

## 영주댐 예정지를 중심으로 한 내성천의 어류상과 군집구조의 변화

강영훈<sup>1,\*</sup> · 김상기<sup>1,2</sup> · 홍기봉<sup>1,2</sup> · 김한순<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>경북대학교 생명과학부, <sup>2</sup>경북대학교 생물교육과)

Change of Fish Fauna and Community Structure in the Naeseong Stream around the Planned Yeongju Dam. Kang, Yeong-Hoon<sup>1,\*</sup>, Sang Ki Kim<sup>1,2</sup>, Gi-Bung Hong<sup>1,2</sup> and Han-Sun Kim<sup>1</sup> (Department of Biology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea)

Ichthyological fauna and community structure were surveyed in the Naeseong Stream around the planned Yeongju Dam, Yeongju City, Gyeongsangbuk-do from April 2007 to October 2009. During the survey period, 27 species (25 genera, 10 families) were collected. Cyprinid fish comprised 63.0% (17 species) and cobitid fish comprised 7.4% (2 species). Ten of the 27 species (37.0%) were endemic species. The dominant and subdominant species based on the number of individuals was *Zacco platypus* (43.2%) and *Zacco koreanus* (15.8%), respectively. Introduced from the other native rivers and exotic fish were *Opsariichthys uncirostris amurensis*, *Leiocassis ussuriensis*, and *Micropterus salmoides* (11.1%). The declining population density of *Zacco koreanus* and its subdominant status represents a change, since, up until the mid 1990's, it was widely distributed throughout the area and was the dominant species. The distribution area of *Zacco koreanus* decreased in size; by 2009, it no longer inhabited the lower reaches of the Naeseong Stream. On the other hand, *Zacco platypus* remained the dominant species throughout the area, except for the upper-reaches of the watercourse. *Gobiobotia naktongensis* inhabited all areas of Naeseong Stream, which mainly has a sandy bottom. Analyses of the fish community revealed species diversity, evenness and dominant indices were 0.881, 0.615, and 0.230 respectively. These results showed that the main river, in which the water width and flow are abundant and which has various habitats, has a higher species diversity (0.829) than the tributary (0.735).

Key words : fish fauna, fish community, diversity, Naeseong Stream

### 서 론

수자원의 확보는 인구증가와 산업발달에 따라 필요한 현상으로 대두되어 많은 나라에서 하천관리와 댐의 건설을 추진하고 있으며 댐의 이용가치를 높이기 위하여 생물생산력의 개발 및 합리적 관리에 적극적인 연구를 하고 있다. 낙동강 수계에는 수자원의 확보 및 전력생산, 홍

수조절, 하천유지용수 확보 등의 목적으로 많은 댐이 축조되어 있으며, 대표적으로 상류지역의 안동호, 임하호, 중류지역에 합천호, 진양호, 운문호, 영천호 등이 있다. 여기에 추가적으로 정부는 경북 북부지역에 농·공 및 생활용수 공급 및 낙동강 연안지역의 홍수 피해를 경감시키기 위해 경북 영주시 평은면(낙동강지류 내성천)에 높이 50m, 길이 380m, 총 저수용량 1억8100만 t 규모의 영주댐을 계획 추진하고 있다. 영주댐이 축조되는 내성천은

\* Corresponding author: Tel: 053) 650-0186, Fax: 053) 650-0175, E-mail: pesocinus@hanmail.net

충청북도와 경상북도의 경계를 이루는 소백산맥의 동남측에서 발원하는 남원천, 죽계천, 낙화암천, 가계천이 영주시 문수면 물섬에서 합류되어, 예천군 용궁면 성저에서 낙동강으로 유입되는 유로연장 101.8 km의 낙동강 상류에 위치하는 1차지류로 상류의 계류를 제외한 대부분의 하상이 모래로 되어있는 하천이다.

댐 건설과 같은 인위적인 환경의 변화는 주변의 농경지, 산업 단지 등 조성과 같은 유역환경변화에 따라 부영양화 현상이 나타나며, 하천생태계에 있어서 고유종의 절멸 또는 이상증식 등으로 인한 어류상 변화 및 어류군집에 큰 변화를 초래하게 된다(Vanicek *et al.*, 1970; Erman, 1973; Dadzie, 1980). 댐 건설과 관련하여 어류상 및 어류군집의 변화에 대한 연구로는 임계댐(Choi and Jeon, 1977), 대청댐(Choi *et al.*, 1977; Choi, 1978), 영천댐(Yang and Chung, 1981), 합천댐(Chung and Yang, 1984), 주암댐(Choi and Hwang, 1991; Nah and Shin, 1992), 보령댐(Hong *et al.*, 1999) 및 탐진댐(Kim *et al.*, 2002) 등의 연구가 있다. 영주댐 예정지인 내성천의 어류에 대한 내용은 신증동국여지승람 토산부(Lee *et al.*, 1530)에 영주, 풍기, 봉화에 鯀口魚(은어)가 난다는 기록이 있으며, 그 이후로 Kwon(1990)에 의한 조사와 소백산 국립공원 일대의 조사에서 죽계천 상류역(Jeon and Hwang, 1995), 남원천, 죽계천, 낙화암천 상류역(Yang and Lee, 1999)에 대한 부분적 조사가 이루어져 있으나, 어류상 조사가 오래되거나 부분적으로 이루어진 것이 있을 뿐이다.

최근 하천의 오염이나 하천의 개수, 골재채취, 댐이나 보의 축조 등 인위적인 영향에 의한 어류 서식처의 교란과 파괴가 날로 심각해지고 있고, 교통 발달과 양식기술의 발달로 하천간 어류의 이동 및 외래종 유입이 빈번하여 어류의 분포상과 어류군집에 많은 변화가 있는 것으로 보고되고 있다(Lee *et al.*, 2002). 따라서 본 연구는 내성천에 서식하는 어류의 분포와 군집 구조를 밝혀 선행연구와 비교함으로써, 생태계의 변화 양상을 파악할 뿐 아니라 댐 건설 후 내성천 수계의 하천생태계 복원 및 종다양성 보존을 위한 기초 자료로 제공하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 조사 기간 및 정점

조사는 2007년 4월부터 2009년 10월까지 동계를 제외하고 각 지점당 4회씩 실시하였다. 조사 지점은 Fig. 1과 같이 19개 지점을 선정하였으며, 조사 시기와 그 행정 지명은 아래와 같다.

- 1차 조사: 2007년 4월 27일~4월 30일
- 2차 조사: 2008년 5월 9일~5월 12일
- 3차 조사: 2008년 8월 11일~8월 15일
- 4차 조사: 2009년 10월 9일~10월 12일

- St. 1: 경북 영주시 순흥면 순흥리(죽계천 상류)
- St. 2: 경북 영주시 아지동(죽계천 하류)
- St. 3: 경북 영주시 상줄동(남원천)
- St. 4: 경북 봉화군 봉화읍 화천리(낙화암천)
- St. 5: 경북 봉화군 물야면 보문리 보문교(가계천 상류)
- St. 6: 경북 봉화군 봉화읍 삼계리(가계천 하류)
- St. 7: 경북 영주시 문수면 월호리(서천)
- St. 8: 경북 영주시 평은면 천본리(토일천)
- St. 9: 경북 봉화군 봉화읍 문단리 요산(내성천 본류)
- St. 10: 경북 영주시 이산면 석포리 석포교(내성천 본류)
- St. 11: 경북 영주시 이산면 신천리 내매(내성천 본류)
- St. 12: 경북 영주시 평은면 금광리 평은교(내성천 본류)
- St. 13: 경북 영주시 평은면 강동리 송리원교(내성천 본류)-댐 예정지
- St. 14: 경북 영주시 평은면 용혈리 미림교(내성천 본류)
- St. 15: 경북 영주시 문수면 조제리(내성천 본류)
- St. 16: 경북 예천군 보문면 보문대교(내성천 본류)
- St. 17: 경북 예천군 호명면 호명교(내성천 본류)
- St. 18: 경북 예천군 지보면 원곡리 경진교(내성천 본류)
- St. 19: 경북 예천군 용궁면 동림리(내성천-낙동강 합류점)

### 2. 조사 방법

조사지점은 어류 채집의 효율성과 하천의 생태적 환경 특성을 고려하여 지점을 선정하였고, 하천의 형태 구분은 Kani(1944)에 의거하였다. 하상구조는 Cummins(1962)의 방법을 사용하였다.

채집은 각 지점의 300 m 범위내에서 1시간씩 투망(망목 7×7 mm), 반두(망목 5×5 mm) 및 유인어망(망목 1×1 mm)을 사용하였다. 채집된 어류는 현지에서 확인 후에 방류하였으며, 일부 개체는 10% 포르말린 용액으로 고정하여 정확한 종 동정에 활용하였다. 종의 검색에는 국내에서 지금까지 발표된 검색표(Uchida, 1939; Chyung, 1977; Choi *et al.*, 1990; Kim, 1997; Kim and Park, 2002; Kim *et al.*, 2005)를 이용하였으며, 과(family)의 분류 체계는 Nelson(2006)에 따라 분류 배열하였다.

개체수는 각 조사지점에서 채집된 총개체수로서 나타내었다. 상대풍부도(relative abundance, %)는 각 종의 개체수/총개체수, 항존도(Constancy, %)는 각 종이 출현한 지점수/총 조사지점수로 나타내었다. 어류의 군집분석에

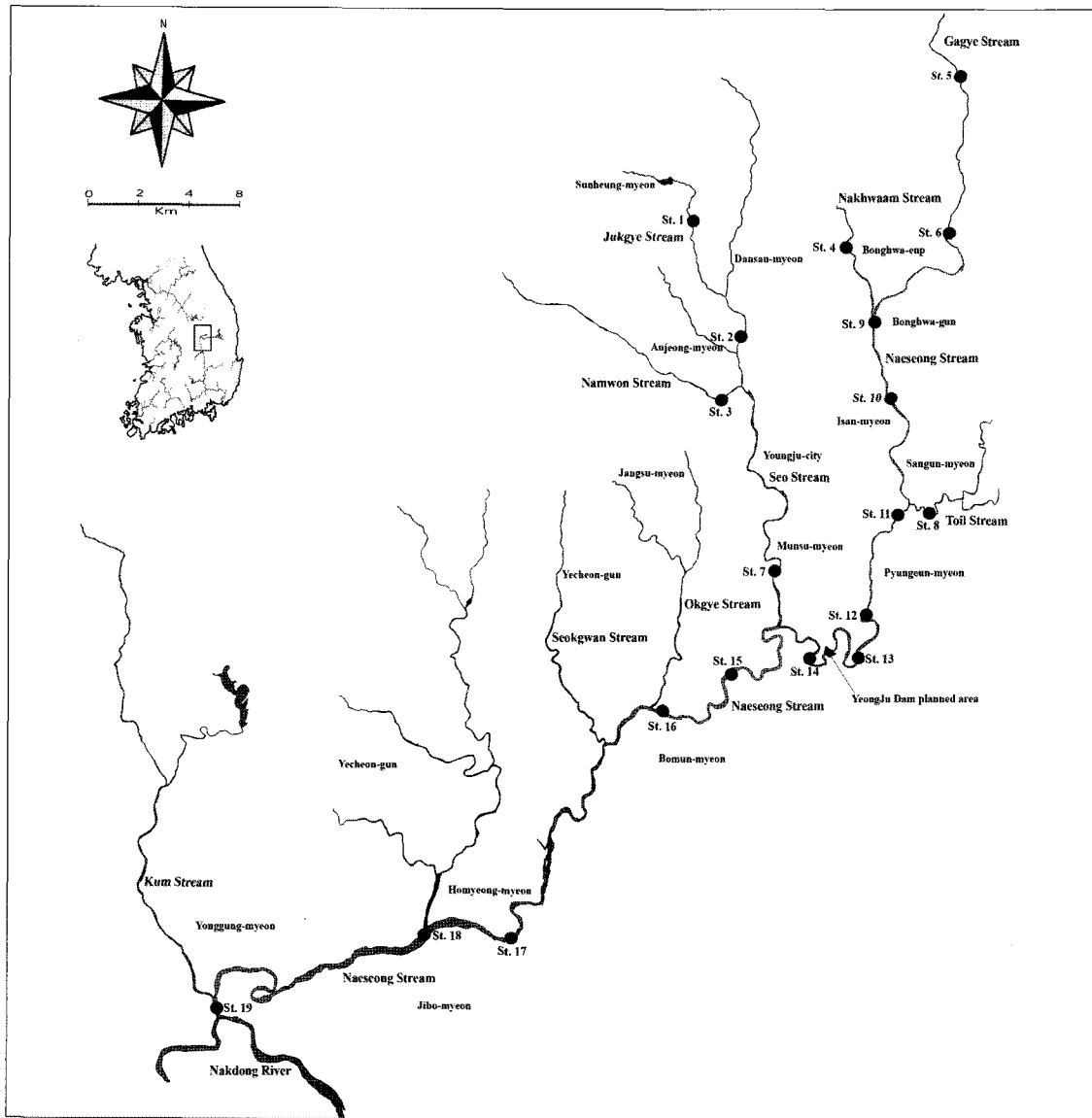


Fig. 1. Study stations in the Naeseong Stream, Gyeongsangbuk-do, Korea.

는 종다양도, 우점도, 균등도, 그리고 군집유사도를 구하였다. 종다양도는 Shannon diversity index, 우점도는 Simpson dominance index, 균등도는 Pielou evenness index, 그리고 군집유사도는 Horn's index에 따라 산출하였다(Shannon and Weaver, 1949; Simpson, 1949; Horn, 1966; Pielou, 1966).

**결과 및 고찰**

**1. 조사 지역의 환경**

이번 연구에서 확인한 내성천 조사 지점의 하천 형태

구분 및 물리적 특징은 Table 1에 나타내었다. St. 1~8은 내성천의 지류역(죽계천, 남원천, 낙화암천, 가계천, 토일천, 서천)이며, St. 9~19는 본류역이다. 지류의 조사지점 중 St. 1은 죽계천 상류로 하상의 대부분은 암반, 호박돌(boulder, >256 mm) 및 왕자갈(cobble, 64~256 mm)로 이루어진 Aa형 하천이다. St. 2는 죽계천 중하류로 하상은 대부분 모래(sand, 2~0.06 mm)와 잔자갈(pebble, 16~64 mm)로 이루어졌고 하천 가장자리에 수변식물이 잘 발달되어 있고 하천형은 Bb-Bc 이행형이다. St. 3은 남원천으로 하상은 호박돌, 왕자갈, 잔자갈로 이루어진 Aa형 하천이다. St. 4는 낙화암천 상류로 하상은 대부분 모래와 잔자갈로 이루어졌고, 농업용수 확보를 위해 축조된 보에

**Table 1.** Physical characteristics of each station in the study.

Station	River width (m)	Water width (m)	Water depth (cm)	River type	Bottom structure (%)						
					R	B	C	P	G	S	S
1	10~15	2~8	20~60	Aa	40	40	20	-	-	-	-
2	30~40	7~20	20~80	Bb-Bc	-	-	-	10	10	80	-
3	200~220	7~15	20~80	Aa	5	30	30	20	10	5	-
4	30~40	10~12	20~200	Aa-Bb	-	-	10	15	10	60	5
5	30~35	10~15	20~90	Aa-Bb	-	15	30	35	10	10	-
6	80~90	20~30	30~200	Bb	-	10	20	25	5	40	-
7	150~180	30~50	30~120	Bc	-	-	-	10	5	75	10
8	20~30	2~7	10~40	Bb	-	-	30	30	10	30	-
9	150~200	10~40	10~90	Bb	-	5	30	30	10	20	5
10	150~250	40~70	20~100	Bc	-	-	-	5	20	70	5
11	180~200	60~70	20~110	Bc	-	-	-	-	5	90	5
12	180~200	7~30	20~50	Bc	-	-	-	10	5	85	-
13	150~200	20~70	20~120	Bc	-	-	5	10	5	80	-
14	200~250	20~30	20~100	Bc	-	-	5	5	10	80	-
15	170~200	30~60	30~150	Bc	-	-	-	5	5	90	-
16	200~250	10~30	20~150	Bc	-	-	10	20	10	50	10
17	200~210	20~60	20~100	Bc	-	-	-	20	5	65	10
18	200~250	20~50	30~160	Bc	-	-	-	10	10	70	10
19	250~300	20~50	20~130	Bc	-	-	-	5	5	85	5

Bottom structures: R(rock bed), B(boulder, >256 mm), C(cobble, 64~256 mm), P(pebble, 16~64 mm), G(Granule, 2~16 mm), S(sand, 2~0.06 mm), S(Silt, 0.06 mm<)

의해 정수구역이 곳곳에 발달해 있다. St. 5와 6은 가계천으로 하상은 호박돌, 왕자갈, 잔자갈, 모래로 이루어졌고 하천형은 Aa-Bb이행형 및 Bb형이다. St. 7은 영주시를 지나는 서천으로 하상은 주로 모래로 되어 있으며, 수변부 식생이 빈약한 개방형 하천이다. St. 8은 토일천으로 하류부는 왕자갈, 잔자갈, 모래로 되어 있는 Bb형 하천이다. St. 9~19는 모두 내성천 본류에 위치해 있는 조사지점으로서 하상구조는 대부분 모래와 약간의 잔자갈과 켄트로 이루어진 Bc형 하천이다.

## 2. 어류상과 분포

### 1) 어류상

이번 연구에서 채집된 어류는 10과 25속 27종이었다 (Table 2). 이는 낙동강에 서식한다고 밝혀진 어종 수 23과 62속 82종(Yang, 1973)의 32.9%에 해당한다. 조사 어종 중 잉어과(Cyprinidae) 어류는 17종으로서 전체 채집된 어종의 63.0%를 차지하여 가장 많은 종이 확인되었으며, 미꾸리과(Cobitidae)는 2속 2종이 출현하여 7.4%를 차지하였다. 그 외에 메기과(Siluridae), 동자개과(Bagridae), 통가리과(Amblycipitidae), 송사리과(Adrinaichthyidae), 꺾지과(Centropomidae), 동사리과(Odontobutidae), 망둥어과(Gobiidae), 검정우럭과(Centrachidae)가 각각 1

종씩 출현하였다. 잉어과와 미꾸리과 어류가 구성종의 대부분을 차지하는 이와 같은 어류상은 동아시아 담수어류상의 특징과 잘 일치하며, 한반도의 서한아지역과 남한아지역에서 공통적으로 나타나는 현상이다(Jeon, 1980).

전체 출현종 27종 가운데 한국고유종은 5과 10종으로 전체 어종수의 37.0%를 차지하였으며, 국내 다른 수계 또는 외국으로부터 낙동강수계로 도입된 것으로 알려진(Kim et al., 1996; Lee et al., 2002) 이입종은 끄리(*Opsariichthys uncirostris amurensis*), 대농갱이(*Leiocassis ussuriensis*), 배스(*Micropterus salmoides*) 3종이 조사되었다. 한국고유종의 비율은 낙동강의 다른 지류인 위천(Chae et al., 1998)의 40%, 밀양강(Chae et al., 1999)의 42.9%, 남강(Kum and Yang, 2002)의 40%보다 낮았으나, 한반도 하천의 평균적인 고유종의 빈도 22.5%(Nam, 1996)보다는 높은 고유성을 나타내었다. 고유종 가운데는 잉어과가 6종으로 전체 고유종의 60.0%를 차지하여 가장 높은 빈도를 나타내었다. 이와 같은 잉어과의 높은 고유성의 경향은 한반도 전체의 담수어에 대한 고유성 정도와 잘 일치하고 있다(Choi et al., 1989; Kim, 1997).

내성천 본류부와 각 지류 수계의 조사지점별 종조성을 비교하여 보면, 평균 9.9종이 채집되었다. 내성천의 지류부인 St. 1~8에서는 3~11종이 채집되었으며, 본류부인 St. 9~19에서는 5~18종이 채집되었다. 조사지점 중 본류

Table 2. List of species and numbers collected fish from the studied stations of Naeseong Stream.

Fish species	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	St.10	St.11	St.12	St.13	St.14	St.15	St.16	St.17	St.18	St.19	Total	%	
<b>Cyprinidae</b>																						
<i>Cyprinus carpio</i>															1				1		2	0.06
<i>Carassius auratus</i>		1		1	1	1	1	1	3	16					1	10	9	8			53	1.72
* <i>Acheilognathus koreensis</i>																		1			1	0.03
<i>Pseudorasbora parva</i>		8	2		1	1			5	7			3					1			13	0.42
<i>Pungtungia herzi</i>														3	5	6		3			48	1.56
* <i>Coreoleuciscus splendidus</i>											2	6	9	3	10	25					15	0.49
* <i>Squalidus gracilis majimae</i>		40	13	26	51	1		12	10	10		10	14	5	6	2	1	5	3		217	7.05
<i>Hemibarbus labeo</i>													9	6	2	9	1				40	1.30
<i>Hemibarbus longirostris</i>												1	17				3				21	0.68
<i>Pseudogobio esocinus</i>		11					2	18	3	24		13	12	10	44	32	8	31	12		220	7.15
* <i>Gobiobotia naktongensis</i>												14	6	13	17	69	4	78			203	6.60
* <i>Microphysogobio yaluensis</i>		27	6	7	8	5		17	18	10		1	4	2		1					14	0.45
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i>																					106	3.44
<i>Aphyocypris chinensis</i>																					3	0.10
<i>Zacco platypus</i>		117	35		4		20	26	78	110	20	94	105	113	74	224	77	193	39		1329	43.18
* <i>Zacco koreanus</i>		21	63	27	52	70		11	17	11		35	37	21							485	15.76
<i>Opsariichthys uncirostris amurensis</i>							7		10	9	1	4	16	3	13	29	10	39	8		149	4.84
<b>Cobitidae</b>																						
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>		5	3	2	2	1		7	4	1	1	2				7		2			37	1.20
* <i>Cobitis hankugensis</i>		1	1	2	2					5		2	3	6	3	3	7	5			40	1.30
<b>Siluridae</b>																						
<i>Silurus asotus</i>		1													1						2	0.06
<b>Bagridae</b>																						
<i>Leiocassis ussuriensis</i>												1				1		2			4	0.13
<b>Amblycipitidae</b>																						
* <i>Liobagrus mediadiposalis</i>																					1	0.03
<b>Adrianichthyidae</b>																						
<i>Oryzias latipes</i>																12		8			20	0.65
<b>Centropomidae</b>																						
* <i>Coreoperca herzi</i>												1						1			2	0.06
<b>Odontobutidae</b>																						
* <i>Odontobutis platycephala</i>		2	2	1	1	1		3	2	3	2	2	3	4	2	7	2	4			41	1.33
<b>Gobiidae</b>																						
<i>Rhinogobius brunneus</i>																3					4	0.13
<b>Centrarchidae</b>																						
* <i>Micropterus salmoides</i>		2							1									5	1		8	0.26
Number of species	3	11	8	9	9	6	4	6	12	15	5	16	13	13	12	15	9	18	5		27	
Number of individuals	50	255	90	105	186	76	30	82	154	222	26	189	238	190	173	438	121	390	63		3078	

\*Exotic species, \*Korean endemic species

**Table 3.** Comparison of ichthyofaunal changes in Naeseong Stream.

Fish species	Kwon, 1990		Chae <i>et al.</i> , 1996		Present study, 2009		Total	
	Indi.	R.A (%)	Indi.	R.A (%)	Indi.	R.A (%)	Indi.	R.A (%)
<b>Petromyzontidae</b>								
<i>Lethenteron reissneri</i>	56	1.98	18	1.05			74	0.97
<b>Anguillidae</b>								
<i>Anguilla japonica</i>	3	0.11					3	0.04
<b>Cyprinidae</b>								
<i>Cyprinus carpio</i>					2	0.06	2	0.02
<i>Carassius auratus</i>	83	2.94	46	2.68	53	1.72	182	2.39
* <i>Rhodeus uyekii</i>	4	0.14	4	0.23			8	0.11
* <i>Acheilognathus koreensis</i>	2	0.07	11	0.64	1	0.03	14	0.18
<i>Acheilognathus macropterus</i>			10	0.58			10	0.13
<i>Pseudorasbora parva</i>	6	0.21	8	0.47	13	0.42	27	0.35
<i>Pungtungia herzi</i>	35	1.24	47	2.74	48	1.56	130	1.71
* <i>Coreoleuciscus splendidus</i>	6	0.21	6	0.35	15	0.48	27	0.35
* <i>Squalidus gracilis majimae</i>	366	12.99	198	11.55	217	7.05	781	10.26
* <i>Squalidus chankaensis tsuchigae</i>			28	1.63			28	0.37
<i>Hemibarbus labeo</i>					40	1.29	40	0.52
<i>Hemibarbus longirostris</i>	1	0.03	7	0.41	21	0.68	29	0.38
<i>Pseudogobio esocinus</i>	6	0.07	17	0.99	220	7.14	243	3.19
* <i>Gobiobotia naktongensis</i>	4	0.14	4	0.23	203	6.59	211	2.77
* <i>Microphysogobio koreensis</i>	30	1.06	12	0.70			42	0.55
* <i>Microphysogobio yaluensis</i>	169	5.99	153	8.93	14	0.45	336	4.41
* <i>Microphysogobio jeoni</i>	4	0.14	12	0.70			16	0.21
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i>	1004	35.64	232	13.54	106	3.44	1342	17.64
<i>Aphyocypris chinensis</i>					3	0.09	3	0.04
<i>Zacco platypus</i>	79	2.80	177	10.33	1329	43.17	1585	20.83
* <i>Zacco koreanus</i>	500	17.74	429	25.03	485	15.75	1414	18.58
<i>Opsariichthys uncirostris amurensis</i>					149	4.84	149	1.96
<b>Cobitidae</b>								
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	30	1.06	12	0.70	37	1.20	79	1.04
<i>Misgurnus mizolepis</i>	3	0.11	2	0.12			5	0.06
* <i>Cobitis hankugensis</i>	195	6.92	132	7.70	40	1.29	367	4.82
<i>Cobitis tetralineata</i>	15	0.53					15	0.19
* <i>Niwaella multifasciata</i>	1	0.03	5	0.20			6	0.08
<b>Bagridae</b>								
<i>Leiocassis ussuriensis</i>					4	0.13	4	0.05
<b>Siluridae</b>								
<i>Silurus asotus</i>	8	0.28	6	0.35	2	0.06	16	0.21
* <i>Silurus microdorsalis</i>	2	0.07	2	0.12			4	0.05
<b>Amblycipitiidae</b>								
* <i>Liobagrus mediadiposalis</i>	109	3.87	35	2.04	1	0.03	145	1.91
<b>Adrianichthyidae</b>								
<i>Oryzias latipes</i>			5	0.29	20	0.64	25	0.33
<b>Centropomidae</b>								
* <i>Coreoperca herzi</i>			5	0.29	2	0.06	7	0.09
<b>Centrarchidae</b>								
* <i>Micropterus salmoides</i>					8	0.26	8	0.11
<b>Odontobutidae</b>								
* <i>Odontobutis platycephala</i>	87	3.09	50	2.92	41	1.33	178	2.34
<b>Gobiidae</b>								
<i>Rhinogobius brunneus</i>	7	0.25	34	1.98	4	0.13	45	0.59
<b>Belontiidae</b>								
<i>Macropodus chinensis</i>	3	0.11	3	0.18			6	0.08
No. of individuals		2817		1714		3078		7609
No. of family		8		10		10		13
No. of species		29		32		27		39

\*Exotic species, \*Korean endemic species

부인 St. 10, 12, 16, 18에서는 15~18종으로 다양한 어종이 서식하는 것으로 조사되었다. 이는 유량이 풍부하고 소와 여울, 수변부 식생의 다양성 등 어류의 서식에 양호한 환경이 유지된 결과로 판단된다. 반면, 이 중 죽계천 상류인 St. 1에서 3종으로 가장 빈약한 어류상을 나타내었는데, 이 지점의 하상이 바위, 호박돌, 왕자갈로 이루어져 있고, 유수폭이 좁고, 유속이 빨라 어류의 서식환경이 제한되기 때문이라 생각된다. 지류인 서천(St. 7)과 본류인 St. 11, 19에서 각각 4종, 5종으로 빈약한 것은 수변 식생이 빈약하고 하상의 정비와 직강화 공사 등으로 서식 환경이 단순화된 부분이 많기 때문으로 판단된다.

내성천 일대의 어류상에 대한 연구로는 권(1990)이 8과 29종을 보고하였고, 채 등(1996)은 10과 32종이 서식한다고 보고하였다. 이를 통해 내성천 일대에 서식하는 어종은 33종임을 확인한 바가 있으며, 본 조사에서 새롭게 확인된 6종(잉어, 누치, 왜물개, 끄리, 대농갱이, 배스)을 포함하면 현재까지 서식이 확인된 어종은 39종이다(Table 3). 선행연구와 본 연구의 어류상의 차이는, 첫째, 조사지점의 차이에 의한 점을 들 수 있으며, 둘째, 하천의 직강화와 호안 공사로 수변 식생의 파괴 및 하천내 유량 감소와 수질 악화 등에 의한 환경 변화로 종의 절멸 및 희소종으로 전락한 점, 셋째, 외래 이입종(e.g. 끄리, 배스)에 의한 어류군집의 교란이 그 원인으로 판단된다. 특히 본 조사지점들에서 한때 서식한 것으로 알려진 환경부

멸종위기종인 다목장어와 모래주사 및 뱀장어, 각시붕어, 큰납지리, 참물개, 뿔경모치, 미꾸라지, 줄종개, 수수미꾸리, 버들붕어의 11종은 본 조사에서 확인하지 못하였으며, 뱀장어는 1990년 보고 후로 채집 및 주민들에 의한 청문으로도 확인되지 않았다. 이는 낙동강하구둑 축조 후(1987년) 실뱀장어의 소상이 내성천 유역까지 이르지 못해 더 이상 서식하지 않는 것으로 판단된다.

## 2) 우점종 및 종별 미세분포

본 연구를 통해 내성천 일대에서 서식하는 담수어류 중 우점종은 피라미(43.17%), 아우점종은 참갈겨니(15.75%)로 나타났다(Table 3). 모래무지, 긴물개, 흰수마자, 끄리, 버들치가 상대풍부도(R.A) 3.44~7.14%로 나타나 상대적으로 많이 서식하고 있었다. 그러나 잉어, 칼납자루, 왜물개, 메기, 자가사리, 곱지는 1~3개체만 출현하여 희소종임을 확인하였다.

각 조사지점별 우점종과 아우점종을 비교한 결과는 Table 4와 같다. 본 연구에서 확인한 내성천 전 유역의 각 지점에서 가장 많이 우점종으로 출현하는 종은 11곳의 조사지점에서 우점종으로 나타난 피라미로 확인되었으며, 그 다음으로 참갈겨니가 7곳에서 우점종으로 나타났다. 조사지점별 우점종을 살펴보면, 내성천의 지류이며 죽계천 상류인 St. 1에서는 버들치가 우점종, 참갈겨니가 아우점종으로 나타났다. St. 4~10까지의 지류하천에서는

**Table 4.** Dominant and subdominant species in the studied stations of Naeseong Stream.

Station	No. of species	Dominant species	Subdominant species
1	3	<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> (54.0%)	<i>Zacco koreanus</i> (42.0%)
2	11	<i>Zacco platypus</i> (45.8%)	<i>Zacco koreanus</i> (24.7%)
3	8	<i>Zacco platypus</i> (38.8%)	<i>Zacco koreanus</i> (30.0%)
4	9	<i>Zacco koreanus</i> (49.5%)	<i>Squalidus gracilis majimae</i> (24.7%)
5	9	<i>Zacco koreanus</i> (64.5%)	<i>Squalidus gracilis majimae</i> (27.4%)
6	6	<i>Zacco koreanus</i> (92.1%)	-
7	4	<i>Zacco koreanus</i> (66.6%)	<i>Opsariichthys bidens</i> (23.3%)
8	6	<i>Zacco koreanus</i> (31.7%)	<i>Pseudogobio esocinus</i> (21.9%)
9	12	<i>Zacco koreanus</i> (50.6%)	<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> (11.7%)
10	15	<i>Zacco koreanus</i> (49.5%)	<i>Pseudogobio esocinus</i> (10.8%)
11	5	<i>Zacco platypus</i> (76.9%)	-
12	16	<i>Zacco platypus</i> (49.7%)	<i>Zacco koreanus</i> (18.5%)
13	13	<i>Zacco platypus</i> (43.1%)	<i>Zacco koreanus</i> (15.5%)
14	13	<i>Zacco platypus</i> (59.4%)	<i>Zacco koreanus</i> (11.1%)
15	12	<i>Zacco platypus</i> (42.7%)	<i>Pseudogobio esocinus</i> (25.4%)
16	15	<i>Zacco platypus</i> (51.1%)	<i>Gobiobotia naktongensis</i> (15.7%)
17	9	<i>Zacco platypus</i> (63.6%)	<i>Opsariichthys uncirostris amurensis</i> (8.3%)
18	18	<i>Zacco platypus</i> (49.4%)	<i>Gobiobotia naktongensis</i> (20.0%)
19	5	<i>Zacco platypus</i> (61.9%)	<i>Pseudogobio esocinus</i> (19.0%)
Total	27	<i>Zacco platypus</i> (43.2%)	<i>Zacco koreanus</i> (15.8%)

참갈겨니가 우점종을 이루고 있었다. 이의 결과는 권(1990)의 조사결과와 유사하게 나타났는데, 상류 지류의 경우는 수변식생이 발달한 여울부가 보전되어 여울에 주로 서식하는 것으로 알려진 과거의 어류군집을 현재도 유지하는 것으로 판단된다. 상류 지천 중 죽계천 하류인 St. 2와 남원천 하류인 St. 3에서는 피라미가 우점종, 참갈겨니가 아우점종으로 나타났으며, St. 11~19까지의 본류 수역에서는 피라미가 우점종으로 나타났다. St. 2와 3은 농업용수 확보를 위해 축조된 보에 의한 정수역의 확대가 어류군집의 변화에 영향을 미친 것으로 판단되며, 본류역에서 피라미가 우점종을 이루는 것은 수변식생의 파괴로 인한 개방공간의 확대가 수온 상승을 초래한 결과로 생각된다(Hong, 1991; Yoon, 2000).

각 종별로 출현하는 지점의 수(항존도)를 비교해 보면 피라미와 동사리는 19개 조사지점 중 16지점(84.2%)에서 출현하여 전체 어종 중 높은 항존도를 나타내었다. 그 다음으로 모래무지는 13지점(68.4%), 붕어, 진물개, 버들치, 참갈겨니, 끄리, 미꾸리, 기름종개 7종은 12지점(63.1%), 돌고기는 11지점(57.8%), 누치와 흰수마자 8지점(42.1%)의 순으로 많이 나타났다. 잉어, 참붕어, 쉬리, 참마자, 메기, 대농갱이, 꺾기, 밀어, 배스의 9종은 2~4지점(10.5~21.0%)으로 낮은 항존도를 나타내었으며, 칼납자루와 왜물개는 St. 18, 자가사리는 St. 4의 1지점에서만 출현하였다(Table 2).

본 연구에서 상대풍부도 4% 이상인 진물개, 돌마자, 버들치, 피라미, 참갈겨니, 기름종개 및 이입종으로 육식성인 끄리와 배스를 중심으로 분포역 및 개체군 크기의 변화를 비교해 보았다(Tables 3, 5). 과거의 조사결과(채 등, 1996)와 본 조사를 비교하면 진물개(11.6%→7.1%), 돌마자(8.9%→0.5%), 버들치(13.5%→3.4%), 기름종개(7.7%→1.3%) 및 참갈겨니(25.0%→15.8%) 개체군은 격감하였고, 피라미(10.3%→43.2%)는 급증하는 것으로 나타났다. 또한 본 조사에서 처음 보고되는 끄리는 중하류역에 걸쳐 넓게 분포하는 것으로 나타났고, 배스는 하류역 및 상류의 농업용수용 보 상부의 정수역에서 출현하였다. 특히, 버들치와 참갈겨니는 1990년, 1996년까지는 우점종 또는 아우점종으로 상류역에서 하류역까지 넓게 분포하였으나, 현재는 하류역에서 서식이 확인되지 않아 분포역이 좁아지고 개체수가 감소하는 것으로 나타났다. 그에 반해 피라미는 점차 개체군 크기가 커져 현재는 최상류를 제외한 전 유역에서 우점종으로 자리 잡고 있다 Lee et al. (2008)은 육식성인 외래 이입종의 분포 확대가 고유종 및 소형 어종의 개체수와 분포에 직접적인 영향을 준다고 보고하였는데, 본 조사 수역에서의 이들 어종의

개체군 변동도 육식성 외래 이입종과 수변 식생의 파괴 및 수환경의 악화가 그 원인으로 판단된다.

### 3) 주목되는 어종

내성천은 상류 지천을 제외하면 중·상류역부터 하상이 대부분 모래인 Bc형 하천으로 특이한 하상구조와 지리적 위치 등에 있어서 중요한 학술적 의의를 갖는다. 또한 영주댐 건설 후 유수환경이 정수환경으로 바뀌면서 많은 어종의 증감이 예상된다. 본 수계에서 학술적으로 추적조사가 요망되는 어종을 살펴보면 다음과 같다.

먼저 주목해야할 종은 환경부 지정 멸종위기I급인 흰수마자(*Gobiobotia naktongensis*)로, 낙동강의 흰수마자는 하상이 모래로 된 유속이 빠른 여울에 서식한다고 알려져 있다(Kang et al., 2004). 내성천에서 흰수마자는 Kwon (1990)에 의해 낙동강 합류점인 조사지점 19에서 4개체가 보고된 후, 이번 조사에서 하상이 주로 모래로 된 본류부의 11개 조사지점 중 8개 지점에서 채집되었으며, St. 16와 St. 18에서는 아우점종으로 출현하고 있다. 따라서 선행연구를 포함하면 내성천 본류의 전 유역에 서식하는 것으로 판단된다.

끄리(*Opsariichthys uncirostris amurensis*)의 경우 선행연구(Kwon, 1990; Chae et al., 1996)에서 출현하지 않았으나, 이번 연구에서는 내성천 수계의 12개 지점에서 출현하였다. 낙동강 수계에서 끄리는 Yang et al. (1997)이 우점종으로 보고한 이후, 여러 지류 하천(Jang et al., 2001; Kang et al., 2004; Kang et al., 2005; Kang, 2006)에서 우점종 또는 아우점종으로 출현하는 것으로 보고되고 있다. Jeon(1999)은 낙동강 자체가 길고 유역이 넓으며 유량이 많고, 풍부한 어류상으로 끄리가 서식하기에 적합한 환경이라고 한 바 있다.

영주댐 축조 후 정수역이 확대되면 유속이 빠른 모래 여울에 서식한다고 알려진 흰수마자의 서식처 감소로 개체수가 격감할 것으로 예측되고, 끄리는 서식처 증가로 개체군이 커질 것으로 판단된다. 또한 육식성인 끄리의 개체군이 커질 경우 흰수마자의 개체군 축소를 더욱 가속화할 가능성도 존재한다. 따라서 이들 종의 생활사, 식성 등 전반적인 조사를 통해 멸종위기종인 흰수마자의 보전대책을 세워야 할 것으로 판단된다.

### 3. 군집분석

내성천에서 확인된 어류의 전체 군집지수를 분석한 결과 종다양도 0.881, 균등도 0.615, 그리고 우점도 0.230으로 나타났다(Table 6). 본류부와 지류부의 종다양도를 비교해 보면 본류부가 0.829로 지류부의 0.735보다 높게



Table 5. Comparison of distribution area of the collected fishes in Naeseong Stream.

Fish species	Tributary															Main stream														
	Upper					Middle					Lower																			
	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	St.10	St.11	St.12	St.13	St.14	St.15	St.16	St.17	St.18	St.19											
<i>Squalidus gracilis</i>	60	62	20	22	63	-	-	-	88	-	-	-	4	-	-	-	-	7	25	10										
Chae <i>et al.</i> , 1996	24	30	38	7	31	-	-	-	-	-	-	-	12	-	-	-	-	7	25	15										
Present study	40	13	26	51	1				12	10	10	14	5	10	25															
<i>Microphysogobio yaluensis</i>	43	27	7	27	43				43									7	15	-										
Chae <i>et al.</i> , 1996	31	25	40	2	27				-									8	15	5										
Present study	12	1	1	1	1				1																					
<i>Rhychochypis oxycephalus</i>	120	45	68	207	175	64	-	-	114	-	-	-	13	-	-	-	-	14	3											
Chae <i>et al.</i> , 1996	40	5	-	-	58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-										
Present study	27	6	7	8	5				17	18	10	4	4	2	1															
<i>Zacco platypus</i>	6	12	6	12	15	1	-	-	4	-	-	-	15	-	-	-	-	-	31	10										
Chae <i>et al.</i> , 1996	6	12	15	20	20	20	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-	-	20	31	53										
Present study	117	35	4	4	4				78	110	20	94	105	113	74	224	77	193	39											
<i>Zacco koreanus</i>	83	50	58	19	116	60	-	-	28	-	-	-	22	-	-	-	-	19	19	4										
Chae <i>et al.</i> , 1996	28	50	58	62	39	41	-	-	-	-	-	45	-	-	-	-	-	31	19	12										
Present study	21	63	27	52	120	70				11	17	11	35	37	21															
<i>Opsariichthys uncirostris amurensis</i>	4	29	19	37	12	22	7	10	9	1	4	4	16	3	13	29	10	39	8											
Chae <i>et al.</i> , 1996	3	13	10	24	5	18							7	-	-	-	-	21	24	1										
Present study	1	1	1	2	2				-	5	2	2	3	6	3	3	3	7	5											
<i>Micropterus salmoides</i>	2																	5	1											
Chae <i>et al.</i> , 1996																														
Present study																														

-: probability of survival

나타났다. 이는 수변식생의 발달, 하천의 구조와 유수량 및 유기물질의 유입량과 관계가 있는 것으로 여겨진다.

각 조사지점의 종다양도, 균등도 및 우점도를 분석한 결과, 본류 수계인 St. 9~19에서는 종다양도 0.367~0.830, 균등도 0.526~0.745, 우점도 0.235~0.590이었다. 내성천

의 본류 중에서는 영주댐 건설 예정지인 St. 13에서 종다양도가 0.830으로 높았으며, St. 11에서 종다양도 0.367로 낮았다. St. 13은 내성천이 산지를 구비도는 수역으로 소와 여울 및 수변부 식생이 다른 조사지점보다 잘 발달되어 있어 어류의 서식환경이 다양하여 다양성이 높게 나타났다고, St. 11, 17, 19는 수변식생이 거의 없고 전 유폭이 개방공간이며 골재 채취장이 있는 지역으로 하천 생태계가 교란되어 다양성이 떨어지는 것으로 판단된다.

각 지류 중에서는 죽계천 하류(St. 2), 남원천 하류(St. 3), 토일천(St. 8)의 종다양도가 0.654~0.705로 높았으며, 죽계천 상류(St. 1), 가계천 하류(St. 6), 서천(St. 7)에서는 종다양도가 0.173~0.392로 상대적으로 낮게 나타났다. St. 2, 3, 8은 농업용수용 보의 축조로 일정한 유량이 유지되고 있으며 하천 주변에 수변식생이 잘 발달하여 어류의 서식환경이 양호해 다양성이 높았고, St. 1은 최상류의 산간 계류로 어류의 서식환경이 단순한 것으로 생각되며, St. 6은 상대적으로 유량이 적은 소규모 하천으로 주변에 인가와 축사에서 오염물질이 많이 유입되어 다양성이 떨어지는 것으로 생각된다. St. 7은 전 유폭에 걸쳐 수변식생이 거의 발달하지 않은 개방공간이며 군데 군데 건천으로 수류가 단절되어 다양성이 떨어지는 것으로 생각된다.

균등도지수로부터 산출된 정보이론지수를 이용하여 각 집단 간의 유사도를 구한 결과, 유사도가 높은 곳은 상류역의 St. 2와 St. 3 및 St. 4와 St. 5 사이가 0.905와 0.906이었으며, 중하류역의 St. 7과 17, St. 14와 10, 12, 13 사이 및 St. 16과 15, 18 사이 등과 같은 지점들 간에는 유

**Table 6.** Indices of fish community in the studied stations of Naeseong Stream.

Station	Diversity	Evenness	Dominance
1	0.358	0.751	0.458
2	0.654	0.628	0.297
3	0.668	0.740	0.262
4	0.617	0.647	0.320
5	0.424	0.445	0.490
6	0.173	0.222	0.847
7	0.392	0.651	0.487
8	0.705	0.906	0.208
9	0.736	0.682	0.290
10	0.818	0.696	0.270
11	0.367	0.526	0.590
12	0.744	0.618	0.293
13	0.830	0.745	0.235
14	0.676	0.607	0.374
15	0.722	0.669	0.263
16	0.747	0.635	0.300
17	0.583	0.611	0.422
18	0.723	0.576	0.301
19	0.471	0.674	0.429
Tributary	0.735	0.625	0.257
Main stream	0.829	0.586	0.288
Total	0.881	0.615	0.230

**Table 7.** Comparison of community similarities among fish communities in the studied stations of Naeseong Stream.

	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	St.10	St.11	St.12	St.13	St.14	St.15	St.16	St.17	St.18
St.2	.462																	
St.3	.528	.905																
St.4	.642	.655	.659															
St.5	.601	.719	.710	.906														
St.6	.581	.596	.576	.760	.853													
St.7	-	.666	.515	.019	.140	-												
St.8	.570	.764	.709	.405	.414	.342	.584											
St.9	.497	.891	.845	.513	.522	.367	.815	.792										
St.10	.325	.818	.724	.365	.366	.275	.844	.763	.885									
St.11	-	.720	.643	.059	.185	.057	.795	.635	.783	.790								
St.12	.337	.902	.822	.480	.532	.502	.771	.729	.860	.878	.758							
St.13	.375	.816	.836	.471	.499	.450	.797	.690	.819	.851	.793	.886						
St.14	.296	.843	.750	.369	.399	.384	.790	.703	.835	.900	.828	.936	.906					
St.15	-	.681	.524	.152	.197	.074	.838	.612	.705	.844	.713	.820	.760	.836				
St.16	.027	.698	.575	.199	.224	.077	.878	.599	.769	.841	.812	.829	.759	.861	.916			
St.17	-	.645	.542	.064	.102	.051	.918	.567	.728	.863	.809	.784	.796	.846	.838	.877		
St.18	.027	.577	.451	.049	.083	.052	.894	.558	.669	.783	.789	.781	.708	.819	.879	.942	.888	
St.19	.025	.655	.473	-	.094	-	.921	.644	.722	.834	.761	.744	.795	.802	.871	.856	.864	.876

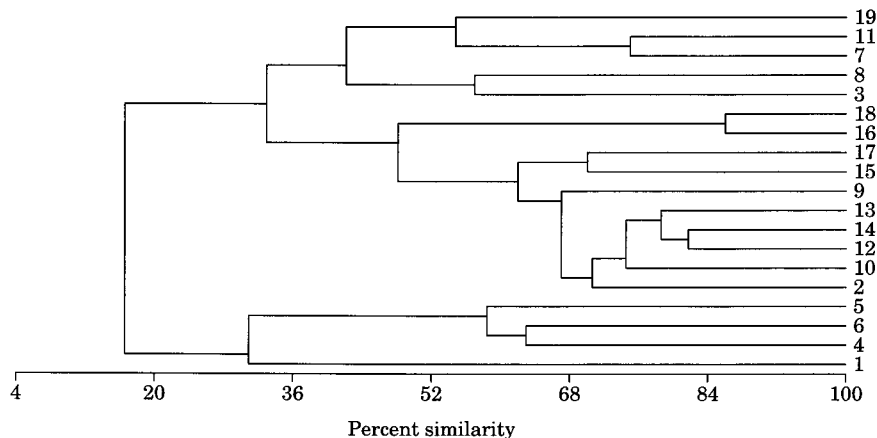


Fig. 2. A UPGMA dendrogram representing the similarity among study stations in the Naeseong Stream.

사도가 0.900~0.942로 높은 유사도를 지니고 있었다 (Table 7). 상류역은 Aa, Aa-Bb, Bb-Bc형 하천으로 하상 구조가 자갈, 왕자갈, 호박돌의 비율이 높고, 중하류역은 조사지점 모두 하상구조가 주로 모래로 이루어진 Bc형 하천으로 서식환경의 유사성으로 인해 지점들 간에 유사도가 높은 것으로 생각된다.

유사도지수를 이용한 조사지점별 유사거리를 비가중치 평균연결법(UPGMA)으로 집괴분석한 결과는 Fig. 2에 나타낸 바와 같다. 유사도 백분율 45의 수준에서 크게 5개의 집단으로 구분되는 경향이 있었다. 하천형이 산지계 류형인 Aa형을 이루는 죽계천 상류인 St. 1지점, 하천형이 Aa-Bb형과 Bb형을 이루는 낙화암천 상류에 해당하는 St. 4, 5, 6지점, 하천형이 Aa형과 Bb형인 남원천과 토일천 하류의 St. 3과 8지점, 하천형이 Bb-Bc형과 Bc형인 St. 2, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18지점 및 St. 7, 11, 19지점이 각각 다른 집단을 형성하고 있었다. St. 7, 11, 19는 Bc형 하천으로 본류부의 서식환경과 유사하나 본류역에 묶이지 않고 집단이 분리된 것은 채집 어종이 적고 피라미와 끄리가 영향을 미친 것으로 생각된다. 내성천의 어류군집은 전반적으로 하천형태형이 비슷한 지류부와 본류부 집단이 잘 구분되고 있는 것으로 나타났다.

## 적 요

2007년 4월부터 2009년 10월까지 영주댐 예정지를 중심으로 내성천 수계의 어류상을 조사한 결과 서식이 확인된 어류는 10과 25속 27종이었다. 채집된 어류 가운데 잉어과 어류가 17종(63.0%)으로 가장 많았고, 다음은 미꾸리과 어류가 2종(7.4%)이었다. 한국고유종은 5과 10종으

로 전체 출현종의 37.0%를 차지하였으며, 출현종 중에서 우점종은 피라미(43.17%), 아우점종은 참갈겨니(15.75%)였다.

국내 다른 수계 또는 외래 이입종은 끄리, 대농갱이, 배스(상대풍부도 11.1%)였다.

1990년대 중반까지 참갈겨니는 전 유역에서 우점종으로 분포하고 있었으나 본 조사에서는 아우점종으로 개체군이 감소하였고, 하류역에서는 서식하지 않아 분포역이 축소되었다. 그에 반해 피라미는 최상류를 제외한 전유역에서 우점종으로 나타났다.

환경부 멸종위기종인 흰수마자의 하상이 주로 모래로 된 본류부의 전 유역에 서식하는 것으로 나타났다.

조사지역의 어류군집을 분석한 결과 종다양도, 균등도 및 우점도지수는 각각 0.881, 0.615 및 0.230으로 나타났다. 하폭 및 유수량이 많고 다양한 서식처를 가지는 본류부의 종다양도가 0.829로 0.735의 지류부보다 높게 나타났다.

## 인 용 문 헌

- Chae, B.S., M.M. Nam, Y.H. Kang and Y.H. Yang. 1999. Fish community structure of the Miryang river, Nakdong river system. *Korean Journal of Limnology* 32(1): 58-68.
- Chae, B.S., Y.H. Kang and H.J. Yang. 1998. Fish community structure in the Wicheon river, Nakdong river system, Korea. *Korean Journal of Ichthyology* 10(1): 77-86.
- Chae, B.S., Y.H. Kang and Y.H. Lee. 1996. Ecological Report on the Nakdong River. IV. Fish fauna and community structure of the Nakdong river. Youngnam Man and Nature Society, Daegu. p. 287-402.

- Choi, C.G. and Y.G. Hwang. 1991. On the fish communities of the Posong River. *Korean Journal of Limnology* **24**(3): 199-206.
- Choi, K.C. and S.R. Jeon. 1977. On the fresh-water fishes in the expected area of the Imgye reservoir. *The Report of the KACN* **13**: 173-182.
- Choi, K.C., J.Y. Lee and T.R. Kim. 1977. Survey on the fish fauna in Geum River around Dae-Chung Dam in construction-The list of fishes and their distribution-. *Korean Journal of Limnology* **10**(1-2): 25-32.
- Choi, K.C., S.R. Jeon, I.S. Kim and Y.M. Son. 1989. The Atlas of Korean Fresh-water Fishes (9th edition). Korean Institute of Fresh-Water Biology.
- Choi, K.C., S.R. Jeon, I.S. Kim and Y.M. Son. 1990. Coloured illustrations of the Freshwater fishes of Korea. Hyangmunsa, Seoul.
- Choi, S.S. 1978. Studies on the fauna of the fresh water fishes in the upper stream of Geum River. *Korean Journal of Limnology* **11**(1-2): 27-37.
- Chung, J. and H.J. Yang. 1984. The Limnobiological study of the planned Habcheon Dam. *Research Review of Kyungpook National University* **38**: 125-141.
- Chyung, M.K. 1977. The Fishes of Korea. Iljisa pub. Co., Seoul.
- Cummins, K.W. 1962. An evaluation of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special emphasis on lotic water. *American Midland Naturalist* **67**: 477-504.
- Dadzie, S. 1980. Recent changes in the fishery of a new tropical man-made lake, Lake Kamburu (Kenya). *Journal of Fish Biology* **16**(4): 361-367.
- Erman, D.C. 1973. Upstream change in fish population following impoundment of Sagehen Creek, California. *Transactions of the American Fisheries Society* **102**(3): 626-629.
- Hong, Y.P. 1991. Studies on the distribution and community dynamics of *Zacco platypus* and *Z. temmincki* (Cyprinidae) in the Han River, Korea. Chungnam National University Ph.D. thesis.
- Hong, Y.P., M.H. Chang, H. Kang and S.S. Choi. 1999. The fish community of the Ungch'on Stream around the new Dam intended area. *Korean Journal of Environment Biology* **17**(1): 79-88.
- Horn, H.S. 1966. Measurement of "overlap" in comparative ecological studies. *American Naturalist* **100**: 419-424.
- Jang, M.H., G.I. Cho and G.J. Joo. 2001. Fish fauna of the main channel in the Nakdong River. *Korean Journal of Limnology* **34**(3): 223-238.
- Jeon, S.R. 1980. Studies on the distribution of fresh-water fishes from Korea. Jungang University Ph.D. thesis.
- Jeon, S.R. 1999. First record of the *Opsariichthys uncirostris amurensis* (Pisces: Cyprinidae) from Panbyon-river of Naktong-river system, Korea. *Korean Journal of Environmental Biology* **17**(4): 499-501.
- Jeon, S.R. and J.S. Hwang. 1995. Aquatic environments and freshwater fish fauna of the streams of Mt. Sobaek national park. *The Report of the KACN* **33**: 141-155.
- Kang, Y.H. 2006. Report on the survey of natural environment in Korea-Gudam backswamp in the upper reach of the Nakdong river-. *The Report of the KNCCN* **2**: 209-248.
- Kang, Y.H., B.S. Chae, M.M. Nam and H.S. Kim. 2005. Fish fauna and community structure of the mountain in the Mt. Biseul. *Korean Journal of Limnology* **38**(3): 289-296.
- Kang, Y.H., J.W. Seo, J.D. Keum and H.J. Yang. 2004. The fish community structure in the middle Nakdong River. *Korean Journal of Limnology* **37**(2): 227-235.
- Kani, T. 1944. Ecology of stream insects, In: Fauna and flora in Japan, Insects, 1 (Furukawa, H., ed.). Kenkyusha, Tokyo.
- Kim, D.H., S.O. Hwang, H.J. Yang, S.R. Jeon, S.S. Choi, I.S. Kim and C.K. Choi. 1996. Studies on the distribution and effect of the Exotic fishes in Dam Reservoir. Korea Institute of Water and Environment WRI-GT-96-2: 264.
- Kim, D.S., C.G. Choi, S.J. Cho and J.H. Kim. 2002. Preservation of fish community by the construction of the Tamjin Dam. *Korean Journal of Limnology* **35**(3): 237-246.
- Kim, I.S. 1997. Illustrated encyclopedia of fauna & flora of Korea. Vol. 37, freshwater fishes. Ministry of Education.
- Kim, I.S. and J.Y. Park. 2002. Freshwater fishes of Korea. Kyohaksa, Seoul.
- Kim, I.S., Y. Choi, C.L. Lee, Y.J. Lee, B.J. Kim and J.H. Kim. 2005. Illustrated book of Korean fishes. Kyohaksa, Seoul.
- Kum, J.D. and H.J. Yang. 2002. The fish fauna and its community structure in the Nam River, Nakdong River system, Korea. *Korean Journal of Limnology* **35**(3): 220-231.
- Kwon, O.T. 1990. On the ichthyofauna and ecological survey of freshwater fishes in the Naeseong River. Kyungpook National University MS thesis.
- Lee, H., E.B. Yoon, K.J. Sin, E.P. Hong, S.K. Lee, H.H. Hwang, H.B. Lee, S.R. Jeong, S.S. Sim, E.K. Sim, K. Yoon, K.C. Won, Y.J. Eo, S.Y. Chae, G. Yoon, E.S. Lee, S.J. Hong, Y. Hwang, I. Lee and K.W. Park. 1530. Sinjeung Dongguk Yeoji Seungram, part of local product.
- Lee, W.O., C.B. Kang, H.W. Park, M.C. Han, H.K. Byeon,

- J.K. Myeong, C.H. Rho, K.H. Hong, H.B. Song, B.S. Chae, K.H. Han, J.R. Kho and Y.P. Hong. 2002. Symposium for the satatus and management of introduced fishes in Korea. Symposium of Ichthyological Society of Korea.
- Lee, W.O., K.H. Kim, J.H. Kim and K.E. Hong. 2008. Study of freshwater fish fauna and distribution of introduced species of Mankyeong River, Korea. *Korean Journal of Ichthyology* 20(3): 198-209.
- Nah, C.S. and S.S. Shin. 1992. A study on the fish fauna after the construction of Chuam Dam. *Korean Journal of Ichthyology* 4(2): 55-62.
- Nam, M.M. 1996. The status of freshwater fishes in Korea. Symposium of the Korean Society of Limnology.
- Nelson, J.S. 2006. Fishes of the world. 4th ed., John Wiley & Sons, New York.
- Pielou, E.C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology* 13: 131-144.
- Shannon, C.E. and W. Weaver. 1949. The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press, Urbana.
- Simpson, E.H. 1949. Measurement of diversity. *Nature* 163: 688.
- Uchida, K. 1939. The fishes of Tyosen (Korean). Part I. Nematognathi, Eventognathi. Bulletin of the Fisheries Experiment Station, Government General of Tyosen, No. 6.
- Vanicek, C.D., R.H. Kramer and D.R. Franklin. 1970. Distribution of green river fishes in Utah and Colorado following closure of Flaming Gorge Dam. *The Southwestern Naturalist* 14(3): 297-315.
- Yang, H.J. 1973. Studies on the fishes from the Nakdong River-The list of fishes and their distribution-. *Korean Journal of Limnology* 6(1-2): 19-36.
- Yang, H.J. and J. Chung. 1981. The limnobiological study on the planned Yeongcheon artificial dam lake. *Reserch Review of Kyungpook National University* 31: 249-267.
- Yang, H.J. and Y.H. Lee. 1999. The hydro-environments for fishes, ichthyofauna and the structure of fish community in the Mt. Sobaek national park. *Journal of Korea Biota* 4: 221-236.
- Yang, H.J., B.S. Chae and S.O. Hwang. 1997. Ichthyofauna and fish community structure in the Imha-Dam reservoir, Korea. *Korean Journal of Limnology* 30(2): 145-154.
- Yoon, H.N. 2000. Studies of the inhabitation limiting factors of the genus *Zacco* in Korea. Sangmyung University. MS thesis.

(Manuscript received 24 February 2011,  
Revision accepted 14 June 2011)