

강릉남대천의 어류군집 변화 및 도입어종의 서식 현황¹

변화근^{2*} · 오재경³

Fluctuation of Fish Community and Inhabiting Status of Introduced fish in Gangeungnamdae Stream, Korea¹

Hwa-Keun Byeon^{2*}, Jae-Kyoung Oh³

요 약

강릉남대천의 어류군집 변화와 도입된 어종의 서식실태를 파악하기 위해 9개 지점에서 2013년 9월에서 2014년 5월에 걸쳐 실시하였다. 채집된 어류는 총 14과 36종 이었고, 멸종위기종에 속하는 가시고기(*Pungitius sinensis*) 1종이 출현하였다. 한반도 고유종은 쉬리(*Coreoleuciscus splendidus*)을 포함하여 9종으로 고유화빈도가 25.0% 이었다. 우점종은 버들개(*Rhynchocypris steindachneri*, St. 1), 참갈겨니(*Zacco koreanus*, St. 2, 4, 5, 6), 새미(*Ladislabia taczanowskii*, St. 3), 피라미(*Zacco platypus*, St. 7, 8), 황어(*Tribolodon hakonensis*, St. 9) 이었다. 한강수계에서 강릉남대천으로 도입된 어종은 새미, 돌고기(*Pungtungia herzi*), 쉬리(*Coreoleuciscus splendidus*), 긴몰개(*Squalidus gracilis majimae*), 모래무지(*Pseudogobio esocinus*), 금강모치(*Rhynchocypris kumgangensis*), 피라미, 참갈겨니, 새코미꾸리(*Koreocobitis rotundicaudata*), 통가리(*Liobagrus andersoni*), 꺾지(*Coreoperca herzi*) 11종 이었다. 개체군과 분포역이 급격히 확대되는 도입어종은 피라미, 참갈겨니, 돌고기, 긴몰개 등이었으며 정착되어 안정적인 개체군을 형성하였으며 서식지가 급격히 확대되지 않은 어종은 새미, 쉬리, 버들개 등 이었다. 정착하였으나 개체군이 매우 적은 어종은 꺾지와 통가리 이었다. 1973년에 비해 개체수 구성비가 3% 이상 감소된 어종은 버들개, 종개(*Orthrias toni*), 북방종개(*Iksookimia pacifica*), 은어(*Plecoglossus altivelis*), 가시고기, 꼭져구(*Gymnogobius urotaenia*) 등 이었고 버들개는 56.1%에서 12.9%로 가장 많이 감소하였다.

주요어: 타수계 도입종, 외래 도입종, 동북한아, 어류상

ABSTRACT

The fish community and inhabiting status of introduced fish were surveyed at nine stations of Gangeungnamdae stream from September 2013 to May 2014. A total of 36 species of fourteen families were collected from the survey stations and among them, *Pungitius sinensis* was identified as endangered species. There were nine Korean endemic species (25%) including *Coreoleuciscus splendidus*. Dominant species were *Rhynchocypris steindachneri* (St. 1), *Zacco koreanus* (St. 2, 4, 5, 6), *Ladislabia taczanowskii* (St. 3)), *Zacco platypus* (St. 7, 8) and *Tribolodon hakonensis* (St. 9). Of the 11 introduced species fishes in Gangeungnamdae stream, *L. taczanowskii*, *Pungtungia herzi*, *Coreoleuciscus splendidus*, *Squalidus gracilis majimae*,

1 접수 2015년 9월 16일, 수정 (1차: 2015년 10월 12일), 게재확정 2015년 10월 13일

Received 16 September 2015; Revised (1st: 12 October 2015); Accepted 13 October 2015

2 서원대학교 생물교육과 Dept. of Biology Education, Seowon Univ., Chungju 28674, Korea(cottus@seowon.ac.kr)

3 서원대학교 생물교육과 Dept. of Biology Education, Seowon Univ., Chungju 28674, Korea

* 교신저자 Corresponding author: Tel: +82-43-299-8400, Fax: +82-43-299-8400, E-mail: cottus@seowon.ac.kr

Pseudogobio esocinus, *Rhynchocypris kumgangensis*, *Z. platypus*, *Z. koreanus*, *Koreocobitis rotundicaudata*, *Liobagrus andersoni* and *Coreoperca herzi* were released from Han river water zone in Korean. Rapidly expanded population and distribution of introduced fishes were *Z. platypus*, *Z. koreanus*, *P. herzi* and *S. gracilis majimae*, but *L. taczanowskii*, *C. splendidus*, *R. kumgangensis* were not rapidly expanded population. Settlement but very small population fishes were *C. herzi* and *L. andersoni*. When reduced 3% fishes of relative abundance with previous data (1973), *R. steindachneri*, *Orthrias toni*, *Iksookimia pacifica*, *Plecoglossus altivelis*, *P. sinensis* and *Gymnogobius urotaenia*, and *R. steindachneri* was most reduced from 56.1% to 12.9%.

KEY WORDS: OTHER NATIVE ZONE, ORIGINATED FROM FOREIGN, EASTNORTH KOREA SUBDISTRICT, FISH FAUNA

서론

한국산 담수어류는 현재 남북한을 합쳐 210여종이 알려져 있으며 이들 어류는 종마다 특이한 서식환경에 오랫동안 적응하여 서식한 결과 각 수계별 또는 각 하천마다 서로 다른 어류상을 가지며 독특한 생태적 지위(ecological niche)를 가지고 있다(1997; Kim *et al.*; Choi *et al.*, 2002; Kim, 2005). 1970년 이후 급격한 산업화가 진행됨에 따라 하천 개수, 골재 채취, 보와 댐 건설 등에 따라 서식 환경이 파괴되었다. 또한 하천의 미소서식지 단순화, 농·축산 및 산업 폐수와 생활하수 등에 의한 수질 악화, 남획과 외래종 방류 등에 따른 생태적 교란에 의해 우리나라의 하천생태계는 급속도로 변모되고 파괴되어 왔으며 이러한 변화에 적응하지 못한 어종들은 그 수가 급격히 감소하거나 멸종위기에 처해 있다. 한 지역의 생물은 그 곳의 지사적, 생물학적 역사를 지니고 있으며 담수어류는 지리적으로 고립되어 그러한 특징을 더욱 잘 나타낸다. 우리나라는 산맥이 잘 발달되어 각 하천수계는 서로 고립되어 있다. 빙하가 발달하여 각 수계가 서로 연결되었을 때 어류들이 각 하천으로 분산하고 다시 빙하가 후퇴하면서 하천 간의 연결이 끊어지게 되었고 그 후 서로간의 교류가 없어져 각기 분화하여 다른 종으로 진화해 왔다. 그래서 인접한 하천 간에는 서로 동일한 어종을 많이 공유하게 되지만 다른 하천에는 없는 어종이 존재할 수 있게 된다(Jeon, 1980; Kim, 1997).

1965년 이후 외래어종이 여러 가지 목적으로 국내의 하천에 도입되어 서식하고 있다. 그 중 일부는 정착에 성공하여 개체군이 급격히 증가하여 기존의 하천 생태계에 많은 영향을 끼치고 있으며 배스(*Micropterus salmoides*)와 블루길(*Lepomis macrochirus*)은 토착 어종의 생존에 심각한 피해를 입히고 있는 것으로 밝혀져 환경부에서 생태계 교란야

생동·식물로 지정하여 퇴치운동을 벌이고 있다. 국외에서 도입된 외래종에 대해서는 연구가 지속적으로 진행되어 왔다(Lee and Kim, 1987; Byeon and Jeon, 1997; Byeon *et al.*, 1997; Yang and Chae, 1997; Song *et al.* 2012). 외래어종의 침입과 그 피해에 대해 관심을 집중하는 사이에 국내에서 한 수계에 서식하던 어종이 다른 수계로 옮겨지는 경우가 빈번히 일어나고 있다. 이러한 현상은 교통과 수송 수단의 발달로 매우 용이해 졌으며 양식용 및 관상용 어류의 도입과 방류, 지역 주민 및 환경단체에서 서식 어종의 증대를 위한 활동, 국민과 정부의 무관심 등으로 인해 더욱 확산되고 있는 추세이다(Lee *et al.*, 2003).

한반도 담수어의 분포 구계에 있어 백두대간 서쪽으로 흐르는 한강 수계는 서한아(West Korea subdistrict)에 속하며 동해로 유입되며 강릉남대천 이북의 하천은 동북한아(Eastnorth Korea subdistrict)에 속한다(Jeon, 1980). 이들 각 수계는 공통으로 출현하지 않는 고유한 어종이 서식하고 있다. 국내에서 어떤 종이 기존에 서식하지 않았던 수계로 이입되어 적응하면 외래어종이 이입되어 미치는 악영향과 동일한 결과를 초래할 수 있으며 기존에 서식하던 어종의 개체군이 급격히 감소 내지 소멸될 가능성이 있다. 최근 들어 강릉남대천을 포함한 동해로 유입되는 하천에 있어 지역 주민이 어족자원 증대를 위해 무분별하게 영서수계(서한아 수계)로부터 다량 이입되어 많은 종이 적응하여 증가하고 있는 상태이다(Byeon, 2014). 따라서 이에 대한 정확한 실태와 영향에 대한 조사가 절실한 상태이다.

동해로 유입되는 강릉남대천 이북의 하천에 대한 어류상과 어류군집에 대한 연구는 지속적인 조사가 이루어 졌으나(Choi and Joen, 1968; Choi *et al.*, 1973; Byeon *et al.*, 1996; Kim *et al.*; 1996, Jeon and Kim, 1996; Byeon, 1999, 2014; Song *et al.*, 2005; Kim, *et al.*, 2006a, 2006b; Choi and Byeon, 2009; Ko *et al.*, 2013) 영서수계에서 이입된 어종에 대한 연구

는 어류상에서 간략하게 소개되어 있으며 개체군에 대한 연구는 전무한 실정이다. 동해로 유입되며 강릉남대천 이북에 위치하는 하천(동북한아 수계) 중 영서수계(한강 수계)로터 이입된 어종에 가장 영향을 많이 받은 하천은 강릉남대천이다. 강릉남대천은 강릉 남쪽에 있는 하천으로 유역면적이 258.7 km²이며 유로 길이는 51.3km 이고 대화실산(1,010m)에서 발원하여 강릉시 왕산면 목계리와 도마리를 걸쳐 북쪽으로 흐르다가 성산면과 구정면을 걸쳐 동쪽으로 흘러 견소동과 남향진동에서 바다로 흘러간다. 지류로는 화란봉(1,069m)에서 발원하는 왕산천이 왕산면 왕산리에서 합류되며 또한 곤신봉(1,131m)에서 발원하는 보광천이 성산면 오봉리에서 합류되며 왕산천이 합류되는 중류역에 상수원인 강릉저수지가 형성되어 있다. 본 조사는 강릉남대천에 이입된 어종의 서식 현황과 기존 서식 어류에 미치는 영향을 분석하는 기초자료를 제공하고자 한다.

연구방법

1. 조사 지점 및 시기

강릉남대천 본류역에서 6개 지점, 지류인 왕산천에서 2개 지점, 보광천에서 1개 지점 등 총 9개 지점에서 각 조사 지점을 중심으로 상·하방으로 100m 이내의 구간에서 하상구조, 유속과 수심(여울과 소) 등을 고려하여 채집하였다(Figure 1). 현장 조사는 2013년 9월과 2014년 5월에 실시하였다.

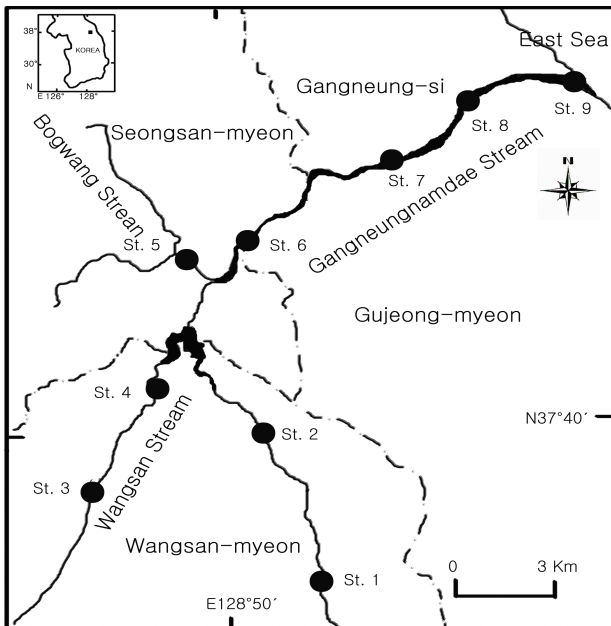


Figure 1. Map showing the studied stations in Gangneungnamdae Stream, Korea

- St. 1 : 강원도 강릉시 왕산면 목계리 구하교 (N37°37'33.0", E128°51'41.2")
- St. 2 : 강원도 강릉시 왕산면 도마리 도마교 (N37°40'04.2", E128°50'32.8")
- St. 3 : 강원도 강릉시 왕산면 왕산리 큰골교 (N37°39'18.2", E128°47' 12.7")
- St. 4 : 강원도 강릉시 왕산면 왕산리 왕산교 (N37°41'17.3", E128°48'29.7")
- St. 5 : 강원도 강릉시 성산면 어흘리 (N37°43'03.5", E128°49'25.7")
- St. 6 : 강원도 강릉시 성산면 금산리 (N37°43'33.8", E128°50'16.0")
- St. 7 : 강원도 강릉시 홍제동 화산교 (N37°44'41.2", E128°52'02.0")
- St. 8 : 강원도 강릉시 옥천동 철교 (N37°45'16.2", E128°54'11.9")
- St. 9 : 강원도 강릉시 견소동 하구 (N37°46'09.7", E128°57'02.8")

2. 수환경 분석

유폭(수면폭), 수심, 하상구조, 하안상태 등을 조사하였고 유폭과 수심은 줄자로 측정하였고, 하상구조는 Cummins (1962)에 의거하여 현장에서 육안으로 관찰하였다.

3. 채집 및 동정

어류의 채집은 투망(망목 5×5mm)과 족대(망목 4×4mm)를 사용하였다. 채집된 대부분의 표본은 계수 및 측정 후 즉시 방류하였고, 일부 표본은 현장에서 10% formalin으로 고정하여 실험실에서 동정하였다. 채집한 어류의 동정과 분류체계는 Kim (1997), Choi *et al.* (2002), Kim *et al.* (2005) 등의 검색표를 참고하였고 분류체계는 Nelson (2006)을 따랐다.

결과 및 고찰

1. 수환경 특성

2013년 9월 6~7일에 측정 또는 관찰된 각 조사 지점에서의 수환경은 다음과 같다(Table 1). 상류역인 St. 1~5에서는 유폭이 20m 이내로 좁았고 수심은 10~150cm로 소가 산재하였으며 급여울이 광범위하게 분포하였으며 하상 구조는 큰돌(Boulder)과 작은돌(Cobble)이 풍부하였다. 수변부에는 달뿌리풀(*Phragmites japonica*)과 갯버들(*Salix gracilistyla*)

Table 1. The environmental characteristics of sample stations in Gangeungnamdae stream

Station	Water depth (cm)	Water width (m)	Bottom Structure * (B : C : P : G : S)	General characteristics
1	10~50	6~10	3 : 4 : 2 : 1 : 0	Mountainous stream
2	20~50	7~10	2 : 4 : 3 : 1 : 0	Poor microhabitat for fish
3	10~20	10~20	4 : 4 : 1 : 1 : 0	Mountainous stream
4	20~150	20~30	4 : 4 : 1 : 1 : 0	Mountainous stream
5	30~100	10~20	3 : 4 : 2 : 1 : 0	Mountainous stream
6	10~100	20~30	0 : 3 : 4 : 2 : 1	Installation of weir
7	10~50	15~30	1 : 1 : 3 : 2 : 2	Relatively diverse substrate composition
8	20~100	40~70	0 : 1 : 3 : 4 : 2	Installation of weir Relatively diverse substrate composition Brackish water zone
9	20~200	150~200	0 : 0 : 0 : 1 : 9	Poor microhabitat for fish Deposition of organic matter on the bottom

* B : Boulder (>256mm), C : Cobble (64~256mm), P : Pebble (16~64mm), G : Gravel (2~16mm), S : Sand (0.06~2mm) (Cummins, 1962)

군락이 다량 생육하고 있었고 미소서식지가 다양하지 않은 산간계류로 하도와 하상의 자연성은 양호하였다. 중류역에 속하는 St. 6~8은 하천 정비 및 복원이 진행된 수역으로 유폭이 15~70m, 수심은 10~100cm로 평여울과 웅덩이가 광범위하게 분포하였고 급여울이 소규모로 형성되어 있었다. 수변부에는 달뿌리풀과 버드나무(*Salix koreensis*) 군락이 다량 생육하고 있었고 제방은 돌로 조성되어 있었으며 하천 정비 후 안정화된 상태이다. 기수역인 St. 9는 동해와 접하고 있어 해수의 영향을 받고 있었으며 유폭은 150~200m로 넓었고 수심은 20~200cm로 다양하였으며 하상구조는 대부분 모래로 형성되어 있었다. 하상에는 유기물이 퇴적되어 있었고 수변부는 모래로 노출된 부분이 많았고 부분별로 쑥(*Artemisia princeps* var. *orientalis*), 갈대(*Phragmites communis*), 버드나무 등이 군락을 형성하고 있었다.

2. 어류상

조사기간 동안 총 14과 36종 1,723개체가 출현하였고 (Table 2) 이들 어종 중 잉어과(Cyprinidae)에 속하는 어종이 13종(86.1%)으로 높은 비율을 차지하였고 망둑어과(Gobiidae) 5종(13.9%), 미꾸리과(Cobitidae) 4종(11.1%), 큰가시고기과(Gasterosteidae) 3종(8.3%), 종개과(Balitoridae) 2종(5.6%) 이었다. 그 외 메기과(Siluridae), 통가리과(Amblycipitidae), 바다빙어과(Osmeridae), 연어과(Salmonidae), 송어과(Mugilidae), 농어과(Moronidae), 꺾지과(Centropomidae), 도미과(Sparidae), 놀래기과(Labridae) 등에 속하는 종이 각각 1종(2.8%) 씩 출현하였다. 일반적으로 동해로 유입되는 하천에서 잉어과에 속하는

어종의 구성비가 높지 않은데 본 조사에서 잉어과에 속하는 종의 구성비가 높았던 것은 잉어과에 속하는 어종이 다량 도입된 원인으로 판단된다. 출현한 어종 중 법적보호종은 멸종위기야생동·식물 II 급에 속하는 가시고기(*Pungitius sinensis*) 1종이 St. 8에서 26개체가 출현하였다. 가시고기는 강릉남대천에 있어 분포역이 매우 좁았고 제한적이었으며 전체 출현 개체수의 1.5%를 차지하였다. 한반도 고유종에 속하는 종은 쉬리(*Coreoleuciscus splendidus*), 긴물개(*Squalidus gracilis majimae*), 금강모치(*Rhynchocypris kumgangensis*), 참갈겨니(*Zacco koreanus*), 북방종개(*Iksookimia pacifica*), 새코미꾸리(*Koreocobitis rotundicaudata*), 미유기(*Silurus microdorsalis*), 통가리(*Liobagrus andersoni*), 꺾지(*Coreoperca herzi*) 등 9종으로 고유화빈도가 25.0%이었다. 고유종에 속하는 쉬리(*C. splendidus*), 긴물개(*S. gracilis majimae*), 금강모치(*R. kumgangensis*), 참갈겨니(*Z. koreanus*), 새코미꾸리(*K. rotundicaudata*), 통가리(*L. andersoni*), 꺾지(*C. herzi*) 등 대부분은 자연분포가 아니며 인위적인 도입에 의해 출현한 어종이다. 한반도에 분포하는 고유 담수어종은 모두 63종(Byeon and Lee, 2011)이 알려져 있고 동해로 유입되며 강릉남대천 이북에 분포하는 각 하천에서는 고유종이 매우 적게 출현하여 고유화빈도가 매우 낮은 것이 특징이다(Jeon, 1980; Byeon et al., 1996). 강릉남대천에서 고유화빈도는 1968년 7.7%(Choi and Joen, 1968), 1973년 4.8%(Choi et al., 1973), 1986년 11.1%(Choi, 1986), 1996년에 15.3%(Kim et al., 1996), 2005년 24.1%(Song et al., 2005) 등으로 지속적으로 증가하였고 현재에는 25.0%에 달하고 있다. 이는 한강수계로부터 고유종이 지속적으로 도입된 결과로 판단된다. 국외에서 도입된 외래어종은 출현하지 않았고 기수역인 St. 9에서 해

Table 2. The list and individual number of collected fishes at each station in the Gangeungnamdae stream from September 2013 to May 2014

Species	Station									RA
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Cyprinidae										
<i>Cyprinus carpio</i>								5	7	0.69
<i>Carassius auratus</i>						2		1		0.17
<i>Pseudorasbora parva</i>								27		1.57
◆ <i>Ladislabia taczanowskii</i>		7	30	1			3	1		2.44
◆ <i>Pungtungia herzi</i>				1	20	49	71	42		10.62
※◆ <i>Coreoleuciscus splendidus</i>					3	13	17	26		3.42
※◆ <i>Squalidus gracilis majimae</i>						12	24	55		5.28
◆ <i>Pseudogobio esocinus</i>						3	4	3		0.58
<i>Tribolodon hakonensis</i>									41	2.38
<i>Rhynchocypris steindachneri</i>	30		19				66	108		12.94
※◆ <i>Rhynchocypris kumgangensis</i>			11							0.64
◆ <i>Zacco platypus</i>		1		12	1	8	147	164		19.33
※◆ <i>Zacco koreanus</i>		78	11	84	90	78	73	20		25.19
Balitoridae										
<i>Lefua costata</i>		1								0.06
<i>Orthrias toni</i>	7	7	3				2			1.10
Cobitidae										
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>				1			2	3		0.35
<i>Misgurnus mizolepis</i>				8						0.46
※ <i>Iksookimia pacifica</i>		8		1			6	6		1.22
※◆ <i>Koreocobitis rotundicaudata</i>				3	3	1	4	1		0.70
Siluridae										
※ <i>Silurus microdorsalis</i>	2									0.12
Amblycipitidae										
※◆ <i>Liobagrus andersoni</i>		4			2	3	3			0.70
Osmeridae										
<i>Plecoglossus altivelis</i>								18		1.04
Salmonidae										
<i>Oncorhynchus masou masou</i>			4							0.23
Mugilidae										
<i>Mugil cephalus</i>									20	1.16
Gasterosteidae										
<i>Gasterosteus aculeatus</i>									1	0.06
<i>Pungitius sinensis</i>								26		1.51
<i>Pungitius kaibarae</i>							4			0.23
Moronidae										
<i>Leteolabrax japonicus</i>									1	0.06
Centropomidae										
※◆ <i>Coreoperca herzi</i>					5	1	1			0.41
Sparidae										
<i>Acatopagrus schlegeli</i>									13	0.75
Labridae										
<i>Halichoeres tenuispinis</i>									1	0.06
Gobiidae										
<i>Synechogobius hasta</i>									6	0.35
<i>Gymnogobius urotaenia</i>								15		0.87
<i>Gymnogobius castaneus</i>									11	0.64
<i>Rhinogobius brunneus</i>				21			4	7		1.56
<i>Tridentiger brevispinis</i>									14	0.81
Number of species	3	7	6	9	7	10	16	18	10	
Number of individual	39	106	78	132	124	170	431	528	116	

※ : Endemic species, ◆ : Introduced species, RA : Relative abundance (%)

수와 하류역 및 기수역에 국한되어 분포하는 큰가시고기 (*Gasterosteus aculeatus*), 황어(*Tribolodon hakonensis*), 송어(*Mugil cephalus*), 농어(*Leteolabrax japonicus*), 감성돔(*Acathopagrus schlegeli*), 놀래기(*Halichoeres tenuispinis*), 풀망둑(*Synechogobius hasta*), 날망둑(*Gymnogobius castaneus*) 등이 출현하였다. 감성돔과 놀래기는 기존 조사에서는 출현하지 않았고 본 조사에서 새로 출현하였는데 이들 어종은 해산어로 기수역인 St. 9에서 일시적으로 출현하였던 것으로 생각된다. 1968년 13종, 1973년 21종, 1996년 13종, 1999년 25종, 2005년 29종, 본 조사에서 36종이 출현하였다. 조사 시기에 따른 출현종의 차이가 있었는데 이는 조사 지점의 수와 조사 범위, 조사 횟수 등에 차이가 있어 발생한 것으로 생각되며 1999년 이후 출현종이 급격히 증가하였는데 이는 도입 어종이 증가한 원인으로 생각된다. 기존 조사에서는 출현하였으나 본 조사에서 출현하지 않은 어종은 칠성장어(*Lampetra japonica*), 다목장어(*Lampetra reissneri*), 뱀장어(*Anguilla japonica*), 참종개(*Iksookimia koreensis*), 연어(*Oncorhynchus keta*), 송어(*Oncorhynchus masou masou*), 빙어(*Hypomesus nipponensis*), 송사리(*Oryzias latipes*), 한독중개(*Cottus hangiongensis*), 가물치(*Channa argus*) 등 이었다(Choi and Joen, 1968; Choi *et al.*, 1973; Choi, 1986; Kim *et al.*, 1996; Byeon, 1999). 하류역에 수심이 얕은 여울부 소멸, 수질악화, 하상에 유기물 퇴적, 수변부 석축 및 제방 구축 등의 원인으로 칠성장어, 다목장어, 연어, 한독중개 등은 서식지와 산란장이 소멸되어 출현하지 않은 것으로 생각된다. 뱀장어, 송사리, 가물치 등은 개체수가 매우 희소하여 본 조사에서 채집되지 않은 것으로 판단되며 지속적으로 조사를 실시하면 출현이 가능할 것으로 생각된다. 빙어, 연어, 송어 등은 바다에서 산란을 위해 하천으로 일시적으로 유입되는 회유성 어종이므로 산란 시기에 조사를 실시하면 출현이 가능할 것으로 생각된다. 참종개는 2005년에 1개체가 출현하였으나 본 조사에서 출현하지 않은 것으로 보아 한강수계로부터 도입된 이후 적응에 실패한 것으로 생각된다.

출현한 36종 중 개체수 구성비가 높은 어종은 참갈겨니 (25.2%), 피라미(*Zacco platypus*, 19.3%), 버들개(*Rhynchocypris steindachneri*, 12.9%), 돌고기(*Pungtungia herzi*, 10.6%), 긴몰개(5.3%) 등이었으며 이들 어종이 본 조사 수역에 서식하는 대표적인 어종으로 판단된다. 개체수 구성비가 1.0% 이하로 희소종에 속하는 어종은 잉어(*Cyprinus carpio*), 붕어(*Carassius auratus*), 모래무지(*Pseudogobio esocinus*), 금강모치, 쌀미꾸리(*Lefua costata*), 미꾸리(*Misgurnus anguillicaudatus*), 미꾸라지(*Misgurnus mizolepis*), 새코미꾸리, 미우기, 새미, 산천어(*Oncorhynchus masou masou*),

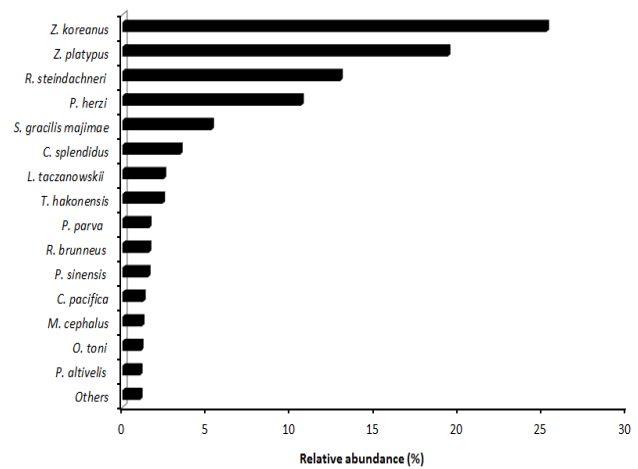


Figure 2. The relative abundance of collected fishes at each station from September 2013 to May 2014

큰가시고기(*Gasterosteus aculeatus*), 잔가시고기(*Pungitius kaibarae*), 농어, 꺾지, 감성돔, 놀래기, 풀망둑, 꼭저구(*Gymnogobius urotaenia*), 민물검정망둑(*Tridentiger brevispinis*) 등 이었다(Figure 2). 2005년(Song *et al.*, 2005)에 비해 참갈겨니와 긴몰개의 개체수가 급격히 증가하였는데 그 원인과 현상이 일시적인 것인지 아니면 지속적으로 유지되는 지에 대한 장기적인 연구가 수행되어야 할 것으로 생각된다.

3. 우점종

각 지점별 우점종은 버들개(St. 1), 참갈겨니(St. 2, 4, 5, 6), 새미(*Ladislabia taczanowskii*, St. 3), 피라미(St. 7, 8), 황어(St. 9) 등 이었고 아우점종으로 출현한 어종은 종개(*Orthrias toni*, St. 1), 북방중개(St. 2), 버들개(St. 3, 8), 밀어(St. 4), 돌고기(St. 5, 6), 참갈겨니(St. 7), 송어(St. 9) 등으로 다양하였다. 강릉남대천에서 피라미가 광범위한 수역에서 우점적으로 서식하고 있었는데 이는 수환경이 피라미 서식에 적합하였기 때문인 것으로 생각된다. 수환경이 양호한 산간계류역에 주로 우점하는 어종인 버들개가 본류 최상류 수역인 St. 1에서는 우점종 이었고 새미는 지류인 왕산천 상류역인 St. 3에서 우점종 이었다. 이들 수역은 매우 잘 보전된 산간계류 임을 반영 하고 있는 것으로 생각된다. 하류역인 St. 9에서 황어가 우점종이었는데 이는 기수역이었기 때문인 것으로 판단된다. 2005년 조사(Song *et al.*, 2005)에서는 종개, 참갈겨니, 버들개, 피라미, 돌고기, 황어 등 이었으며 본 조사와 다소 차이가 있었다. 본 조사에서 우점종으로 출현하지 않은 종개와 돌고기는 아우점종으로 출현하여 급격한 우점율의 변화는 없었다.

4. 도입 어종

한강수계에서 강릉남대천으로 도입된 어종은 새미, 돌고기, 쉬리, 긴물개, 모래무지, 금강모치, 피라미, 참갈겨니, 새코미꾸리, 통가리, 꺾지 등 11종으로 출현종의 30.6%이었으며 개체수에 있어서는 1,194개체로 69.3%로 매우 높았다(Table 3). 도입어종의 개체수 증가는 서식지와 먹이에 대해 기존에 서식하던 어류와 심한 경쟁이 발생하였을 것이며 이로 인해 기존에 서식하던 어류의 개체수가 급격히 감소하였을 것으로 추정된다.

새미는 2005년(0.17%)부터 출현하였으며 본 조사에서는 개체수 구성비가 2.4%로 증가하였다. 1996년 이전에는 강릉남대천에서 출현하지 않은 것으로 보아 2000년 이후에 한강수계에서 도입된 것으로 생각된다. 현재에는 상류역인 도마리(St.2), 왕산리 큰골교(St. 3), 왕산리 왕산교(St. 4), 강릉남대천 중·하류역인 흥제동(St. 7), 옥천동(St. 8) 등 광범위한 수역에서 출현하였다. 본 종은 강릉남대천에 도입 방류된 이후 개체수와 분포역이 확대되고 있으므로 안정적으로 잘 적응한 것으로 판단된다. 강릉남대천 이북의 수역 중 양양남대천에서는 출현하지 않으며 연곡천의 경우 1990년대까지 출현하지 않았으며 2006년에 11.5%로 높은 우점율로 출현하였다(Kim *et al.*, 2006a). 그 외의 수역에서는 도입되지 않았거나 도입되어도 적응에 실패하여 출현하지 않는 것으로 생각된다.

돌고기는 2005년(9.4%)부터 출현하였으며 본 조사에서는 개체수 구성비가 10.6%로 증가하였다. 1996년 이전에는 강릉남대천에 출현하지 않은 것으로 보다 2000년 이후에 한강수계에서 도입된 것으로 생각된다. 본 조사에서는 상류역인 왕산리 왕산교(St. 4), 어흘리(St. 5), 금산리(St. 6), 강릉남대천 중·하류역인 흥제동(St. 7), 옥천동(St. 8) 등 광범위한 수역에서 출현하였다. 보광천 하방에 위치한 어흘리와 강릉남대천 본류 중류역인 금산리에서는 아우점종으로 출현하였고 중·하류역인 흥제동에서 71개체, 옥천동에서 42개체로 출현 개체수가 매우 풍부하였다. 본 종은 강릉남대천에 도입 방류된 이후 개체수와 분포역이 확대되어 잘 적응한 상태이며 개체군이 지속적으로 증가할 것으로 예상된다. 양양남대천에서는 1990년대까지는 출현하지 않았으며 2005년에 5.3%로 많은 양이 출현하기 시작하여 2013년에 7.7%로 더욱 증가하였다. 연곡천에서는 2006년부터 많은 양(8.2%)이 출현하기 시작하여 2013년에는 4.6%로 출현량이 많았다(Kim *et al.*, 2006a, 2006b; Byeon, 2014).

쉬리는 2005년 이전에는 강릉남대천에서 출현하지 않았으며 2008년부터 출현하기 시작하였으며(Byeon, 2014) 본 조사에 59개체(개체수 구성비, 3.4%)가 출현하였다. 2005

년 이후에 한강수계에서 도입된 것으로 생각되며 어흘리(St. 5)에서 3개체, 금산리(St. 6) 13개체, 강릉남대천 중·하류역인 흥제동(St. 7) 71개체, 옥천동(St. 8) 26개체가 출현하였다. 본 종은 강릉남대천의 중류와 중·하류 여울부를 중심으로 하여 비교적 광범위하게 분포하였으며 당연생 치어가 출현하는 것으로 보아 적응한 것으로 생각되며 개체군이 증가하고 있는 것으로 판단된다. 양양남대천에서는 출현하지 않았고 연곡천에서는 2006년부터 소수 개체가(1.0%) 출현하기 시작하여 2013년에는 3.6%로 증가하였다. 2000년 이후 도입된 후 정착에 성공하여 개체군이 증가하고 있었다(Kim *et al.*, 2006a).

긴물개는 1996년 이전에는 강릉남대천에서 출현하지 않았으며 2005년에 1.5%(Song *et al.*, 2005), 본 조사에 5.3%로 증가하였다. 2000년 이후에 한강수계에서 도입된 것으로 생각되며 금산리(St. 6)에서 12개체, 흥제동(St. 7) 24개체, 옥천동(St. 8) 55개체가 출현하였다. 강릉남대천 본류역 중류와 중·하류역에 분포하였으며 당연생 치어가 대량 출현한 결과로 보아 도입된 이후 적응하여 개체군이 급격히 증가하고 있는 것으로 생각된다. 강릉남대천 이북에 위치하며 동해로 유입되는 하천에서는 강릉남대천 이외 하천에서는 출현하지 않았다(Byeon, 2014).

모래무지는 1996년 이전에는 강릉남대천에서 출현하지 않았으며 2005년에 1.1%(Song *et al.*, 2005), 본 조사에 0.6%로 다소 감소하였다. 2000년 이후에 한강수계에서 도입된 것으로 생각되며 금산리(St. 6)에서 3개체, 흥제동(St. 7) 4개체, 옥천동(St. 8) 3개체가 출현하였다. 강릉남대천 본류역 중류와 중·하류역에서 긴물개와 분포역이 동일하였다. 도입되어 정착된 이후 개체군이 급격히 증가하지 못하고 있었는데 이는 하상이 모래로 형성된 평여울이 잘 발달되어 있지 않은 원인으로 판단되며 개체군이 급격히 증가할 가능성은 매우 적은 것으로 생각된다. 강릉남대천 이북에 위치하며 동해로 유입되는 하천에서는 강릉남대천 이외 하천에서는 출현하지 않았다(Byeon, 2014).

금강모치는 2005년 이전에는 강릉남대천에서 출현하지 않았으며 본 조사에 0.6%로 출현하였다. 2005년 이후에 한강수계에서 도입된 것으로 생각되며 왕산천 상류인 왕산리 큰골교(St. 3)에서 11개체 출현하였다. 분포역이 매우 제한적이었으며 출현 수역에 포식자인 산천어(*O. masou masou*)가 분포하였고 먹이와 서식지 경쟁자인 새미, 버들개, 참갈겨니 등이 서식하고 있었다. 이들 어종간의 상호작용 결과 개체군 동태 변화가 매우 유동적 이므로 지속적인 조사가 요구되는 것으로 생각된다. 양양남대천의 경우 1987년에 오색천에서 출현하기 시작하였으며(Byeon, 2014) 1996년에 2.0% (Byeon *et al.*, 1996), 2006년에 11.4% (Kim *et al.*, 2006b)로 증가하였다(미천골 계곡과 오색천에

다량 서식). 연곡천의 경우 2006년에 1.4%로 출현하기 시작하였으며 2013년에 28.3%로 급격히 증가하였다. 금강모치는 동해로 유입되는 양양남대천과 연곡천 상류역에 도입 방류되어 개체군이 급격히 증가하여 기존에 서식하던 버들개는 대부분 사라지게 되었는데 강릉남대천의 경우도 차후 개체군 변동이 주목된다.

피라미는 1980년 이전에는 강릉남대천에서 출현하지 않았으며 1982년 0.8% (Choi *et al.*, 1982), 1986년 21.2% (Choi, 1986), 1996년 2.3% (Kim *et al.*, 1996), 2005년 15.3% (Song *et al.*, 2005), 본 조사에 19.3%가 출현하였다. 중·하류역인 홍제동과 옥천동에서는 우점종으로 출현하였으며 최상류역과 기수역을 제외한 광범위한 수역에 걸쳐 분포하였으며 개체수가 매우 풍부하였다. 강릉남대천에서는 다른 어종에 비해 매우 빠른 시기에 도입되어 정착한 어종으로 도입 초기부터 개체수가 급격히 증가하여 매우 높은 우점률을 나타내었다. 1996년에 우점률이 매우 낮았는데 이는 조사 지점이 하류역을 중심으로 제한된 수역에서 조사를 실시한 원인으로 판단된다. 양양남대천에서는 1970년 대 말 새마을 사업의 일환으로 북한강 상류역인 인제군에서 포획하여 도입된 것으로 추정되고 있으며(Jeon, 1980) 1986년부터 13.8%로 출현하기 시작하여 1996년 29.7%, 2006년 6.7%, 2013년 8.8%로 1996년에 비해 출현량이 다소 감소하였다. 이는 꺾지, 참갈겨니, 돌고기가 도입되면서 중간 경쟁이 치열하여 개체수가 다소 감소한 것으로 판단된다(Byeon, 2014; Kim *et al.*, 2006b). 연곡천에는 1980년대까지는 출현하지 않았으며 2006년 29.0%로 다량 출현하기 시작하였다(Kim *et al.*, 2006a). 배봉천에서는 2013년에 2.3%로 출현하였다(Ko *et al.*, 2013). 피라미는 동해안 수역으로 유입되면 정착하여 개체군이 급격히 증가하여 중류에서 하류역까지 우점종으로 출현하는 경우가 많았다. 그 결과 기존에 서식하던 토착 어종은 소멸, 개체수 감소, 인근 수역으로 이주 등의 악영향이 예상된다.

참갈겨니는 1986년 이전에는 강릉남대천에서 출현하지 않았으며 1995년 6.6%(Byeon, 2014)로 출현하기 시작하였으며 1996년 2.1%, 2005년 10.24%, 본 조사에 25.2%가 출현하였다. 상류와 중류에서 우점종으로 출현하였으며 최상류역과 기수역을 제외한 광범위한 수역에 걸쳐 분포하였으며 개체수가 매우 풍부하였다. 피라미에 비해 늦게 도입되었으나 도입 초기부터 개체수가 급격히 증가하여 매우 높은 우점률을 나타내었다. 양양남대천에서는 1990년까지는 출현하지 않았고 2006년 14.5%, 2013년 23.8%로 급격히 증가하였다. 참갈겨니 개체군은 도입된 이후 잘 적응하여 개체군이 급격히 증가하고 있었다. 연곡천에서는 2006년에서 0.2%로 소수 개체가 출현하였으나 2013년에는 출현하지 않았다. 정착 유무를 판단하기 위해서는 지속적인

조사가 이루어져야 할 것으로 생각되며(Byeon, 2014; Kim *et al.*, 2006a) 배봉천에서는 2013년에 7.8%로 출현하였다(Ko *et al.*, 2013). 참갈겨니는 피라미 보다 동해안 수역으로 늦게 도입되었으나 계류와 소가 광범위하게 분포하는 하천 특성으로 개체군이 급격히 증가하는 것으로 생각된다.

새코미꾸리는 1996년 이전에는 강릉남대천에서 출현하지 않았으며 2005년 0.3%, 본 조사에 0.7%가 출현하였다. 상류와 중·중류에서 이르는 광범위한 수역에서 출현하였으며 출현 개체수는 많지 않았으나 당연생 치어가 확인되는 것으로 보아 정착한 것으로 생각된다. 양양남대천에서는 출현하지 않았으며 연곡천에는 2006년에 소수 개체(0.8%)가 출현하였고 2013년에는 출현하지 않아 정착 유무 판단을 위해 지속적인 조사가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

참종개는 1996년 이전에는 강릉남대천에서 출현하지 않았으며 2005년 0.1%로 출현하였으나 본 조사에서는 출현하지 않았다. 양양남대천에서 1986년에 1개체가 출현하기 시작하였고 1996년에는 출현하지 않았고 2006년에 1개체가 출현하였으며 2013년에는 출현하지 않았다(Byeon, 2014). 연곡천과 배봉천에서 참종개의 도입 및 출현에 대한 기록이 없으며 강릉남대천과 양양남대천에 있어 정착 여부 확인을 위해서는 지속적인 조사가 필요한 상태이다.

통가리는 1973년 이전에는 강릉남대천에서 출현하지 않았으며 1985년부터 출현하기 시작하였으며(Byeon, 2014) 1986년 0.2%, 1996년에는 출현하지 않았고 2005년 4.6%, 본 조사에서는 0.7%가 출현하였다. 상류역인 도마리(St. 2)에서 4개체, 어흘리(St. 5) 2개체, 금산리(St. 6) 3개체, 홍제동(St. 3) 4개체 등으로 중류역을 중심으로 비교적 광범위하게 분포하였으나 출현량은 희소하였다. 다른 어종에 비해 매우 빠른 시기에 강릉남대천으로 도입되어 1985년부터 지속적으로 출현하므로 정착한 것으로 판단되며 서식 개체수는 적은 것으로 생각된다. 양양남대천과 연곡천에서는 출현하지 않았고 배봉천에서는 2013년에 1.3%로 출현하였다(Ko *et al.*, 2013). 통가리와 동일속에 속하며 한국 고유종인 자가사리(*Liobagrus mediadiposalis*)는 양양남대천에서 2006년 0.4%로 출현하기 시작하여 2013년 1.7% 이었다. 도입된 이후 지속적으로 출현하므로 정착된 것으로 판단되며 연곡천에서는 2006년에 0.9%, 2013년에는 0.7% 이었으며 도입 후 지속적으로 출현하므로 정착된 것으로 판단된다(Byeon, 2014). 그러나 강릉남대천에서는 출현하지 않았다.

꺾지는 1973년 이전에는 강릉남대천에서 출현하지 않았으며, 1986년 0.1%, 1996년과 2005년에는 출현하지 않았고, 본 조사에서는 0.4%로 출현하였다. 꺾지는 다른 어종에 비해 매우 빠른 시기에 강릉남대천으로 도입되었으며 도입 초기에는 적응 번식이 원활하지 않아 개체수가 매우 희소한 상태이어서 채집이 되지 않았으나 소멸된 것은 아니며 일부

Table 3. The relative abundance of introduced fish in Gangeungnamdae Stream from 1973 to 2014

Scientific name	Choi and Joen (1968)	Choi <i>et al.</i> (1973)	Choi <i>et al.</i> (1982)	Choi (1986)	Kim <i>et al.</i> (1996)	Song <i>et al.</i> (2005)	Present study
<i>Ladislabia taczanowskii</i>						0.2	2.4
<i>Pungtungia herzi</i>						9.4	10.6
<i>Coreoleuciscus splendidus</i>							3.4
<i>Squalidus gracilis majimae</i>						1.5	5.3
<i>Pseudogobio esocinus</i>						1.1	0.6
<i>Rhynchocypris kumgangensis</i>							0.6
<i>Zacco platypus</i>			0.8	21.2	2.3	15.3	19.3
<i>Zacco koreanus</i>					2.1	10.2	25.2
<i>Koreocobitis rotundicaudata</i>						0.3	0.7
<i>Iksookimia koreensis</i>						0.1	
<i>Liobagrus andersoni</i>				0.2		4.6	0.7
<i>Coreoperca herzi</i>				0.1			0.4

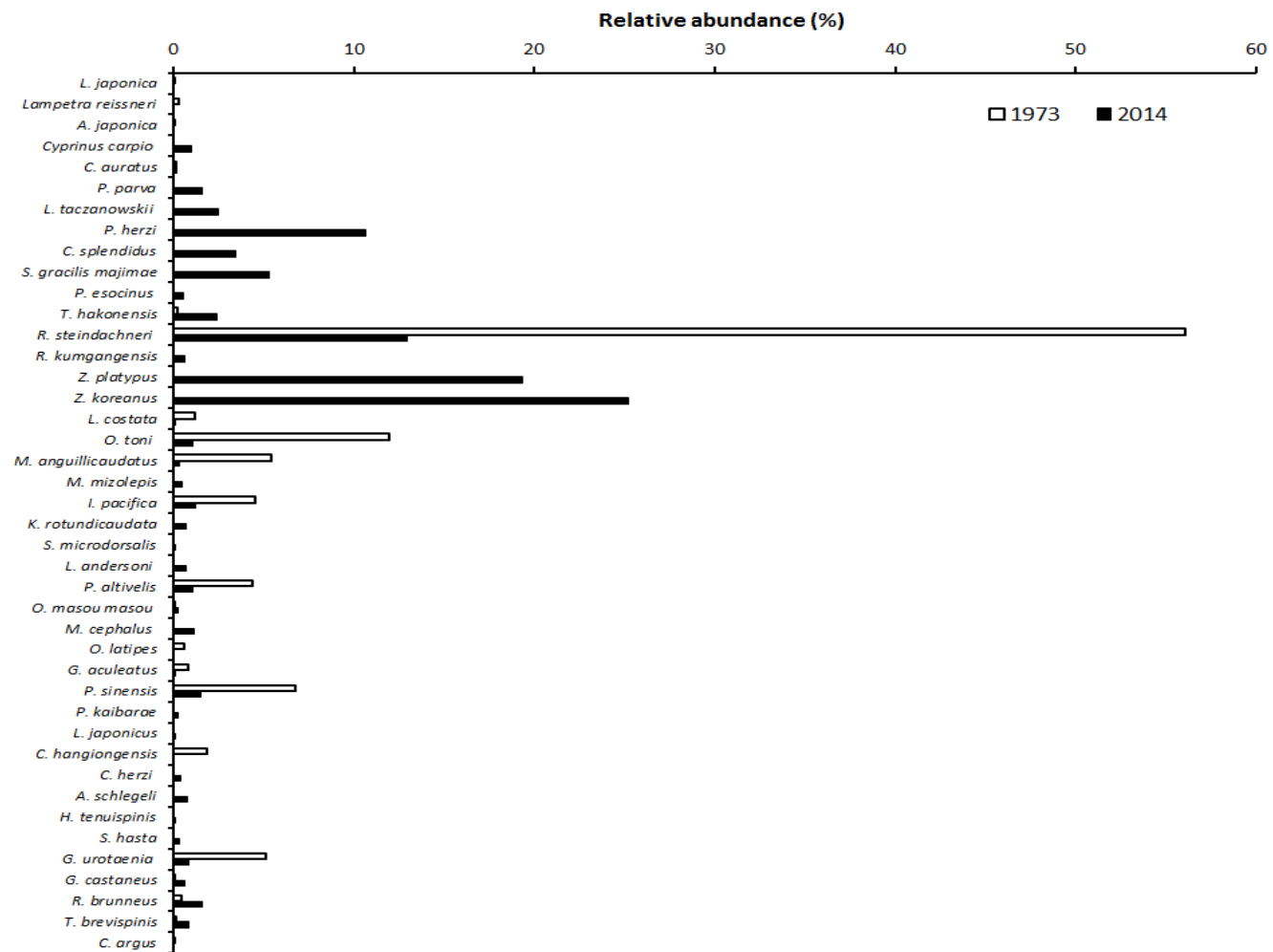


Figure 3. The relative abundance of collected fishes change in Gangeungnamdae stream 1973 and 2014

개체가 현재까지 서식하고 있는 것으로 판단되며 중류역을 중심으로 분포하였다. 양양남대천에서는 1986년부터 7.7%로 출현하기 시작하였으며 1996년 17.7%, 2006년에 1.9%, 2013년에 3.6%로 출현하였다. 1980년 초에 양양군 서면 황이리 주민이 북한강 수계인 인제군에서 포획하여 이입 방류한 것으로 알려져 있으며 도입된 이후 1990년대에 개체군이 급격히 증가한 이후 2000년 이후에는 다소 감소하였으나 정착에 성공하여 안정적인 개체군을 유지하고 있는 것으로 생각된다. 2000년 이후 꺾지의 개체군이 감소한 것은 참갈겨니의 도입으로 먹이 경쟁이 심화된 원인으로 생각된다. 연곡천의 경우 1988년에 17.5%, 2006년에는 출현하지 않았고 2013년 1.9%가 출현하여 정착한 것으로 판단된다(Byeon *et al.*, 2014).

이상과 같이 참종개는 도입 후 정착이 되었는지 확실하지 않았으며 정착하여 개체군과 서식지가 급격히 확대되는 어종은 피라미, 참갈겨니, 돌고기, 긴몰개 등이었으며 정착되어 안정적인 개체군을 형성하였으며 서식지가 급격히 확대되지 않은 어종은 새미, 쉬리, 금강모치 등이었다. 정착하였으나 개체군이 매우 적은 어종은 꺾지와 통가리 이었다.

한강(영서) 수계에서 어류가 도입되기 전인 1973년(Choi *et al.*, 1973)과 그 후 한강 수계에서 지속적으로 어종이 도입된 2014년 조사 결과를 비교한 결과 다음과 같다(Figure 3). 칠성장어, 다묵장어, 뱀장어, 송사리, 한독종개, 가물치 등은 2014년에 출현하지 않았다. 이들 어종은 1973년 이후 수환경 교란과 하천정비 등으로 서식지가 파괴되어 출현하지 않은 것으로 생각된다. 송사리와 가물치는 강릉남대천 본류 수역에서는 출현하고 있지 않으나 지류로 연결된 소규모 농수로와 인접한 저수지에 서식하고 있을 것으로 생각된다. 1973년에 비해 개체수 구성비가 3% 이상 감소된 어종은 버들개, 종개, 북방종개, 은어(*Plecoglossus altivelis*), 가시고기 큰가시고기 등 이었고 버들개는 56.1%에서 12.9%로 가장 많이 감소하였다. 이들 어종이 급격히 감소된 원인은 수환경 악화에 일차적인 원인이 있으나 최근들어 수질과 서식지를 복원하여 수환경이 개선되었으나 이들 어종의 분포와 개체수가 회복되지 않고 있다. 이러한 원인은 한강 수계에서 일부 어종이 도입된 이후 경쟁에 실패한 원인으로 판단된다(Byeon, 2014). 버들개는 한강 수계에서 도입된 금강모치, 새미, 참갈겨니, 피라미, 돌고기 등과, 북방종개는 긴몰개, 모래무지, 새코미꾸리 등과, 은어는 피라미, 참갈겨니, 쉬리, 통가리, 꺾지 등과 생태적 지위가 중복되어 경쟁이 심화된 것으로 생각된다. 따라서 국내종이 다른 수계로 이입되었을 경우 외래종의 도입과 토착어종에 미치는 악영향이 유사하므로 무분별한 도입을 억제하는 행적적인 제도가 우선적으로 마련되어야 한다. 또한 다른 수계로 이입된 어종에 대한 개체군 조사와 토착 어종에 미치는 영향을 지속적으로

로 조사를 하여 체계적인 관리가 절실한 것으로 생각된다.

REFERENCES

- Byeon, H.K.(1999) The Effect of Variations to the Fish Community after Riverbed Improvement in the Kangnung Namdae Stream. Korean Bulletin of the KACN Ser. 18: 53-62. (in Korean with English abstract)
- Byeon, H.K.(2014) Habitat Characteric of *Coreoperca herzi* and *Coreoleuciscus*, and Effect on Introduced to Different Water System. Korean Nature Conservation. 165: 13-23. (in Korean with English abstract)
- Byeon, H.K. and B.R. Lee(2011) Restoration of Fish habitat and Musim Stream fish. Dwimok press-Cultural history. Cheongju. pp. 8-18. (in Korean)
- Byeon, H.K. J.S. Choi and J.K. Choi(1996) Fish Fauna and Distribution Characteristic of Anadromous Type Fish in Yangyangnamdae Stream. Korean J. Limnol. 29(3): 159-166. (in Korean with English abstract)
- Byeon, H.K. and S.R. Jeon(1997) Feeding habit of Bluegill, *Lepomis macrochirus* Introduced in Korea. Korean J. Environ. Biol. 15(2): 165-174. (in Korean with English abstract)
- Byeon, H.K., S.R. Jeon and D.H. Kim(1997) Ichthyofauna and Fish Community in Lake Soyang. Korean J. Limnol. 30(4): 325-335. (in Korean with English abstract)
- Choi, J.K. and H.K. Byeon(2009) Ecological Characteristics of *Cobitis pacifica* (Cobitidae) in the Yeongok Stream. J. Limnol. 42(1): 26-31 (in Korean with English abstract)
- Choi, K.C.(1986) Nature of Gangwon(Freshwater Fish). Jeongmunsa. 370pp. (in Korean)
- Choi, K.C. and S.R. Joen(1968) Studies on the Geographical Distribution of Fresh-water Fishes in East Side Area of Taebaik Mountain Chain. Korean J. Zool. 11(1): 13-21. (in Korean with English abstract)
- Choi, K.C., I.S. Kim and E.H. Choi(1973) On the Fish Fauna in the Namdae River, Gang Neung. Korean J. Limnol. 6(3~4): 21-28. (in Korean with English abstract)
- Choi, K.C. S.R. Jeon and I.S. Kim(1982) The Atlas of Korean Fresh-Water Fishes. Korean Institute of Fresh-water Biology. 71pp. (in Korean)
- Choi, K.C., S.R. Jeon, I.S. Kim and Y.M. Son(2002) Coloured Illustrations of The Freshwater Fishes of Korea. Hyangmunsa Press Co. Seoul. 220pp. (In Korean)
- Cummins, K.W.(1962) An evaluation of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special emphasis on lotic waters. Am. Midl. Nat. 67: 477-504.
- Jeon, S.R.(1980) Studies on the distribution of fresh-water fishes from Korea. Doctoral thesis of Chungang Univ. pp. 14-49. (in

- Korean)
- Jeon, S.R. and Y.J. Kim(1996) First record of the *Liobagrus andersoni* (Pisces: Amblycipitidae) from Kangneungnamsae-river and Kansongbuk-river. Korean J. Environ. Biol. 14(2): 129-133. (in Korean with English abstract)
- Kim, C.H., K.E. Hong, J.H. Kim and K.H. Kim(2006a) Ichthyofauna in Yeongok Stream, Gangneung, Korean J. Ichthyol. 18(3): 244-250. (in Korean with English abstract)
- Kim, C.H., W.O. Lee, K.E. Hong, C.H. Lee and J.H. Kim(2006b) Ichthyofauna and Fish Community Structure in Namdae Stream, Yangyang, Korea. Korean J. Ichthyol. 18(2): 112-118. (in Korean with English abstract)
- Kim, I.S.(1997) Illustrated Encyclopedia of Fauna & Flora of Korea Vol. 37 Freshwater Fishes. Ministry of Education. 592pp. (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. Kyo-Hak. 515pp. (in Korean)
- Kim, Y.U., J.G. Myung, K.H. Han and J.R. Koh(1996) The Fish Fauna of Namdae Stream in Kangreung, Korea. Korean J. Fish. Soc. 29(2): 262-266. (in Korean with English abstract)
- Ko, M.H., S.J. Moon and I.C. Bang(2013) Fish Community Structure and Inhabiting Status of Endangered Species in Baebong Stream. Korean J. KJEE. 46(2): 192-204. (in Korean with English abstract)
- Lee, T.Y. and S.Y. Kim(1987) Experimental Studies on the Mechanism of Reproductive Cycle in the Bluegill, *Lepomis macrochirus*. Korean J. Fish. Soc. 20(6): 489-500. (in Korean with English abstract)
- Lee, W.O., C.B. Kang, H.U. Park, M.C. Han, H.K. Byeon, J.G. Myeong, C.H. No, G.P. Hong, H.P. Song, B.S. Chae, K.H. Han, J.R. Go and Y.P. Hong(2003) The Introduced Fishes of Korea. Guryongmunhwasa. 128pp. (in Korean)
- Nelson, J.S.(2006) Fishes of the World(4rd ed). John Wiley & Sons, New York.
- 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. Korean J. Society of Environmental Impact Assessment. 24(4): 237-245. (in Korean with English abstract)
- Song, H.B., M.S. Byeon, D.W. Kang, C.Y. Jang, J.S. Moon and H.K. Park(2012) Population Structure of Bluegill, *Lepomis macrochirus* in Lakes of the Han River System, Korea. Korean J. Ichthyol. 24(4): 278-286. (in Korean with English abstract)
- Yang, H.J. and B.S. Chae(1997) Ecological Study on the Bluegill, *Lepomis macrochirus* Rafinesque, in the Andong-Dam Reservoir. Korean J. Limnol. 30(2): 135-143. (in Korean with English abstract)