종 7종), 2005년 18종 (I급 6종, II급 12종)을 지정하였으며, 이후 2012년에 이들의 재평가를 통하여 25종 (I급 9종, II급 16종)을 지정하여 보호하고 있다 (ME, 2005, 2012). 최근 일부 멸종위기어종에 대한 보전학적 연구가 활발히 진행되고 있지만 아직까지 전반적인 연구는 부족한 실정이다 (ME, 2009, 2011; MLTL, 2010, 2011). 멸종위기종들의 체계적인 보전을 위해서는 우선적으로 멸종위기종의 분포 및 서식현황을 밝히는 것이 무엇보다 중요하다.

따라서 본 연구에서는 우선적으로 배봉천 전체를 포괄한 어류상을 조사하여 어류 군집구조의 특징과 멸종위기종과 회유성어종, 도입어종의 현황을 밝히고, 배봉천에 서식하는 멸종위기종의 생태적 특징 및 보호방안 등에 대하여 논의하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 조사시기 및 조사지점

#### 1) 조사시기

현장조사는 회유성 어종의 서식을 확인할 수 있도록

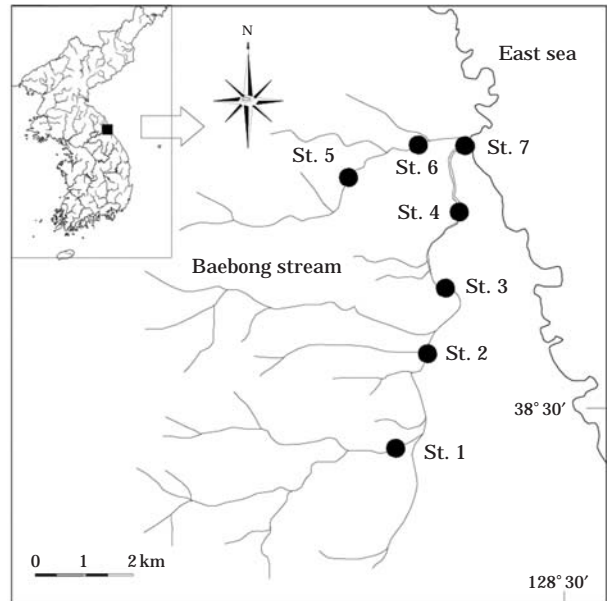


Fig. 1. The map of the sampling stations in the Baebong Stream.

2011년 4월부터 2011년 11월까지 계절별로 4회 조사를 실시하였다.

- 1차 조사: 2011년 4월 20일~21일
- 2차 조사: 2011년 7월 14일~15일
- 3차 조사: 2011년 9월 20일~21일
- 4차 조사: 2011년 11월 20일~21일

#### 2) 조사지점

조사지점은 상류부터 하류까지 다양한 서식지가 포함될 수 있도록 2~3 km 간격으로 여울과 소가 포함되게 7개 지점을 Fig. 1과 같이 선정하였으며 행정구역은 아래와 같다.

- St. 1: 강원도 고성군 현내면 마달리 (N 38° 29'40.5'', E 128° 23'38.0'')
- St. 2: 강원도 고성군 현내면 마달리 (N 38° 30'42.9'', E 128° 23'58.1'')
- St. 3: 강원도 고성군 현내면 배봉리 (N 38° 31'35.9'', E 128° 23'53.4'')
- St. 4: 강원도 고성군 현내면 배봉리 (N 38° 32'15.4'', E 128° 24'11.6'')
- St. 5: 강원도 고성군 현내면 명파리 (N 38° 32'35.2'', E 128° 23'27.8'')
- St. 6: 강원도 고성군 현내면 명파리 (N 38° 32'41.6'', E 128° 23'57.2'')

**Table 1.** Physical characteristics of sampling stations in the Baebong Stream.

Stations	River width (m)	Water width (m)	Water depth (m)	River types*	Bottom substratum (%)**					
					M	S	G	P	C	B
St. 1	20~30	10~15	0.3~1.5	Aa	-	-	10	20	50	20
St. 2	30~40	15~20	0.3~1.5	Aa	-	-	20	30	40	10
St. 3	80~100	30~50	0.3~1.0	Aa-Bb	-	-	10	10	60	20
St. 4	40~50	15~25	0.3~2.0	Bb	20	10	20	30	15	5
St. 5	30~35	5~10	0.3~0.5	Aa	-	30	20	15	30	5
St. 6	30~40	10~20	0.2~0.7	Bb	10	20	10	30	20	10
St. 7	80~100	60~80	1.0~2.0	Bc	30	20	10	20	15	5

\*Kani (1944), \*\*M: Mud (~0.1 mm), S: Sand (0.1~2 mm), G: Gravel (2~16 mm), P: Pebble (16~64 mm), C: Cobble (64~256 mm), B: Boulder (256<mm).

St. 7: 강원도 고성군 현내면 명파리 (N 38° 32'39.6",  
E 128° 24'14.2")

Ltd, UK)을 사용하여 지점들 간의 유사도 관계를 분석하였다.

## 2. 조사방법

### 1) 서식지의 환경요인

서식지의 수문학적 환경요인은 하폭 및 유폍, 수심, 하상구조 등을 현장에서 조사하였고, 하폭 및 유폍을 정밀하게 측정하기 위하여 거리 측정용 망원경 (Yardage pro Tour XL, BUSHNELL, Japan)을, 수심은 줄자를 이용하였다. 하천형은 Kani (1944)에 따라, 하상구조는 Cummins (1962)의 방법을 응용하여 현장에서 육안으로 구분하였다. 수환경요인은 디지털온도계 (T-250A, ASAHI, Japan)와 수질측정기 (YSI 556MPS, YSI, USA)를 이용하여 기온과 수온, 전기전도도 (conductivity), 용존산소량 (DO), pH 등을 조사하였으며, 전기전도도는 정수로, 수온과 용존산소량은 소수점 첫째 자리까지, pH는 소수점 둘째 자리까지 측정하였다.

### 2) 어류의 채집 및 분류

어류의 채집은 정량조사를 위하여 조사지점 당 100 m 구간에서 투망 (망목 5×5 mm) 10회와 족대 (망목 1×1, 4×4 mm) 30분을 실시하였다. 채집된 어류는 현장에서 동정 후 생태계 보전을 위해 대부분 방류하였고, 채집된 어류는 Kim *et al.* (2005)과 Kim and Park (2007a), Kim (2009), Lee (2010) 등에 따라 동정하였으며, 분류체계는 Nelson (2006)을 따랐다.

### 3) 군집분석 및 유사도 분석

군집분석은 각 조사지점에서 출현한 종과 개체수를 기준으로 군집우점도 (McNaughton, 1967)와 종다양도 (Margalef, 1958), 종균등도 (Pielou, 1966), 종풍부도 (Margalef, 1958)를 산출하였으며, Primer 5.0 프로그램 (PRIMER-E

## 결 과

### 1. 조사지점의 서식환경

배봉천은 대부분 산으로 둘러싸여 있어 평지가 적었으며 특별한 오염원이 없어 물이 맑았다. 조사수역 중 St. 1~3, St. 5는 배봉천 상류지역으로 주위는 대부분 산으로 둘러싸여 있고 하천주변으로 일부 논과 밭이 있었으며, 하천형은 대체로 Aa형으로 소와 여울이 짧게 반복적으로 나타나고 유속은 빨랐다. 유폍은 5~50 m, 수심은 0.3~1.5 m였으며, 하상의 비율은 돌 (cobble, 64~256 mm)이 30~60%로 가장 높았고 그 다음으로 자갈 (pebble, 16~64 mm)과 잔자갈 (gravel, 2~16 mm), 큰돌 (boulder, 256<mm)의 순으로 높았다. St. 4와 St. 6에는 주위에 비교적 논의 많았으며 하천형은 Bb형으로 큰 여울과 소가 반복적으로 나타났다. 두 지점 모두 하천을 가로 지르는 보가 설치되어 있었는데, St. 6에는 어도가 없었고 St. 4에는 어도가 설치되어 있었지만 거의 물이 흐르지 않아 어류들의 이동을 제한하였다. 유폍은 10~25 m이고 수심 0.2~2.0 m, 하상은 자갈과 돌의 비율이 높았지만 일부 지역은 모래와 펄로 이루어져 있었다. St. 7은 최하류 지역으로 주위에 비교적 농경지가 많았으며 거의 물의 흐름이 없는 Bc형이었다. 유폍은 60~80 m로 넓었으며, 수심은 1~2 m, 하상은 펄이 30%로 가장 높았으며 그 다음으로 모래와 자갈이 높은 비율로 구성되어 있었다 (Table 1).

조사기간 중 수온은 4월에 7.7~10.8°C로 낮았으나 7월은 17.8~19.1°C로 높았고, 이후 9월은 14.0~16.9°C, 11월은 7.2~8.6°C로 점점 낮아졌다. 지점별 수온은 큰 차이 없이 대체로 유사한 경향을 보였으며, 가장 더운 7월의

**Table 2.** Water quality measured at the sampling stations in the Baebong Stream.

Measurement items		Stations						
		St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7
Water temperature (°C)	Apr.	7.7	8.4	8.1	8.7	9.0	10.8	7.2
	Jul.	18.6	19.0	18.7	19.1	17.9	18.4	17.8
	Sep.	16.3	16.9	15.8	16.0	15.0	15.0	14.0
	Nov.	7.4	8.2	7.7	7.7	7.7	8.6	7.2
Conductivity ( $\mu\text{s} \cdot \text{cm}^{-1}$ )	Apr.	34	42	44	46	42	45	48
	Jul.	40	61	66	75	37	74	75
	Sep.	36	50	56	47	44	48	47
	Nov.	34	46	49	48	41	44	57
DO ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	Apr.	11.4	11.0	10.9	10.6	11.9	11.8	12.0
	Jul.	8.9	8.6	7.8	8.0	8.8	8.7	8.3
	Sep.	10.4	10.0	9.9	10.2	10.6	10.7	9.8
	Nov.	13.3	10.0	10.1	12.2	13.7	13.3	12.6
pH	Apr.	4.91	4.62	4.75	7.26	4.80	4.61	5.55
	Jul.	5.15	5.33	4.63	5.92	5.31	4.71	5.30
	Sep.	3.49	4.05	4.77	9.98	5.34	6.53	4.25
	Nov.	3.29	3.33	7.08	7.28	6.56	6.73	7.30
Salinity	Apr.	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
	Jul.	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02
	Sep.	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03
	Nov.	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04

수온이 20°C를 넘지 않았다. 전기전도도(conductivity)는 4월과 9월, 11월은 34~57  $\mu\text{s} \cdot \text{cm}^{-1}$ , 7월은 40~75  $\mu\text{s} \cdot \text{cm}^{-1}$ 로 나타나 7월이 약간 높았으나 전체적으로 매우 낮았으며 지점별로 큰 차이를 보이지 않았다. 용존산소량(DO)은 7월이 7.8~8.9  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 로 가장 낮았고 11월이 10.0~13.7  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 로 가장 높게 나타나 수온변화와 반대였으며 지점별로 큰 차이를 보이지 않았다. pH는 대체로 3.3~7.0으로 낮게 나타났으며 일부 지점에서만 7.0 이상으로 나타나 지점별로 차이를 보였다. 염도는 모두 0.02~0.04%로 나타나 순 담수지역이었다(Table 2).

## 2. 종조성 및 서식현황

### 1) 종조성

본 조사에서 채집된 어류는 Table 3과 같이 모두 10과 26종 6,845개체였다. 출현한 어종 중 잉어과(Cyprinidae)가 7종(26.9%)으로 가장 많았으며, 그 다음으로 망둑어과(Gobiidae)가 6종(23.1%), 미꾸리과(Cobitidae) 3종, 종개과(Balitoridae)와 큰가시고기과(Gasterosteidae)가 2종(7.7%), 통가리과(Amblycipitidae)와 바다빙어(Osmeridae)과, 연어과(Salmonidae), 독중개과(Cottidae)가 1종(3.9%)씩 출현하였다. 우점종은 버들개(*Rhynchocypris steindachneri*, 31.1%), 아우점종은 점물개(*Squalidus multicaulatus*, 13.3%)와 잔가시고기(*Pungitius kaibarae*, 11.0%)

였으며, 그 다음으로 참갈겨니(*Zacco koreanus*, 7.8%), 미꾸리(*Misgurnus anguillicaudatus*, 7.0%), 북방종개(*Iksookimia pacifica*, 5.5%), 피라미 *Z. platypus*, 5.3%) 등의 순으로 우세하게 출현하였다(Fig. 2C). 우리나라 고유종은 점물개와 참갈겨니, 북방종개, 통가리(*Liobagrus andersoni*) 4종이었으며, 환경부지정 멸종위기어류는 칠성장어(*Lethenteron japonica*)과 다목장어(*L. reissneri*), 가시고기(*Pungitius sinensis*), 한독중개(*Cottus hangiongensis*) 4종이 출현하였다. 또한 소하성 어류(anadromous fish)로 칠성장어와 연어(*Oncorhynchus keta*), 황어(*Tribolodon hakonensis*) 3종이, 양측회유성 어류(amphidromous fish)는 은어(*Plecoglossus altivelis*)가 서식하고 있었다.

### 2) 조사지점별 출현어류

지점들간 유사도 분석 결과에 따라 상류수역과 하류수역으로 구분하였다(Fig. 5). 상류지역은 St. 1~3과 지류인 St. 5가 포함되었으며, St. 1과 St. 2는 8종, St. 3은 12종, St. 5는 10종이 출현하였다. 우점종은 공통적으로 버들개(48.8%)였으며, 아주점종은 참갈겨니(26.5%)였고, 그 다음으로 북방종개(7.1%), 밀어(*Rhinogobius brunneus*, 6.1%), 잔가시고기(5.7%), 미꾸리(3.8%) 등의 순으로 우세하게 서식하고 있었다(Fig. 2A). 하류지역은 St. 4와 St. 6, St. 7이 포함되었으며, St. 4에서는 24종, St. 6에서는 21종, St. 7에서는 16종이 출현하여 상류수역보다 많은

**Table 3.** List of fish species and the number of fish collected in the Baebong Stream.

Scientific name	Stations							Total	RA*	Remarks**
	1	2	3	4	5	6	7			
Petromyzonidae										
<i>Lethenteron japonica</i>				14				14	0.2	En, An
<i>Lethenteron reissneri</i>			2	242	14	83	3	344	5.0	En, L
Cyprinidae										
<i>Carassius auratus</i>				4		8	31	43	0.6	
<i>Squalidus multimaculatus</i>			15	330		405	160	910	13.3	E
<i>Tribolodon hakonensis</i>				7		1		8	0.1	An
<i>Rhynchocypris steindachneri</i>	200	139	185	423	343	840	3	2133	31.1	
<i>Aphyocypris chinensis</i>							27	27	0.4	
<i>Zacco platypus</i>		4	20	237		45	55	361	5.3	
<i>Zacco koreanus</i>	160	189	140	3	35	5		532	7.8	E
Balitoridae										
<i>Orthrias toni</i>					8	2		10	0.2	
<i>Lefua costata</i>	4			25	14	95	11	149	2.2	
Cobitidae										
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	1		1	142	74	187	78	483	7.0	
<i>Misgurnus mizolepis</i>				10		1	29	40	0.6	
<i>Iksookimia pacifica</i>	18	23	23	80	77	155		376	5.5	E
Amblycipitidae										
<i>Liobagrus andersoni</i>	2	15	17	52				86	1.3	E
Osmeridae										
<i>Plecoglossus altivelis</i>				25		17		42	0.6	Am
Salmonidae										
<i>Oncorhynchus keta</i>				22			24	46	0.7	An
Gasterosteidae										
<i>Pungitius sinensis</i>				3		1		4	0.1	En
<i>Pungitius kaibarae</i>		35	77	195		355	93	755	11.0	
Cottidae										
<i>Cottus hangiongensis</i>	10	1	3	90	7	24		135	2.0	En
Gobiidae										
<i>Gymnogobius breunigii</i>				3			3	6	0.1	
<i>Gymnogobius urotaenia</i>				17		25	13	55	0.8	
<i>Gymnogobius petschiliensis</i>				8		15	3	26	0.4	
<i>Gymnogobius opperiens</i>			1	9	3	51		64	0.9	
<i>Rhinogobius brunneus</i>	28	37	36	57	19	17	2	196	2.9	L
<i>Tridentiger brevispinis</i>				4		4	5	13	0.2	
No. of individuals	423	443	520	1989	594	2336	540	6845	100	
No. of species	8	8	12	24	10	21	16	26		

\*Relative abundance (%), \*\*E: endemic, En: endangered, An: anadromous, Am: amphidromous, L: land-locked (Kim and Park, 2007a)

어류가 서식하고 있었다. 하류지역의 우점종은 버들개 (26.0%), 아우점종은 점물개 (18.4%)와 잔가시고기 (13.2%) 였고, 그 다음으로 미꾸리 (8.4%), 피라미 (6.9%), 다목장어 (6.7%), 북방종개 (4.8%) 등의 순으로 우세하게 서식하였다 (Fig. 2B).

### 3) 계절별 출현어류

계절별로 출현한 어종들은 Fig. 3에 나타내었는데, 봄 (4월)에는 9과 24종 2,134개체가 채집되었으며, 우점종은

버들개 (46.5%), 아우점종은 잔가시고기와 미꾸리 (11.6%), 그 다음으로 다목장어 (5.1%), 쌀미꾸리 (3.7%), 점물개 (3.3%), 북방종개 (2.6%) 등의 순으로 출현하였다 (Fig. 3A). 산란을 위해 여울로 소상한 다목장어 성어 (30개체)와 칠성장어 성어 (13개체)가 이때 채집되었다 (Fig. 4). 또한 회유성 어류인 연어의 치어는 전장 25~50 mm (n=30)로 St. 4와 St. 7에서 채집되었으며, 산란을 위해 소상한 황어의 성어 (전장 340~360 mm)도 소수 채집되었다.

여름 (7월)에는 8과 22종 2,158개체가 채집되었으며, 우

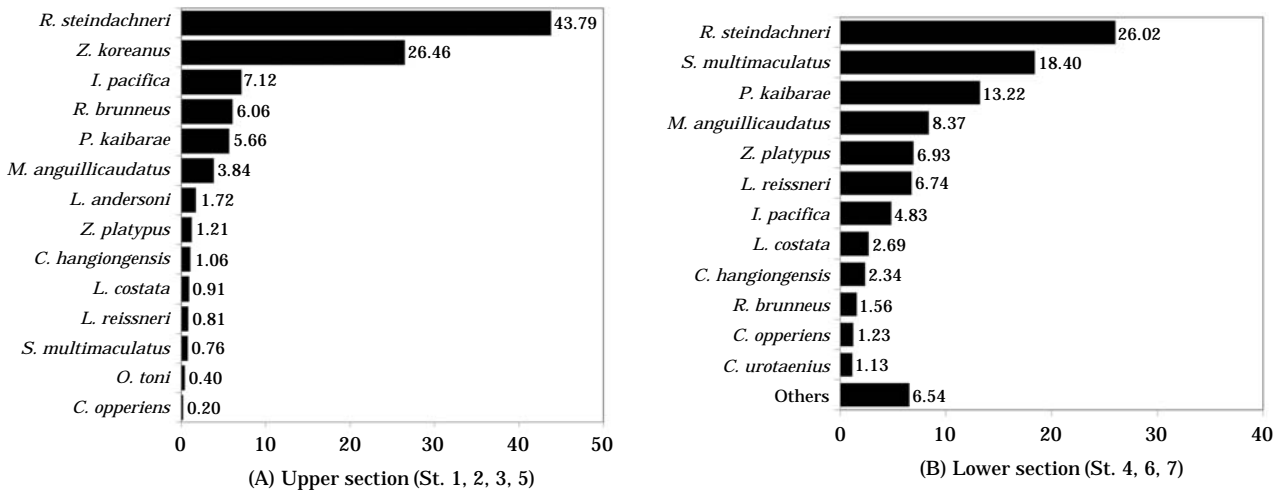


Fig. 2. Relative abundance of fish species in the upper (A) and lower section (B) of Baebong Stream.

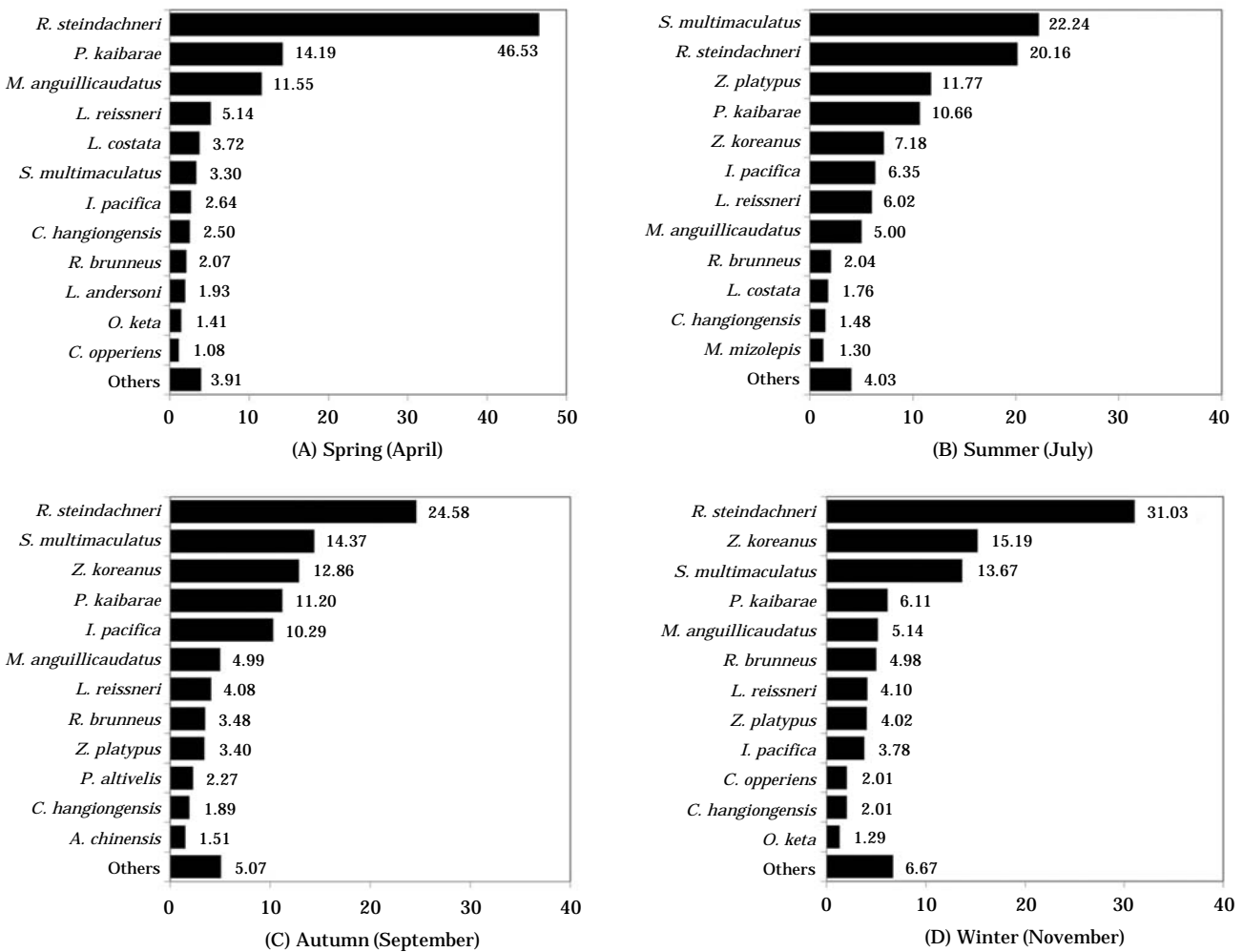
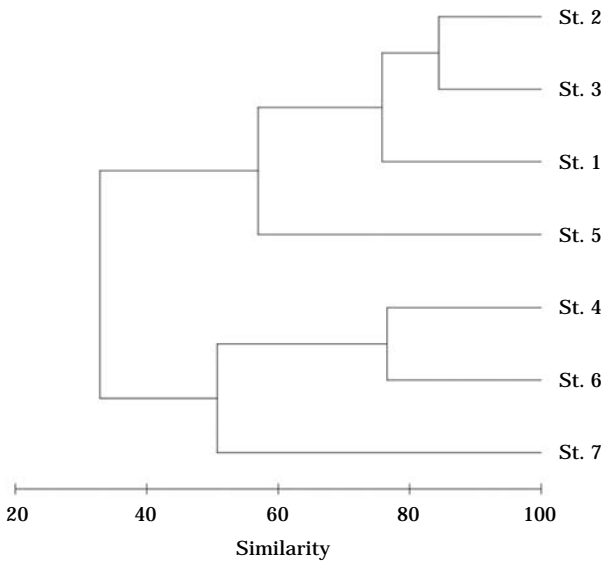


Fig. 3. Relative abundance of fish species in the spring (A), summer (B), autumn (C), and winter (D) of Baebong Stream.

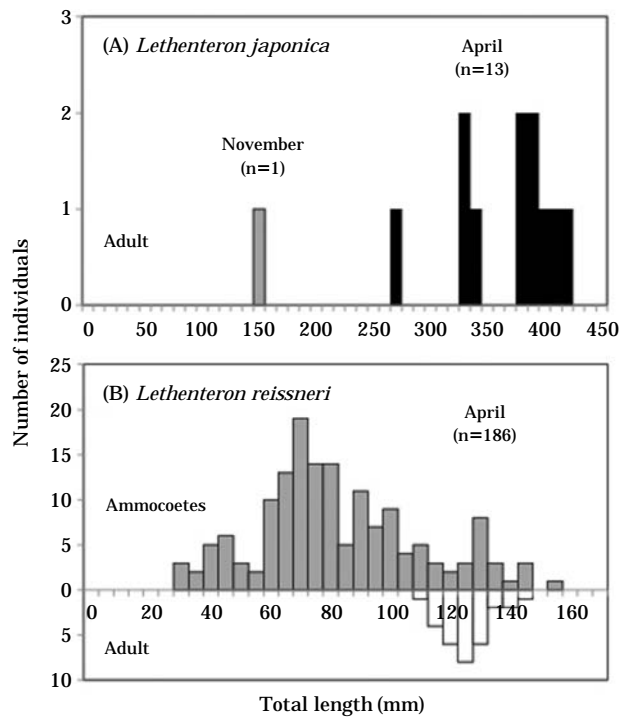


**Fig. 4.** Dendrogram based on the cluster analysis of similarity index in the sampling stations of Baebong Stream.

점종은 점물개 (22.2%), 아우점종은 버들개 (20.2%), 그 다음으로 피라미 (11.8%)와 잔가시고기 (10.7%), 참갈겨니 (7.2%), 북방종개 (6.3%), 다목장어 (6.0%) 순으로 우세하게 출현하였다 (Fig. 3B). 이때 황어 치어는 전장 20~45 mm (n=6)로 St. 4와 St. 7에서 소수 채집되었다.

가을 (9월)에는 9과 21종 1,322개체가 채집되었으며, 우점종은 버들개 (24.4%), 아우점종은 점물개 (14.4%)와 참갈겨니 (12.9%), 그 다음으로 잔가시고기 (11.2%), 북방종개 (10.3%), 미꾸리 (5.0%), 다목장어 (4.1%), 피라미 (3.4%) 등의 순으로 우세하게 출현하였다 (Fig. 3C). 가을에 처음으로 양측회유성 어류인 은어가 St. 4와 St. 6에서 채집되었으며 전장 125~215 mm (n=30)의 성어였다.

겨울 (11월)에는 10과 25종 1,244개체가 채집되었으며, 우점종은 버들개 (31.0%), 아우점종은 참갈겨니 (15.2%), 그 다음으로 점물개 (13.7%)와 잔가시고기 (6.1%), 미꾸리 (5.1%), 밀어 (5.0%), 다목장어 (4.1%), 피라미 (4.0%), 북방종개 (3.8%) 등의 순으로 우세하게 출현하였다 (Fig. 3D). 이때 은어는 St. 4와 St. 6에서 12개체가 채집되었으며, 소하성 어류인 칠성장어도 1개체가 St. 4에서 채집되었다. 소하성 어류인 연어는 St. 4와 7에서 채집되었고 전장 43~55 cm (n=16)였으며, St. 4에서는 산란장이 관찰되었다. 산란장은 느린 여울부인 유속 10~20 cm sec<sup>-1</sup>, 수심 25~30 cm인 곳에서 5개가 관찰되었는데, 산란장 크기는 지름 100~120 cm의 원형 또는 타원형이었으며, 하상은 4~10 cm의 자갈과 돌로 이루어진 곳이었다.



**Fig. 5.** Length frequency distribution of *Lethenteron japonica* and *L. reissneri* sampled from the Baebong Stream.

**3. 군집분석 및 유사도 분석**

지점별로 출현한 우점종은 Table 4와 같이 버들개가 5개 지점에서 우점종으로 출현하였고 그 밖에 참갈겨니와 점물개가 각각 1개 지점에서 우점종으로 나타났다. 아우점종은 참갈겨니와 점물개가 2개 지점에서, 버들개와 북방종개, 미꾸리가 각각 1개 지점에서 나타났다. 우점도지수 (dominance index)는 St. 1에서 0.85로 가장 높았고 St. 2와 St. 3, St. 5에서 0.63~0.74로 높게 나타났으나 하류지역인 St. 4와 St. 6, St. 7에서는 0.38~0.53으로 비교적 낮게 나타났다. 다양도 지수 (diversity index)는 St. 4에서 2.39로 가장 높았으며 St. 6과 St. 7에서 2.01~2.13으로 비교적 높게 나타났으나 상류수역인 St. 2와 St. 3, St. 5에서는 1.43~1.74로 낮았고 St. 1에서는 1.21로 가장 낮게 나타났다. 균등도 지수 (evenness index) St. 7에서 0.77로 가장 높았고 그 다음으로 St. 4와 St. 2, St. 3에서 0.70~0.75로 높았으나 St. 1과 St. 5, St. 6에서는 0.58~0.66으로 낮게 나타났다. 종풍부도 지수 (species richness index)는 St. 4에서 3.03으로 매우 높게 나타났고 St. 6과 St. 7에서 2.38~2.58로 비교적 높았으나 상류수역인 St. 1~St. 3, St. 5에서는 1.15~1.76으로 낮게 나

**Table 4.** Dominant and sub-dominant species at the sampling stations in the Baebong Stream.

Stations	Dominant species (%)	Sub-dominant species (%)
St. 1	<i>Rhynchocypris steindachneri</i> (47.3)	<i>Zacco koreanus</i> (37.8)
St. 2	<i>Zacco koreanus</i> (42.7)	<i>Rhynchocypris steindachneri</i> (31.4)
St. 3	<i>Rhynchocypris steindachneri</i> (35.6)	<i>Zacco koreanus</i> (26.9)
St. 4	<i>Rhynchocypris steindachneri</i> (21.1)	<i>Squalidus multimaculatus</i> (16.5)
St. 5	<i>Rhynchocypris steindachneri</i> (57.7)	<i>Iksookimia pacifica</i> (13.0)
St. 6	<i>Rhynchocypris steindachneri</i> (36.0)	<i>Squalidus multimaculatus</i> (17.3)
St. 7	<i>Squalidus multimaculatus</i> (29.6)	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i> (17.2)

**Table 5.** Fish community structure at the sampling stations in the Baebong Stream.

Index	Stations						
	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7
Dominance index	0.85	0.74	0.63	0.38	0.71	0.53	0.47
Diversity index	1.21	1.46	1.74	2.39	1.43	2.01	2.13
Evenness index	0.58	0.70	0.70	0.75	0.62	0.66	0.77
Species richness index	1.16	1.15	1.76	3.03	1.41	2.58	2.38

타났다 (Table 5).

Primer 5.0를 이용하여 군집유사도를 계산한 결과는 Fig. 4에 나타내었다. St. 1~St. 3, St. 5는 상류수역으로 우점도는 높지만 다양도지수와 균등도 지수, 종풍부도 지수는 낮게 나타났고, St. 4, St. 6, St. 7은 하류수역으로 우점도는 낮지만 다양도 지수와 균등도 지수, 종풍부도 지수는 높게 나타나 크게 두 개의 그룹으로 구분되었다.

#### 4. 멸종위기어류의 서식현황 및 서식지 특징

배봉천에 출현한 환경부 지정 멸종위기어류는 칠성장어와 다목장어, 한독중개, 가시고기 4종이었다. 칠성장어는 봄(4월)에 산란을 위하여 소상한 개체가 St. 4의 자갈과 돌이 깔려있는 여울부에서 13개체가 채집되었다. 이들의 크기는 전장 278~423 mm였으며, 산란장을 만들어 산란하는 개체들이 다수 관찰되었다. 또한 11월에는 St. 4의 낙엽과 펄이 쌓여 있는 소(수심 80 cm)에서 1개체(전장 150 mm)가 채집되었는데, 눈과 지느러미는 모두 생성이 되었으나 치식(dental formula)은 불완전하였다(Fig. 5A).

다목장어는 중·하류 지역인 St. 3~7에서 345개체가 채집되었는데, 특히 St. 4와 St. 6에 많은 개체가 서식하고 있어 주목되었다. 다목장어는 유생과 성어가 함께 채집되었는데 성어는 주로 봄에만 채집되었고 유생은 모든 계절에서 다수 채집되었다. 성어가 채집된 봄에는 유생 87개체와 성어 22개체가 채집되었으며 추가조사로 유생 69개체, 성어 8개체가 채집되었다. 유생은 전장 30~160 mm였으며 소 지역(수심 20~100 cm)의 유속이 거의 없

고 하상이 펄과 모래이고 낙엽이 많이 쌓인 곳에서 대부분 채집되었으나, 성어는 전장 114~150 mm으로 자갈과 돌이 깔려있는 여울에서 채집되고 일부 개체는 산란장을 만들어 산란하는 모습이 관찰되었다(Fig. 5B).

한독중개(n=135)는 최하류를 제외하고 St. 1~6의 여울부에서 계절별로 모두 채집되었는데, 특히 하류부인 St. 4와 St. 6의 유속이 빠르고 수심 15~30 cm인 큰돌과 돌이 쌓인 곳에 많이 서식하고 있었다. 4월에는 한독중개의 산란장이 다수 관찰되었는데, 산란된 알은 돌 아래에 한 층으로 붙어 있었으며 수컷이 산란장을 지키고 있었다.

가시고기는 St. 4와 St. 6에서 4개체가 출현하였는데, 서식지는 유속이 느리고 수심 20~50 cm의 달뿌리풀과 버드나무 등의 수초가 있는 수변부였으며, 잔가시고와 함께 서식하고 있었다.

## 고 찰

배봉천의 어류에 관한 연구는 1985년부터 대부분 휴전선 및 민통선 일대의 조사 일환으로 진행되었으며, Jo (1985)가 6과 9종, Jeon (1987)이 6과 9종, KFS (1995~2000)가 5과 10종, Kim and Park (2001)이 5과 8종, Song (Personal communication)이 9과 17종, Kim and Park (2007b)이 8과 12종이 서식하는 것으로 보고하였다(Table 6). 그러나 조사지점이 대부분 1개 지점이고 조사 시기도 한 차례만 조사하여 배봉천 전체의 어류상 및 군집을 파악하기에는 한계가 있었다. 본 조사에서는 배봉천에서 7



**Table 6.** Historical record of ichthyofauna in the Baebong Stream from 1985 to 2011.

Scientific name	Jo (1985)	Jeon (1987)	KFS (1995~ 2000)	Kim and Park (2001)	Song*	Kim and Park (2007b)	Present Study	Remarks**
<b>Petromyzonidae</b>								
<i>Lethenteron japonica</i>		●		●	●		●	En, An
<i>Lethenteron reissneri</i>					●	●	●	En, L
<b>Cyprinidae</b>								
<i>Carassius auratus</i>	●						●	
<i>Squalidus multimaculatus</i>							●	E, In
<i>Tribolodon hakonensis</i>					●	●	●	An
<i>Rhynchocypris steindachneri</i>	●	●		●	●	●	●	
<i>Aphyocypris chinensis</i>							●	In
<i>Zacco platypus</i>							●	In
<i>Zacco koreanus</i>							●	E, In
<b>Balitoridae</b>								
<i>Orthrias toni</i>							●	
<i>Lefua costata</i>		●		●	●		●	
<b>Cobitidae</b>								
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	●			●	●	●	●	
<i>Misgurnus mizolepis</i>							●	
<i>Iksookimia pacifica</i>	●	●		●	●		●	E
<b>Amblycipitidae</b>								
<i>Liobagrus andersoni</i>						●	●	E
<b>Osmeridae</b>								
<i>Hypomesus nipponensis</i>					●			
<i>Plecoglossus altivelis</i>	●		●		●		●	Am
<b>Salmonidae</b>								
<i>Oncorhynchus masou masou</i>			●					An
<i>Oncorhynchus keta</i>					●	●	●	An
<b>Mugilidae</b>								
<i>Mugil cephalus</i>	●							
<b>Gasterosteidae</b>								
<i>Gasterosteus aculeatus</i>					●			An
<i>Pungitius sinensis</i>		●	●			●	●	En
<i>Pungitius kaibarae</i>				●	●		●	En
<b>Cottidae</b>								
<i>Cottus koreanus</i>			●					E, En
<i>Cottus hangiongensis</i>		●	●		●	●	●	En, L
<b>Centropomidae</b>								
<i>Coreoperca herzi</i>	●							E, In
<b>Gobiidae</b>								
<i>Gymnogobius breunigii</i>						●	●	
<i>Gymnogobius urotaenia</i>	●	●	●	●	●	●	●	
<i>Gymnogobius petschiliensis</i>			●				●	
<i>Gymnogobius opperiens</i>			●				●	
<i>Rhinogobius brunneus</i>		●	●	●	●	●	●	L
<i>Tridentiger obscurus</i>	●	●			●			
<i>Tridentiger brevispinis</i>			●		●	●	●	
No. of Family	6	7	5	6	9	8	10	
No. of species	9	9	10	8	17	12	26	

\*Personal communication, \*\*E: endemic, En: endangered, An: anadromous, Am: amphidromous, L: land-locked, In: introduced (Kim and Park, 2007a)

개 지점을 선정하여 계절별로 4회에 걸쳐 조사를 실시하였으며, 조사결과 10과 26종을 채집하여 이전보다 많은 종이 서식하는 것을 확인하였다.

이전 조사에서 출현하였으나 본 조사에서 출현하지 않은 종은 빙어 (*Hypomesus nipponensis*)와 송어 (*Oncorhynchus masou masou*), 송어 (*Mugil cephalus*), 큰가시고기 (*Gasterosteus aculeatus*), 독중개 (*Cottus koreanus*), 꺾지 (*Coreoperca herzi*), 검정망둑 (*Tridentiger obscurus*) 7종이었다. 이중 빙어와 송어, 큰가시고기, 검정망둑은 주로 기수역에 서식하는 어류로 본 조사지역이 기수역까지 포함되지 않았기 때문에 출현하지 않은 것으로 판단되며, 꺾지는 Jo (1985)의 출현기록이 있으나 이후 더 이상의 채집기록이 없기 때문에 자연도태된 것으로 추정된다. 또한 독중개는 KFS (1995~2000)가 배봉천 상류에 출현하는 것으로 보고하였으나 이후 Kim *et al.* (1999)은 이들의 형태적 특징을 분석한 결과 배봉천 상류에 서식하는 독중개류는 대란형의 특징을 가져 구분되나 다른 형태적 형질은 한독중개와 유사하여 육봉화된 한독중개로 추정한다 바 있기 때문에 배봉천에는 독중개가 서식하지 않는 것으로 판단된다.

이전 조사에서 출현하지 않았으나 본 조사에서 출현한 어종은 피라미 (*Zacco platypus*)와 참갈겨니 (*Zacco koreanus*), 점몰개 (*Squalidus multimaculatus*), 왜몰개 (*Aphyocypris chinensis*), 종개 (*Orthrias toni*) 5종이었다. 종개는 동해안 북부의 하천들의 중·상류 여울에 많이 서식하는 종으로 이전에도 서식하였으나 세밀한 조사가 이루어지지 않아 출현기록이 없었던 것으로 판단된다. 피라미와 참갈겨니는 동해안지역에 서식하지 않았으나 최근 인근하천인 북천과 양양남대천, 연곡천 등에 도입되어 폭발적으로 증가하는 것으로 보고되고 있으며 (Kim *et al.*, 2006a, b; Lee *et al.*, 2010), 점몰개는 동해안 남부의 형산강과 회야강, 영덕오십천, 축산천, 송천천 등에만 서식하는 어류 (Kim and Park, 2007a)로 최근 도입되어 급격히 증가한 것으로 보이며 인근 하천인 고성 북천에도 도입되어 소수 서식하는 것이 보고되었다 (Lee *et al.*, 2010). 왜몰개는 우리나라 서남해로 유입되는 하천에 주로 서식하는 어류 (Kim *et al.*, 2005)로 아직까지 동해로 도입된 기록이 없었다. 최근 동해안으로 흐르는 하천에는 하천 수해복구 공사 이후 자원 증강을 위한 방류 및 인위적인 방류 등으로 인하여 많은 어종이 무분별하게 도입된 것으로 보고되어 있는데 (Kim *et al.*, 2006a, b; Lee *et al.*, 2010), 배봉천에도 이러한 원인으로 이들 종들이 도입된 것으로 판단된다. 또한 배봉천에 출현한 우점종을 보면 상류부에 버들개 (*Rhynchocypris steindachneri*)와 참갈겨니, 하류부에 버들개

와 점몰개로 나타나고 있어 도입어종이 상당히 높은 비율로 서식하고 있으며 어류군집 및 생태계에 많은 영향을 주었을 것으로 판단된다.

동해안 하천에 서식하는 환경부 지정 멸종위기어류는 칠성장어 (*Lethenteron japonica*)와 다목장어 (*L. reissneri*), 가시고기 (*Pungitius sinensis*), 한독중개 (*Cottus hangiongensis*) 4종이 서식하는 것으로 알려졌는데 (Kim and Park, 2007a; ME, 2012), 본 조사지역에서는 이들 종의 서식이 모두 확인되었다.

칠성장어는 최근 동해안 일대에서 급격히 감소하여 고성 배봉천과 양양 남대천, 강릉 연곡천에서만 출현기록이 있는데 (NIBR, 2011), 본 조사에서 14개체의 비교적 많은 개체가 채집되었다. 칠성장어는 하천에서 유생기를 보내고 변태이후 바다로 내려가 성장한 후 다시 하천으로 소상하여 산란하며, 성어의 크기가 40~50 cm에 달하는 것으로 알려졌다 (Kim and Park, 2007a). 11월에 채집된 개체는 전장 15 cm로 낙엽과 펄이 쌓여 있는 곳에서 채집되었으며 치식이 불완전한 것으로 보아 유생에서 성어로 변태한 지 얼마 안된 개체로 판단된다. 또한 4월에는 전장 278~423 mm의 성어 13개체가 채집되어 개체크기의 변이가 컸으며, 이들은 자갈과 돌이 깔린 여울에서 모두 채집되었고 일부 개체는 산란을 하고 있는 모습이 관찰되어 모두 산란을 하기 위해 바다에서 소상한 개체들로 판단된다.

다목장어는 담수에만 서식하는 육봉형으로 우리나라에서는 제주도를 제외한 모든 곳에 서식하는 것으로 보고되었으나 최근 개체수가 급격히 감소하는 것으로 보고되고 있다 (NIBR, 2011). 동해안에서는 고성 배봉천과 양양 남대천, 강릉연곡천, 강릉남대천, 강릉주수천, 삼척오십천 등에 서식하는 것으로 보고되었으나 (ME, 1990s~2009; Shim, 1992), 2011년 정밀조사를 실시한 결과 배봉천에서만 서식이 확인되고 있다 (MLTL, 2011). 본 조사결과 배봉천에는 비교적 큰 다목장어 집단이 서식하고 있는 것으로 추정되며, 4월에는 자갈과 돌이 깔린 여울지역에서 다목장어 성어들이 산란을 하고 있는 모습이 다수 관찰되었으며 낙엽이 쌓인 모래와 펄의 소에 다목장어 유생이 집단으로 서식하고 있어 주목되었다.

한독중개는 동해안의 하천에 폭넓게 분포하고 있었으나 최근 수질오염 및 하천공사 등으로 인해 서식지가 급격히 감소하는 것으로 보고되고 있다 (NIBR, 2011). 배봉천에서는 상류부터 하류까지 폭넓게 서식하고 있었으며 특히 하류부의 돌과 큰돌이 깔린 여울부에는 많은 개체가 채집되어 집단서식지로서 주목된다.

가시고기는 동해안의 하천에 폭넓게 서식하는 것으로

알려졌으나 최근 하상공사와 골재채취, 수질오염 등의 서식지 파괴로 인해 서식지가 감소하는 것으로 보고되고 있는데 (NIBR, 2011), 배봉천에는 하류수역의 수초가 있는 수변부에서 서식하고 있었다. 이렇게 다양한 멸종위기종과 다수의 개체가 배봉천에 서식하는 것은 최근까지 이 지역이 군사접경지역으로 사람의 왕래가 제한되고 개발압이 매우 낮아 비교적 자연환경이 잘 보존되었기 때문으로 판단되며, 추후 이 지역의 멸종위기종의 서식지 보호구역 지정 등 적극적인 보호와 지속적인 관심이 필요하다고 판단된다.

동해안의 하천은 다른 하천과 달리 많은 회유성 어류가 서식하는 것으로 알려져 왔는데 (Choi *et al.*, 1995; Kim *et al.*, 1996; Nam *et al.*, 2002; Song *et al.*, 2005; Kim *et al.*, 2006a, b; Lee *et al.*, 2010), 본 조사지역에서는 연어 (*Oncorhynchus keta*)와 은어 (*Plecoglossus altivelis*), 황어 (*Tribolodon hakonensis*), 칠성장어 4종이 출현하였다. 이 중 연어는 10월부터 소상하기 시작하여 11월에 가장 많은 개체가 관찰되었으며, 11월 St. 4에는 소소한 연어가 산란한 산란장이 다수 확인되었다. 양양의 냉수성어류연구센터에서는 양양 남대천, 고성 북천과 배봉천, 강릉 연곡천 등 동해로 흐르는 하천을 중심으로 18개 하천에서 친어를 포획하여 치어를 생산하고, 생산된 치어는 2~4월까지 다시 이들 하천에 방류하고 있다 (Kang *et al.*, 2005). 따라서 4월에 St. 4와 St. 7에서 채집된 연어 치어는 전년도에 소소한 연어가 자연산란하여 부화한 개체 및 냉수성어류연구센터에서 방류한 개체들이 섞여있는 것으로 판단된다. 연어 치어가 4월에만 채집된 것은 양양 남대천의 연어 치어는 4~5월 70 mm까지 성장한 후 바다로 내려간다고 보고된 바 있어 (Kang *et al.*, 2007) 배봉천에서도 봄까지만 하천에서 서식하다 바다로 내려갔기 때문으로 판단된다. 은어는 9월부터 11월까지 채집되었으며 전장 125~215 mm였다. 이는 개체수가 비교적 적기 때문에 봄과 여름에 채집되지 않은 것으로 판단되며, 개체의 크기는 고성 북천 과 양양 남대천, 강릉 주수천과 유사하였으나 삼척오십천과 섬진강 은어 보다는 작은 크기였다 (Lee *et al.*, 2008, 2010). 황어는 4월부터 소소한 개체가 소수 관찰되었는데, 일반적으로 황어는 3월 중순에 하천으로 소상하여 산란하는 것으로 알려졌지만 (Kim and Park, 2007a), 인근 하천인 고성 북천은 5월 중순에 집단으로 소상하여 산란한다고 보고된 바 있어 (Lee *et al.*, 2010) 5월에 보다 많은 개체가 소상할 것으로 판단된다.

회유성 어류의 성장과 개체수는 하천에 설치된 보에 의해 많은 영향을 받는데 (Ko *et al.*, 2007; Lee *et al.*, 2008) St. 4와 St. 6에는 하천을 가로지르는 보가 설치되어 있었

다. St. 6의 보에는 어도가 없었고, St. 4의 보에는 어도가 있으나 거의 물이 흐르지 않아 어류의 소상이 불가능하였다. 이로 인해 회유성 어류의 서식지 및 산란장 범위를 제한하고, 상류부와 하류부를 단절시키는 장벽으로 작용하여 유사도 분석에서 뚜렷이 상류부와 하류부가 구분된 것으로 판단된다. 따라서 이들 회유성 어류의 산란 및 안정된 생존을 위해서는 St. 4와 St. 6에 설치된 보에 어류들의 이동이 가능한 적절한 어도의 설치가 시급히 필요하다고 사료된다.

## 적 요

본 연구는 강원도 고성군 배봉천의 어류군집 및 멸종위기종의 서식현황을 파악하기 위하여 2011년 계절별로 조사를 실시하였다. 배봉천 상류 (St. 1~3, 5)는 경사가 높고 돌과 큰돌의 비율이 높은 Aa형의 하천형으로 14종의 어류가 서식하였고, 하류 (St. 4, 6~7)는 경사가 낮고 자갈과 돌, 모래의 비율이 높은 Bb형의 하천형으로 26종의 어류가 서식하고 있었다. 전체 출현한 어종은 모두 10과 26종이었고, 우점종은 버들개 (*Rhynchocypris steindachneri*, 31.2%), 아우점종은 점물개 (*Squalidus multimaculatus*, 13.3%)와 잔가시고기 (*Pungitius kaibarae*, 11.0%)였으며, 그 다음으로 참갈겨니 (*Zacco koreanus*, 7.8%)와 미꾸리 (*Misgurnus anguillicaudatus*, 7.0%), 북방종개 (*Iksookimia pacifica*, 5.5%), 피라미 (*Z. platypus*, 5.3%) 등의 순으로 우세하게 출현하였다. 출현종 중 우리나라 고유종은 점물개, 참갈겨니, 북방종개, 통가리 (*Liobagrus andersoni*) 4종이었으며, 멸종위기어류는 칠성장어 (*Lethenteron japonica*)과 다목장어 (*L. reissneri*), 가시고기 (*Pungitius sinensis*), 한독종개 (*Cottus hangiongensis*) 4종이 서식하고 있었다. 또한 소하성 어류는 연어 (*Oncorhynchus keta*), 칠성장어, 황어 (*Tribolodon hakonensis*) 3종이, 양측회유성 어류는 은어 (*Plecoglossus altivelis*)가 서식하고 있었다. 지점들간의 군집유사도를 분석한 결과 상류부와 하류부로나누어지는 경향을 보였으며, 하천에 설치된 보로 인해 단절이 심화되었다. 어류들의 안정된 서식과 이동을 위해서는 설치된 보에 적절한 어도의 설치가 필요하다고 판단된다.

## 인 용 문 헌

Choi, J.S., H.K. Byeun and K.S. Cho. 1995. Studies on stream conditions and fish community in Osip Steam (Samchuk

- County). *Korea Journal of Limnological Society* **28**: 263-270. (in Korean)
- Cummins, K.W. 1962. An evolution of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special emphasis on lotic waters. *The American Midland Naturalist* **67**: 477-504.
- Jeon, S.R. 1987. Fresh-water fish fauna of near DMZ area of Kangwon-do, Korea. Resources survey report of near DMZ area (Gangwondo). p. 569-598. (in Korean)
- Jo, K.S. 1985. Fish fauna of near DMZ area. Nature study of near DMZ area, Gangwon Publishing, Chuncheon. p. 117-141. (in Korean)
- Kang, S.G., C.S. Lee, C.H. Lee, Y.H. Heo and G.B. Seong. 2005. History and status of juvenile productive and discharge of salmon in Korea. An invitation workshop of Korea and Japan expert for the salmon resources reinforcement. 55pp. (in Korean)
- Kang, S.G., C.S. Lee, C.H. Lee, Y.H. Heo and G.B. Seong. 2007. Stomach contents of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) fingerlings in Namdae Stream. *Journal of the Korean Society of Oceanography* **12**: 86-93. (in Korean)
- Kani, T. 1944. Ecology of torrent-inhabiting insects, p. 171-317. *In*: Insect 1 (Furukawa, H. ed.). Kenkyu-sha, Tokyo. (in Japanese)
- KFS (Korea Forest Service). 1995~2000. Forest ecosystem survey comprehensive report in DMZ area and neighboring area. Korea Forestry Research Institute, Seoul. p. 358-387. (in Korean)
- Kim, C.H., K.E. Hong, J.H. Kim and K.H. Kim. 2006a. Ichthyofauna in Yeongok Stream, Gangneung, Korea. *Korean J. Ichthyol.* **18**: 244-250. (in Korean)
- Kim, C.H., W.O. Lee, K.E. Hong, C.H. Lee, and K.H. Kim. 2006b. Ichthyofauna and fish community structure in Namdae Stream, Korea. *Korean Journal of Ichthyology* **18**: 112-118. (in Korean)
- Kim, I.S. 1997. Illustrated Encyclopedia of Fauna & Flora of Korea, Vol. 37, Freshwater Fishes. Ministry of Education, Yeongi. 518pp. (in Korean)
- Kim, I.S. 2009. A reviews of the spined loaches, family Cobitidae (Cypriniformes) in Korea. *Korean Journal of Ichthyology* **21** Supplement: 7-28.
- Kim, I.S. and J.Y. Park. 2001. Ichthyofauna of Songheonri, Goseong-gun, Gangwon-do, p. 89-100. *In*: Natural ecosystem survey report in near DMZ area (Goseong-gun). Ministry of Environment, National institute of Environmental Research, Incheon. (in Korean)
- Kim, I.S. and J.Y. Park. 2007a. Freshwater Fishes of Korea. Kyohak Publishing, Seoul. 499pp. (in Korean)
- Kim, I.S. and J.Y. Park. 2007b. Report of natural heritage of basic resources survey in near DMZ area. Cultural Heritage Administration, Daejeon. 378pp. (in Korean)
- 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. 615pp. (in Korean)
- Kim, J.H., S.R. Jeon and H.K. Byeon. 1999. Morphological studies on the genus *Cottus* from Paebong-river. *Journal of Basic Science* **12**: 1-7.
- Kim, Y.U., J.G. Myung, K.H. Han and J.R. Koh. 1996. The fish fauna of Namdae Stream in Kangreung, Koera. *Journal of the Korean Fisheries of Society* **29**: 262-266. (in Korean)
- Ko, M.H., I.S. Kim, J.Y. Park and Y.J. Lee. 2007. Growth of a land-locked ayu, *Plecoglossus altivelis* (Pisces: Osmeridae) and weir obstruction in Lake Okjeong, Korea. *Korean Journal of Ichthyology* **19**: 142-153. (in Korean)
- Kwater. 2007. A Guidebook of Rivers in South Korea. Kwater, Daejeon. 582pp. (in Korean)
- Lee, W.O., M.H. Ko, J.M. Baek, D.H. Kim, H.J. Jeon and K.H. Kim. 2010. Characteristics of fish fauna and community structure in Buk Stream of Goseong, Korea. *Korean Journal of Ichthyology* **22**: 238-248. (in Korean)
- Lee, W.O., S.W. Yoon, J.H. Kim and D.H. Kim. 2008. Comparison of growth and spawning characteristics of Ayu, *Plecoglossus altivelis* in Seomjin River and Streams flowing to the East Sea, Korea. *Korean Journal of Ichthyology* **20**: 179-189. (in Korean)
- Lee, Y.J. Taxonomic review of the genus *Gymnogobius* (Pisces, Gobiidae) from Korea. *Korean Journal of Ichthyology* **22**: 65-77.
- Margalef, R. 1958. Information theory in ecology. *General Systems* **3**: 36-71.
- McNaughton, S.J. 1967. Relationship among functional properties of California Glassland. *Nature* **216**: 168-144.
- ME (Ministry of Environment). 1990S~2009. Distribution survey of endangered fish species of Ministry of Environment. National Institute of Biological Resources.
- ME (Ministry of Environment). 2005. Enforcement laws of wild animal and plant (Law No. 7167). (in Korean)
- ME (Ministry of Environment). 2009. Genetic Diversity Analysis, Culture and Ecosystem Restoration Techniques for Endangered Fish, *Iksookimia choii*. Soonchunhyang University, Asan. 537pp. (in Korean)
- ME (Ministry of Environment). 2011. Development of culture techniques and construction of monitoring system for released seedings of an endangered fish *Koreocobitis naktongensis*. Soonchunhyang University, Asan. 240pp. (in Korean)
- ME (Ministry of Environment). 2012. Conservation and ma-

- nagement laws of wildlife (Law No. 10977). (in Korean)
- MLTM (Ministry of Land & Transport and Maritime Affairs). 2010. Culture and Restoration of Endangered Species in the Major Four River Drainages. Soonchunhyang University, Asan. 489pp. (in Korean)
- 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. 361pp. (in Korean)
- Nam, M.M., Y.H. Kang, B.S. Chae and H.J. Yang. 2002. On the geographical distribution of freshwater fishes in the Gagog and Maeup Streams flowing into the East Sea, Korea. *Korean Journal of Ichthyology* **14**: 269-277. (in Korean)
- Nelson, J.S. 2006. Fishes of the World. John Wiley & Sons, Inc. 601pp.
- NIBR (National Institute of Biological Resources). 2011. Red Data Book of Endangered Fishes in Korea. National Institute of Biological Resources, Incheon. 202pp.
- Pielou, E.C. 1966. Shannon's formula as a measure of diversity. *The American Naturalist* **100**: 463-465.
- Shim, J.H. 1992. A systematic study on the genus *Lampetra* (Agnatha, Petromyzonidae) from Korea. Chonbuk National University. Doctoral Thesis. Jeonju. 150pp. (in Korean)
- Song, H.B., H.M. Baek and C.W. Lee. 2005. Water environmental assessment by the species biotic index of freshwater fish in the Namdaecheon, Gangneung City. *Environmental Impact Assessment* **14**: 237-245. (in Korean)

(Manuscript received 22 February 2013,

Revised 20 March 2013

Revision accepted 9 April 2013)