

영강의 어류상과 군집구조

채병수¹ · 강영훈² · 김상기^{1,4} · 유동욱³ · 박재민³ · 하현욱³ · 황의욱^{1,3,*}

¹경북대학교 계통진화유전체학연구소, ²원화여자고등학교,
³경북대학교 생물교육과, ⁴경북대학교 생명과학부

Ichthyofauna and Fish Community Structure in the Yeong River, Nakdong River System, Korea by Byung Soo Chae¹, Yeong Hoon Kang², Sang Ki Kim^{1,4}, Dong Uk Yoo³, Jae Min Park³, Heon Uk Ha³ and Ui Wook Hwang^{1,3,*} (¹Institute for Phylogenomics and Evolution, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea; ²Wonhwa Girl's High School, Daegu 704-918, Korea; ³Department of Biology Education, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea; ⁴School of Life Science, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea)

ABSTRACT Freshwater fish fauna and community structure were investigated at thirty seven stations in the Yeong river, Nakdong river system, Korea from March to October 2013. During the surveyed period thirty nine species and two types belonging to thirteen families were collected. In this collection fishes of Cyprinidae were most numerous possessing 61.0% of all. There were seventeen Korean endemic species including *Acheilognathus koreensis*, two endangered species such as *Koreocobitis naktongensis* and *Microphysogobio koreensis* and two exotic species such as *Oncorhynchus mykiss* and *Micropterus salmoides*. Fish species transferred from other native rivers were three species such as *Opsariichthys uncirostris amurensis*, *Pseudobagrus koreanus* and *Hypomesus nipponensis*. Dominant species based on the number of individuals was *Zacco koreanus* NS (23.24%) and sub-dominant species were *Z. koreanus* NE (12.72%) and *Z. platypus* R (12.35%). The community analysis revealed that the structure of fish community in the Yeong river was very stable and diverse in having diversity 1.134, evenness 0.703, dominance 0.110 and species richness 4.348. Fish community was divided into four groups based on similarity indices among surveyed stations such as upper reach, mid-upper reach, middle reach and lower reach group.

Key words : Ichthyofauna, community structure, Yeong river, Nakdong river system, Korea

서 론

최근 하천의 오염이나 하천의 개수, 골재채취, 댐이나 보의 축조, 대규모 하천의 변경사업 등 인위적인 영향에 의한 어류 서식처의 교란과 파괴가 날로 심각해지고 있고, 교통 발달과 양식기술의 발달로 하천간 어류의 이동 및 외래종의 도입이 빈번하여 어류의 분포상과 어류군집에 많은 변화가 있는 것으로 보고되고 있다(한국어류학회, 2003; 채, 2007). 따라서 주기적으로 어류상을 조사하고 군집의 구조

를 연구하는 일은 생물종의 지사학적인 변화를 관찰하고 지식을 축적하는 데 뿐 아니라 중요한 생물자원인 담수어류의 변화를 파악하고 인위적 영향에 의해 손상된 하천을 복구하거나 멸종위기종의 복원에 반드시 필요한 기초자료를 제시하므로 매우 중요한 일로 인식되고 있다.

영강은 속리산 및 문장대의 동쪽 사면에서 발원하여 북동진한 후 문경시 마성면 신현리 진안에서 남하하여 상주시 함창읍 퇴강리에서 낙동강으로 유입하는 본류와 북쪽으로는 충청북도와 경상북도의 경계를 이루는 소백산맥의 조령 기슭에서 발원하여 남하한 후 마성면 신현리 진안에서 영강본류와 합류하는 조령천, 남쪽으로는 상주시 화북면과 화남면의 경계인 갈령에서 발원하여 남동으로 흐른 후 내

*Corresponding author: Ui Wook Hwang Tel: 82-53-950-5911
Fax: 82-53-950-6345, E-mail: uwhwang@knu.ac.kr

서면에서 북동으로 흘러 합창읍 금곡리에서 영강본류와 합류하는 이안천으로 이루어지는데, 본류의 유로연장은 66.2 km, 유역면적은 913.68 km²에 달하는 낙동강의 1차 지류이다(건설교통부, 2002). 영강의 상류부분은 대미산(1,115 m), 주흘산(1,106 m), 조령산(1,017 m), 문장대(1,033 m), 속리산(1,057.7 m) 등의 비교적 높은 산으로 이루어져 있으며, 월악산국립공원, 문경새재도립공원, 속리산국립공원으로 둘러싸여 있어 경관이 뛰어난 곳이다.

하천의 중류부에 문경시가 위치하고 있어 생활하수가 배출될 수 있으나 하수종말처리장에서 대부분 처리하여 내보내고 있으며 그 외의 평지 지역은 거의 농경지로 되어 있어서 오염원이 많지 않았다. 또한 중류지역의 가은읍과 마성면은 탄광지대로서 하천이 석탄가루로 혼탁한 적이 있었으나, 현재는 모든 탄광이 폐쇄되었고 폐광이나 철로의 일부 시설이 관광자원으로 활용될 뿐 수질에 미치는 영향은 거의 없었다. 그러나 2000년대 이후 전국의 각지에서 이루어지고 있는 하천개수공사 및 수해복구공사로 인하여 하천 생태계가 심각할 정도로 훼손되었고 더욱 최근에는 낙동강의 본류에 대한 사대강공사에 따른 하천의 개변은 그 영향권 내에 있는 지류 하천에도 심각한 영향을 미칠 것으로 생각된다. 영강의 하류역도 과거에는 모래와 자갈이 섞인 여울로 이루어진 하천의 형태를 지니고 있었으나 사대강공사로 인하여 수심이 깊고 수변 식생이 모두 사라진 정수생태계로 변화한 상태이다. 따라서 이 지역에도 어류상이 큰 영향을 받았을 것으로 추정할 수 있다.

영강의 어류에 대해서는 Mori(1935, 1936)가 문경에서 *Coreoleuciscus splendidus*, *Pseudobagrus brevicorpus*, *Lio-bagrus mediadiposalis*가 서식한다고 처음으로 보고하였고, 그 이후로 문경시의 주흘산일대(최와 전, 1978)와 속리산에서 발원하는 용암천(손, 1985)에 대한 조사, 영강본류와 조령천에 대한 조사(채 등, 1998a), 환경부에서 수행하고 있는 전국자연환경조사 등 비교적 주기적으로 어류상에 대한 조사가 수행되어 왔다. 그러나 같은 기간에 영강의 모든 지류를 포함한 포괄적인 어류상의 조사는 이루어지지 않은 바, 본 조사에서는 영강의 주요 지류를 포함하여 어류의 미세분포상을 조사하고 군집의 구조를 밝히며 과거의 자료와 비교하여 그 간의 변화 양상을 파악하고자 하였다. 이렇게 함으로써 생태계의 변화양상을 이해하고 종의 다양성을 보존하기 위한 대책을 강구하는 자료를 제시하고자 한다.

조사지점 및 방법

1. 조사지점

영강의 어류에 대한 미세분포상을 파악하기 위하여 크게 영강본류, 조령천, 이안천의 3개 유역을 설정하고 각 지류별

생태학적 중요성을 고려하여 37개의 조사지점을 설정하였다(Fig. 1). 조사지점의 번호는 상류에서부터 하류 방향으로 순서대로 부여하였다. 각 조사지점의 행정구역명칭 및 소하천명은 다음과 같다.

<조령천>

- St. 1: 경북 문경시 문경읍 중평리 여우목(신북천)
- St. 2: 경북 문경시 문경읍 갈평리, 갈산교(신북천)
- St. 3: 경북 문경시 문경읍 관음1리 세섬(신북천)
- St. 4: 경북 문경시 문경읍 갈평리, 평천교(신북천)
- St. 5: 경북 문경시 문경읍 고요리, 고요1교
- St. 6: 경북 문경시 문경읍 하초리, 하초교(초곡천)
- St. 7: 경북 문경시 문경읍 마원리, 마원교
- St. 8: 경북 문경시 마성면 신현리, 신현교

<영강 본류>

- St. 9: 경북 문경시 농암면 내서리 서재
- St.10: 경북 문경시 농암면 용유리, 병천교
- St.11: 경북 문경시 농암면 내서리 쌍용, 쌍용교
- St.12: 경북 문경시 농암면 울수리 하울, 하울교
- St.13: 경북 문경시 가은읍 전곡리 소양, 전곡교
- St.14: 경북 문경시 가은읍 상괴리 함박골, 함박교(양산천)
- St.15: 경북 문경시 가은읍 도탄리, 왕릉교(양산천)
- St.16: 경북 문경시 마성면 산수동, 갈마교
- St.17: 경북 문경시 마성면 상내리 효자동(소지류)
- St.18: 경북 문경시 불정동, 불정교
- St.19: 경북 문경시 창동, 신당보
- St.20: 경북 문경시 호계면 선암리, 하선암(가도천)
- St.21: 경북 문경시 호계면 가도리, 가도3교(가도천)
- St.22: 경북 문경시 흥덕동, 영강교
- St.23: 경북 문경시 영신동, 영순교
- St.24: 경북 문경시 공평동, 임촌교(소지류)
- St.25: 경북 문경시 영신동, 점촌하수종말처리장 앞
- St.37: 경북 상주시 합창읍 금곡리(영강-이안천 합류처)

<이안천>

- St.26: 경북 상주시 화남면 동관리, 동관1교
- St.27: 경북 상주시 화서면 상곡리, 상곡교
- St.28: 경북 상주시 내서면 서원리, 서원1교
- St.29: 경북 상주시 외서면 이촌리, 이촌2교
- St.30: 경북 상주시 은척면 황령리, 성주1교(사암천)
- St.31: 경북 상주시 은척면 문암리, 봉문교(사암천)
- St.32: 경북 상주시 은척면 봉중리, 봉중교(사암천)
- St.33: 경북 상주시 공검면 중소리, 중소교
- St.34: 경북 상주시 이안면 아천리, 감암교(지평천)
- St.35: 경북 상주시 이안면 양범리, 건천교(지산천)
- St.36: 경북 상주시 합창읍 오사리, 신흥교

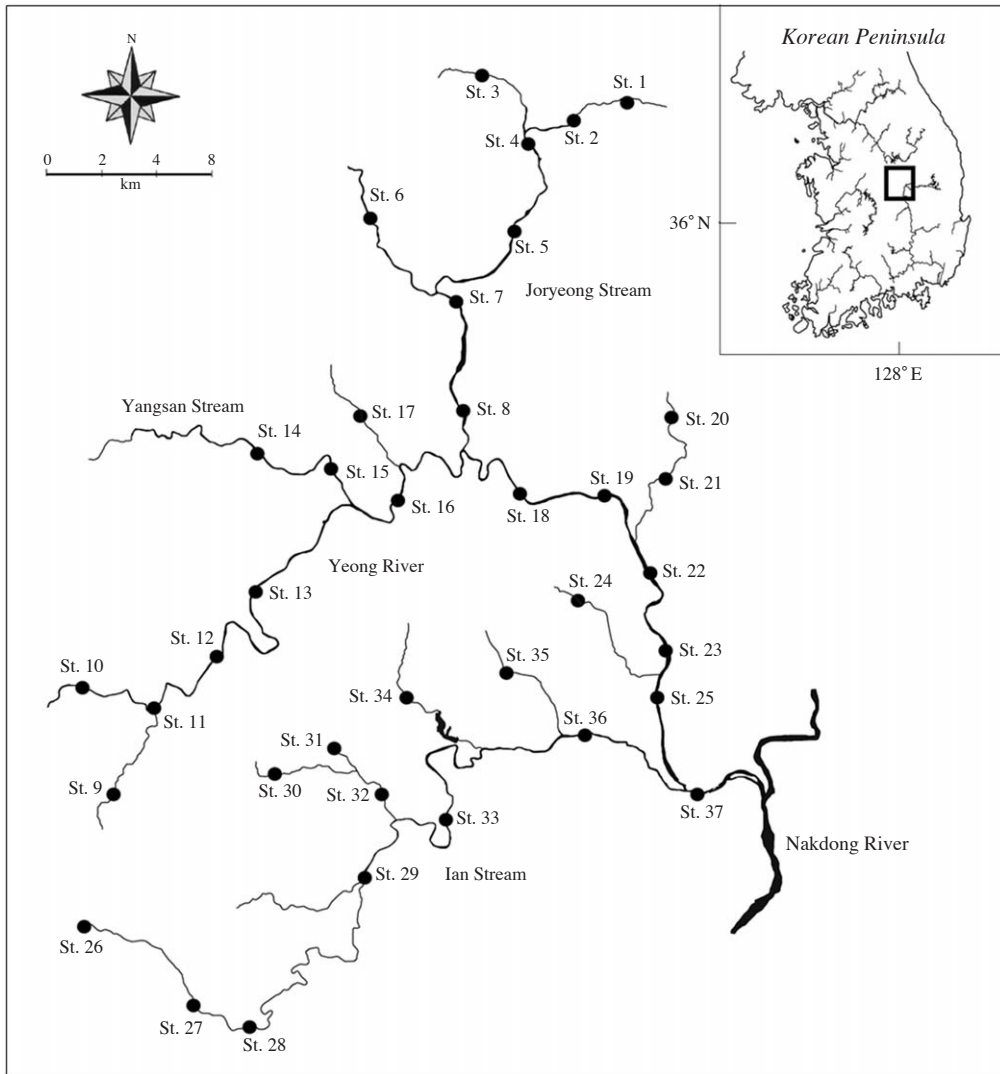


Fig. 1. Map showing the sampling stations in the Yeong river, Nakdong river system.

2. 어류상의 조사 및 군집구조 분석

어류상의 조사는 2013년 3월부터 10월까지 약 8개월에 걸쳐 각 지점당 2~3회씩 실시하였다. 각 조사지점에서의 채집은 하천의 약 200 m 정도의 구간에서 실시하였으며, 가능한 한 다양한 서식처가 포함되도록 하였다. 채집도구로는 투망(망목 7×7 mm), 족대(망목 3×3 mm), 손그물(망목 1×1 mm), 유인어망(새우망)을 사용하였다. 그리고 보다 정확한 어류상의 확인을 위하여 지점에 따라서는 야간채집을 병행하였으며 수면 위에서의 관찰 및 다른 사람의 낚시 어획물도 관찰하여 포함하였다.

채집된 어류는 어종을 확인하고 개체수를 기록한 후 즉시 대부분을 방류하였고 일부는 10% 포르말린액 또는 70% 에탄올로 고정하여 표본을 제작하였으며, 제작된 모든 표본

은 경북대학교 사범대학 생물교육과 표본실에 보관하였다. 종의 검색에는 Uchida (1939), 정 (1977), 손 (1987), 김 (1997), 김 등 (2005)을 참고하였으며, 분류체계는 Nelson (2006)을 따랐다. 채와 윤 (2006) 및 윤 등 (2012)에 따라 *Z. koreanus* 와 *Z. platypus*를 형별로 구분하여 조사하였고 이를 어류상에 반영하였다. 하상재료는 Cummins (1962)의 방법을 변형하여 Mud (M: <0.1 mm), Sand (S: 0.1~2 mm), Pebble (P: 2~64 mm), Cobble (C: 64~256 mm), Boulder (B: >256 mm), Rock (R: large stone and bedrock)으로 하고 육안관찰에 의하여 상대비율을 구하였으며, 하천형의 구분은 Kani (1944)에 따랐다.

어류의 군집구조의 분석에는 각 조사지점에서 채집된 어종의 개체수를 기준으로 종다양도, 우점도, 균등도 및 군집 유사도를 산출하여 비교분석하였다 (Shannon and Weaver,

Table 1. Details of river structure at each station

Station	Width of stream (m)	Width of flowing water (m)	Depth of water (m)	River type*	Materials of substratum**					
					R :	B :	C :	P :	S :	M
1	8~12	1~5	0.1~1.0	Aa	10	10	30	40	10	
2	25~30	3~5	0.1~0.5	Aa	10	20	30	30	10	
3	5~6	1~2	0.1~0.5	Aa	15	25	50	5	5	
4	40~50	3~15	0.2~1.0	Aa		10	30	40	20	
5	80~90	5~20	0.1~0.7	Aa		10	20	40	30	
6	30~35	5~10	0.2~1.0	Aa		5	25	60	10	
7	80~110	5~20	0.1~0.7	Aa-Bb		10	20	50	20	
8	100~120	10~40	0.1~0.7	Aa-Bb	5	15	30	40	10	
9	6~15	2~5	0.2~0.7	Aa	10	30	40	20		
10	70~80	10~30	0.2~0.9	Aa	20	35	30	15		
11	40~50	8~20	0.3~1.5	Aa	10	40	30	15	5	
12	70~80	7~20	0.2~1.2	Aa		30	40	25	5	
13	110~120	15~90	0.2~1.2	Aa		10	60	30		
14	70~80	8~30	0.3~0.9	Aa		10	60	20	10	
15	15~60	5~20	0.3~0.9	Aa	10	40	40	10		
16	50~60	20~30	0.2~0.8	Aa	10	20	30	30	10	
17	15~20	3~5	0.1~0.6	Aa	20	30	20	20	10	
18	120~140	40~60	0.1~0.7	Aa-Bb	5	15	30	30	20	
19	150~200	25~200	0.2~1.1	Bb		5	30	40	25	
20	10~12	1~3	0.1~0.5	Aa			20	20	30	30
21	15~20	1~3	0.1~1.0	Aa	5	15	20	50	10	
22	200~250	15~90	0.2~0.9	Bb		5	35	40	20	
23	220~250	30~90	0.2~0.9	Bb		20	30	40	10	
24	12	5~7	0.2~0.6	Bb		10	10	40	30	10
25	300~320	20~80	0.1~1.2	Bb-Bc		10	20	40	30	
26	25~27	3~6	0.1~0.7	Aa	10	10	30	20	30	
27	40~45	10~20	0.2~0.7	Aa		10	20	30	40	
28	50	10~35	0.1~0.8	Aa		10	20	40	30	
29	70	20~50	0.1~0.7	Aa		5	20	40	35	
30	10~15	1~3	0.1~0.4	Aa	30	20	20	10	20	
31	15~17	2~6	0.1~0.8	Aa-Bb		10	20	40	30	
32	30~35	3~10	0.1~0.8	Aa-Bb		10	10	30	50	
33	100	15~50	0.1~0.7	Aa-Bb		10	20	40	30	
34	25~30	5~12	0.2~1.0	Bb				10	90	
35	48~50	2~5	0.2~0.4	Aa-Bb			10	10	80	
36	190~270	20~70	0.1~1.0	Bb-Bc			20	40	40	
37	200~400	50~120	0.1~1.3	Bb-Bc			20	40	35	5

*Kani (1944), **M: Mud (~0.1 mm), S: Sand (0.1~2 mm), P: Pebble (2~64 mm), C: Cobble (64~256 mm), B: Boulder (>256 mm), R: Rock (large stone and bedrock) - modified Cummins (1962).

1949; Simpson, 1949; Pielou, 1966; Brower and Zar, 1977; Wratten and Fry, 1980). 조사 지역 전체에 어떤 종이 얼마나 널리 분포하고 있는지를 나타내는 지수로써 항존도 (Constancy)를 사용하였으며 [각 종의 출현 지점수/전체 조사지점수×100(%)]로 표현하였다. 각 지점 간의 유사도 계산과 dendrogram의 작성에는 PRIMER v5 (Clarke and Gorley, 2001)를 사용하였다.

결과 및 고찰

1. 조사지점의 환경

각 조사지점의 하폭, 유폭, 수심, 하천의 형태 및 하상 재

료의 조성은 Table 1에 나타난 바와 같다. 조령천은 충청북도과 경상북도의 경계를 이루는 소백산맥의 조령 기슭에서 발원하여 조령관문이 있는 문경새재도립공원을 지나 마성면 신현리 진안에서 영강 본류와 합류한다. 조령천은 신복천, 초곡천 등의 지류를 포함하는데 중류부에는 문경은천이 위치하고 있으며 하류쪽 인근에 광산이 있으나 거의 폐광된 상태로 인구 밀집 지역은 없었고 하천 주변에는 소규모의 농경지대가 펼쳐져 있었다. 하천의 구조는 상류에는 암반이 많고 호박돌 또는 왕자갈로 이루어진 Aa형이었으며 영강본류와 합류하기 직전에는 Aa-Bb형의 하천으로 되어 있었다.

이안천은 상주시 화북면과 화남면의 경계인 갈령에서 발원하여 남동으로 흐른 후 내서면에서 북동으로 흘러 함창

Table 2. Continued.

Species Name \ Survey Stations	Joryeong stream										Yeong river										Remarks*										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		21	22	23							
Salmonidae, 연어과																															
<i>Oncorhynchus mykiss</i> , 무지개송어																															
Centrarchidae, 김정우럭과																															
<i>Micropterus salmoides</i> , 배스																															
Centropomidae, 썩지과																															
<i>Coreoperca herzi</i> , 썩지	3	2											10	7	3	3	1	5	7	5	9	10	38								
<i>Siniperca scherzeri</i> , 쏘가리																															
Odontobutidae, 동사리과																															
<i>Odontobutis platycephala</i> , 동사리	13	1	9	10	2	2	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	6	6	6	6	17									
Gobiidae, 망둑어과																															
<i>Rhinogobius brunneus</i> , 밀어																															
Belontiidae, 벵골붕어과																															
<i>Macropodus ocellatus</i> , 벵골붕어																															
Channidae, 가물치과																															
<i>Channa argus</i> , 가물치																															
No. of Individuals	310	48	24	73	270	44	374	447	118	153	221	99	150	153	121	224	161	227	461	91	55	238	993								
No. of Species	2	2	2	5	7	6	15	13	3	6	8	6	10	7	9	10	4	12	19	3	4	15	28								
Species Name \ Survey Stations	Yeong river										lan stream										Remarks*										
	24	25	37	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	No. of Individuals																
Cyprinidae, 잉어과																															
<i>Rhodeus uyekii</i> , 각시붕어	21	31											3	1	1	1	1	9	13.51	E											
<i>Acheilognathus koreensis</i> , 칼납자루	49	11											61	3	3	3	22	487	35.14	E											
<i>Acheilognathus majusculus</i> , 큰줄납자루	10																							1	1	5	7	8.11	E		
<i>Acheilognathus rhombeus</i> , 납지리	24																							47	5.41	2.70	E				
<i>Acheilognathus yamatsutae</i> , 줄납자루																															
<i>Cyprinus carpio</i> , 잉어																															
<i>Carassius auratus</i> , 붕어																															
<i>Coreoleuciscus splendidus</i> , 쉬리	51	38											40	1	1	1	9	13.51	E												
<i>Hemibarbus labeo</i> , 누치	6	5											7	7	22	48.65	E														
<i>Hemibarbus longirostris</i> , 참마자	1																							1	1	5	7	8.11	E		
<i>Microphysogobio koreensis</i> , 모래주사																															
<i>Microphysogobio yaluensis</i> , 돌마자	22	48											9	5	11	13	1	15	2.70	E, II											
<i>Opsarichthys uncirostris amurensis</i> , 끄리																															
<i>Pseudogobioesocinus</i> , 모래무지	5	22											2	10	51	56	5.41	E													
<i>Pseudorasbora parva</i> , 참붕어																															
<i>Pungtungia herzi</i> , 돌고기	1	88	108	14	14	11	16	10	1	36	741	67.57	T																		
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> , 벵골치	48																							65	107	16	91	36	965	59.46	E
<i>Sarcocheilichthys variegatus wakiyai</i> , 참중고기	76	5																					104	10.81	E						

Table 2. Continued.

Species Name \ Survey Stations	Yeong river					In stream										No. of Individuals	RA	C	Remarks*
	24	25	37	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36					
<i>Squalidus chankaensis tsuchigae</i> , 참몰개	34		3												50	0.51	8.11	E	
<i>Squalidus gracilis majimae</i> , 긴몰개	75	80			17	17	24	29	15	15	76	11			562	5.68	45.95	E	
<i>Zacco koreanus</i> NS, 참갈겨니 NS형	77	101			97	52	66	61	109	183	131	58			2,300	23.24	70.27	E	
<i>Zacco koreanus</i> NE, 참갈겨니 NE형				87	26	19	52	114	145		174				1,259	12.72	59.46	E	
<i>Zacco platypus</i> R, 피라미 R형	331	307								15	49	92	156		1,222	12.35	29.73		
<i>Zacco platypus</i> B, 피라미 B형														205	2.07	18.92			
<i>Zacco temminckii</i> , 갈겨니	7													11	0.11	5.41			
Cobitidae, 미꾸리과																			
<i>Cobitis hankuensis</i> , 기름중개	12	6							8	8	36	2			139	1.40	37.84	E	
<i>Koreocobitis naktongensis</i> , 얼룩새코미꾸리			2												5	0.05	8.11	E, I	
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i> , 미꾸리	2	3	7				3	2	2	2	36	2	4		89	0.90	45.95		
<i>Kichulchoia multifasciata</i> , 수수미꾸리		8	9		12					53		9			341	3.45	40.54	E	
Siluridae, 메기과																			
<i>Silurus asotus</i> , 메기	1														2	0.02	5.41		
Bagridae, 동자게과																			
<i>Pseudobagrus koreanus</i> , 눈동자게	15	3													19	0.19	8.11	E, T	
Amblycipitidae, 통가리과																			
<i>Liobagrus mediadiposalis</i> , 자가사리	4		2	6	1					6					49	0.50	37.84	E	
Osmeridae, 바다빙어과																			
<i>Hypomesus nipponensis</i> , 빙어					2										2	0.02	2.70	T	
Salmonidae, 연어과																			
<i>Oncorhynchus mykiss</i> , 무지개송어															5	0.05	2.70	X	
Centrarchidae, 김정우럭과																			
<i>Micropterus salmoides</i> , 배스	2	10								7	6				25	0.25	10.81	X	
Centropomidae, 썩지과																			
<i>Coreoperca herzi</i> , 썩지	26	7			3			7	4			1			151	1.53	51.35	E	
<i>Siniperca scherzeri</i> , 쏘가리	4	2													6	0.06	5.41		
Odontobutidae, 동사리과																			
<i>Odontobutis platycephala</i> , 동사리	9	14	5	3	3	3	3	5	7	7					140	1.41	67.57	E	
Gobiidae, 망둑어과																			
<i>Rhinogobius brunneus</i> , 밀어	5	27				9	93	21				1			162	1.64	21.62		
Belontiidae, 벼들붕어과																			
<i>Macropodus ocellatus</i> , 벼들붕어												3			3	0.03	2.70		
Channidae, 가물치과																			
<i>Channa argus</i> , 가물치															1	0.01	2.70		
No. of Individuals	51	965	847	128	146	142	178	204	440	210	417	315	479	319	9,896				
No. of Species	3	26	23	4	5	10	9	6	8	9	13	6	10	16	39 species and 2 types				

* I and II: endangered species rank I and II, E: endemic species, T: introduced species, X: exotic species, RA (relative abundance, %), C (constancy, %).

읍 금곡리에서 영강 본류와 합류하는데 대중천, 시암천, 지평천, 지산천 등의 지류를 포함한다. 이안천의 주변에는 인구밀집지역은 없고 작은 마을이 산재해 있으며 평지는 대부분 농경지대로 이루어져 있었다. 하천의 구조는 암석은 거의 없고 호박돌, 왕자갈이 많았으며 하류로 갈수록 모래가 많아지는 특징을 보였다. 하천의 형태는 주로 상류는 Aa, 중류는 Aa-Bb, 하류는 Bb-Bc형이었다.

영강 본류는 속리산 및 문장대의 동쪽 사면에서 발원하여 문경시 마성면 신현리 진안까지 북동진한 후 조령천과 합류하면서 남하하여 문경시를 관류하고 상주시 함창읍에서 이안천을 합한 뒤 퇴강리에서 낙동강으로 유입하며, 궁기천, 양산천, 가도천 등의 소지류를 포함한다. 최상류부는 분지형태로 다소 넓은 지역이지만 St. 11과 12의 일대는 협곡으로 되어 있어 하천의 경사가 매우 가팔랐다. 중류부에는 가은읍이 있어 거주 인구가 많았으며 탄광이 밀집한 지대로써 과거에는 석탄가루가 하천으로 흘러들어 검은 물이 흐른 적도 있었으나 현재는 모두 폐광되고 일부 광산은 석탄박물관으로 조성되고 석탄을 나르던 철길은 관광자원으로 활용되고 있었다. 더욱 하류로 내려가면 문경 시내를 관통하여 흐르게 되는데 시내에서 배출되는 생활하수는 모두 관로를 통해 모아져 하수종말처리장에서 정화시킨 후 하천으로 내려 보내므로 하수에 의한 하천의 오염은 매우 적은 편이었다. 영강 본류의 상류에서부터 하류까지 하천 주변의 토지는 대부분 농경지로 사용되고 있었다. 하천의 구조는 상류에는 암석, 중류에는 호박돌, 하류에는 잔자갈과 모래로 이루어져 있었으며 상류는 Aa, 중류는 Aa-Bb, 하류는 Bb 또는 Bb-Bc형으로 이루어져 있었다.

최하류 조사지점인 St. 37은 영강본류와 이안천이 합류하는 지점으로 하폭이 매우 넓고 수심이 다소 깊으며 여울지대가 광범위하게 펼쳐져 있었다. 하천의 구조는 하상이 주로 자갈과 모래로 이루어진 Bb-Bc형이었으며 주변에는 마을이 거의 없고 농경지가 분포하였다. 본 지점의 하류쪽으로는 사대강공사로 인하여 하상이 준설되어 수심이 깊어지고 합류부 가운데 삼각주 지역에는 준설한 모래를 적치하고 있었다. 좌, 우안의 수변은 거의 직선으로 정리되고 제방을 새로 쌓아 수변식물이 많이 없었으며 보다 하류 쪽으로 물의 흐름이 거의 보이지 않는 정수생태계로 변화하였다.

2. 어류상과 분포

1) 어류상

각 지점별로 채집된 어종의 목록과 개체수, 상대풍부도, 항존도는 Table 2에 나타낸 바와 같다. 본 조사 결과 영강 수계에서 밝혀진 어종은 13과 31속 39종 2형으로 모두 9,896 개체가 채집되었다. 과별 어종의 수를 보면 Cyprinidae 어류가 23종 2형(61.0%)으로 가장 많았으며, Cobitidae 어류가

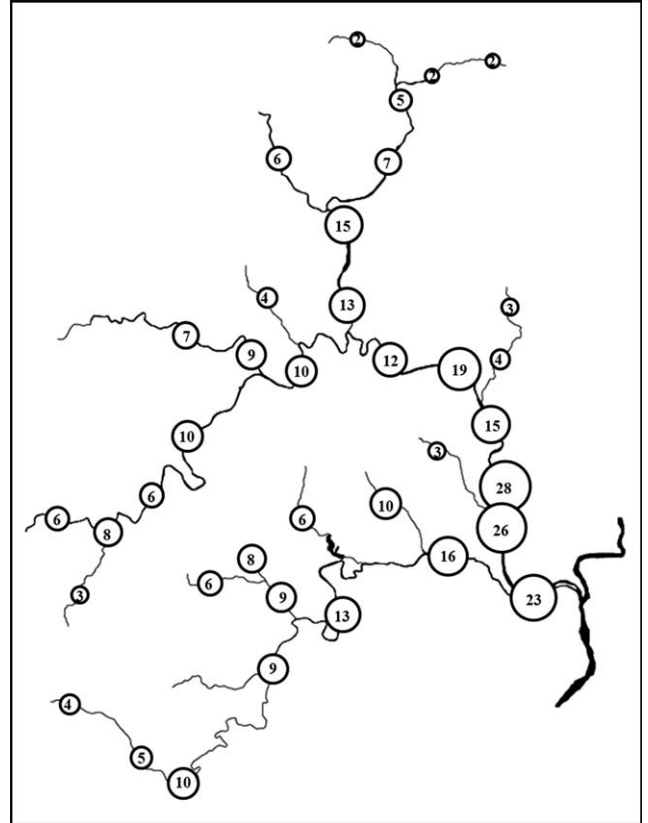


Fig. 2. Comparison of the number of species collected at each station in the Yeong river. Numbers in the circles represent the number of species collected at the station and the area of the circles is proportional to the number of species.

4종(9.87%), Centropomidae 어류가 2종(4.9%)이었고, 나머지 10개 과의 어류는 1종씩으로만 이루어져 있었다. Cyprinidae와 Cobitidae 어류가 구성종의 대부분을 차지하는 이와 같은 어류상은 동아시아 담수어류상의 특징과 잘 일치하며, 한반도의 서한아지역과 남한아지역에서 공통적으로 나타나는 현상이다(전, 1980).

각 조사지점별로 채집된 어종의 수를 보면 2종에서 28종까지 다양하게 나타났다. 조령천의 상류인 St. 1, St. 2, St. 3에서는 각각 2종씩만 채집되어 가장 빈약한 어류상을 나타내었다. 하류에 해당하는 St. 23에서 28종으로 가장 다양한 어종이 출현하였으며 그 다음은 역시 하류의 St. 25와 St. 37에서 각각 26종과 23종으로 많이 출현하였다. 그 외에 조령천의 St. 7과 St. 8, 영강본류의 St. 18, St. 19와 St. 22, 이안천의 St. 33과 St. 36에서 12~19종으로 비교적 다양한 어종이 확인되었다. 각 지점에서 출현한 어종의 수를 종수와 비례하는 원의 크기로 표현하여 지도상에 나타낸 것은 Fig. 2와 같다. 어종의 수는 조령천, 이안천, 영강본류에서 모두 상류에서부터 하류로 갈수록 어종의 수가 증가하는 경향을 나타내었다. 이러한 경향은 상류에서는 하상이 암

석, 호박돌 또는 굵은 자갈로 이루어지며 공간의 크기, 유량, 유속, 수온, 유기물질의 양 등의 면에서 어류의 서식환경이 불리한 반면 하천의 하류로 갈수록 유수량, 수심, 수변의 공간, 수변식물 등이 다양하게 분포하여 은신처, 산란처, 먹이 등이 많이 제공되는 등 서식에 유리한 조건이 형성되기 때문에 어종의 수가 증가하는 것으로 볼 수 있다. 즉 수환경이 상류에서 하류로 갈수록 점차 복잡해지고 서식처의 구조가 다변화되며 먹이가 풍부해지는 등의 변화에 따라 다양한 종의 부양이 가능해지기 때문이다.

영강에서 채집된 어류 중 한반도 고유종 및 아종은 *Rhodeus uyekii*, *Acheilognathus koreensis*, *A. majusculus*, *A. yamatsutae*, *Coreoleuciscus splendidus*, *Microphysogobio koreensis*, *M. yaluensis*, *Sarcocheilichthys variegatus wakiyae*, *Squalidus chankaensis tsuchigae*, *S. gracilis majimae*, *Zacco koreanus*, *Koreocobitis naktongensis*, *Kichulchoia multifasciata*, *Pseudogobio koreanus*, *Liobagrus mediadiposalis*, *Coreoper-*

ca herzi, *Odontobutis platycephala* 등의 17종으로서 영강에서 밝혀진 전체 어종수의 41.5%에 해당하는 높은 고유성을 나타내었다. 이와 같은 고유성은 한반도 전체의 담수어에 대한 고유화빈도인 28.8% (김 등, 2005)보다 훨씬 더 높은 수치이며, 대강 수계의 증상류에 위치하는 1차 지류들인 내린천 16종, 44.4% (남 등, 1998), 홍천강 23종, 44.2% (최와 김, 2004), 위천 16종, 40.0% (채 등, 1998a), 금호강 14종, 33.3% (양과 채, 1994)와 거의 비슷한 수준으로 나타났다.

본 조사에서 확인된 멸종위기종은 I급인 *K. naktongensis*와 II급인 *M. koreensis*의 두 종이었다. *K. naktongensis*는 3지점에서 5개체, *M. koreensis*는 1지점에서 15개체가 채집되었을 뿐으로 매우 드물게 출현하였다. 특히 *M. koreensis*는 여러 번의 채집 시도에서 단 한 차례만 나타나는 특성을 보이고 있어서 수온이나 계절 등의 영향에 민감한 것으로 생각되었다.

영강에서 출현한 외래종은 *Oncorhynchus mykiss*와 *Mic-*

Table 3. Dominant and subdominant fish species at each station of the Yeong river, Nakdong river system, Korean peninsula

Stations	Dominant Species	Sub-dominant Species
1	<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> (98.4%)	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (1.6%)
2	<i>Zacco koreanus</i> NE (70.8%)	<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> (29.2%)
3	<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> (70.8%)	<i>Zacco koreanus</i> NE (29.2%)
4	<i>Zacco koreanus</i> NE (58.9%)	<i>Pungtungia herzi</i> (23.3%)
5	<i>Zacco koreanus</i> NS (48.9%)	<i>Squalidus gracilis majimae</i> (17.4%)
6	<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> (52.3%)	<i>Zacco koreanus</i> NE (20.5%)
7	<i>Zacco koreanus</i> NS (42.0%)	<i>Coreoleuciscus splendidus</i> (17.9%)
8	<i>Zacco koreanus</i> NS (43.0%)	<i>Pungtungia herzi</i> (14.3%)
9	<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> (56.8%)	<i>Zacco koreanus</i> NE (41.5%)
10	<i>Zacco koreanus</i> NE (52.3%)	<i>Zacco koreanus</i> NS (25.5%)
11	<i>Zacco koreanus</i> NS (69.2%)	<i>Coreoleuciscus splendidus</i> (11.8%)
12	<i>Zacco koreanus</i> NS (54.5%)	<i>Squalidus gracilis majimae</i> (24.2%)
13	<i>Zacco koreanus</i> NS (42.7%)	<i>Coreoleuciscus splendidus</i> (17.3%)
14	<i>Zacco koreanus</i> NS (64.7%)	<i>Coreoleuciscus splendidus</i> (12.4%)
15	<i>Zacco koreanus</i> NS (55.4%)	<i>Pungtungia herzi</i> (16.5%)
16	<i>Zacco koreanus</i> NS (46.4%)	<i>Pungtungia herzi</i> (12.5%)
17	<i>Zacco koreanus</i> NE (64.0%)	<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> (34.8%)
18	<i>Zacco koreanus</i> NS (33.9%)	<i>Pungtungia herzi</i> (20.7%)
19	<i>Zacco platypus</i> R (31.7%)	<i>Kichulchoia multifasciata</i> (11.7%)
20	<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> (47.3%)	<i>Zacco koreanus</i> NE (46.2%)
21	<i>Zacco koreanus</i> NE (76.4%)	<i>Pungtungia herzi</i> (12.7%)
22	<i>Zacco platypus</i> R (16.8%)	<i>Kichulchoia multifasciata</i> (14.2%)
23	<i>Zacco koreanus</i> NS (14.6%)	<i>Zacco koreanus</i> NE (14.1%)
24	<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> (94.1%)	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i> (3.9%)
25	<i>Zacco platypus</i> R (34.3%)	<i>Pungtungia herzi</i> (9.1%)
26	<i>Zacco koreanus</i> NE (68.0%)	<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> (26.6%)
27	<i>Zacco koreanus</i> NS (66.4%)	<i>Zacco koreanus</i> NE (17.8%)
28	<i>Zacco koreanus</i> NS (36.6%)	<i>Zacco koreanus</i> NE (13.4%)
29	<i>Zacco koreanus</i> NS (37.1%)	<i>Zacco koreanus</i> NE (29.2%)
30	<i>Zacco koreanus</i> NE (55.9%)	<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> (31.9%)
31	<i>Zacco koreanus</i> NE (33.0%)	<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> (24.3%)
32	<i>Zacco koreanus</i> NS (51.9%)	<i>Squalidus gracilis majimae</i> (13.8%)
33	<i>Zacco koreanus</i> NS (43.9%)	<i>Acheilognathus koreensis</i> (14.6%)
34	<i>Zacco koreanus</i> NS (41.6%)	<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> (28.9%)
35	<i>Zacco koreanus</i> NE (36.3%)	<i>Zacco platypus</i> R (19.2%)
36	<i>Zacco platypus</i> R (48.9%)	<i>Opsariichthys uncirostris amurensis</i> (16.0%)
37	<i>Zacco platypus</i> R (36.2%)	<i>Pungtungia herzi</i> (12.8%)

*ropterus salmoides*의 두 종이였다. *O. mykiss*는 조령천의 최상류인 St. 1에서 소수의 개체가 확인되었는데 이는 인근의 주민이 하천에 방류한 것으로 확인되었다. *M. salmoides*는 이안천과 영강 본류의 하류부인 St. 25, 37, 34, 36에서 비교적 크기가 큰 개체들이 확인되었는데 이는 평탄한 하류지역에는 거의 전 지역에 걸쳐 살고 있음을 추정하게 해 준다. 그러나 자갈이나 큰 돌이 많고 유속이 비교적 빠른 중류와 상류지역으로는 현재까지 *M. salmoides*가 진출하지 못하고 있는 것으로 생각된다.

채 (2003)는 국내의 다른 수계에서 낙동강으로 이입된 종이 6종이 있음을 보고하였는데, 본 조사에서 영강에는 *Opsariichthys uncirostris amurensis*, *Pseudobagrus koreanus*, *Hypomesus nipponensis*의 3종이 서식하고 있음이 확인되었다. 이들 어종 중 *O. uncirostris amurensis*는 서해로 흐르는 큰 하천에 주로 서식하는 어종으로 낙동강에서는 1996년에 처음으로 임하댐에서 발견된 이후 5년 정도 만에 낙동강의 주요 부분으로 퍼져나가 많은 지점에서 우점종의 지위까지 차지하게 되었고 기존에 서식하던 남자루류를 비롯한 소형 담수어류들에게 치명적인 영향을 미치고 있는 것으로 밝혀졌다(양과 채, 1997; 진, 1999; 채, 2000; 강과 금, 2001; 장등, 2001; 금과 양, 2002).

2) 우점종

상대풍부도의 면에서 보아 영강 전체에서는 *Z. koreanus* NS형 (23.24%)이 우점종, *Z. koreanus* NE형 (14.42%)과 *Z. platypus* R형 (12.35%)이 아우점종이었으며, *R. oxycephalus* (9.75%), *P. herzi* (7.49%), *S. gracilis majimae* (5.68%), *C. splendidus* (4.92%)는 우세종이었다. 반면에 *Cyprinus carpio*, *Hemibarbus longirostris*, *Pseudorasbora parva*, *Silurus asotus*, *H. nipponensis*, *O. mykiss*, *Macropodus ocellatus*, *Channa argus*의 8종은 상대풍부도가 0.1% 미만으로서 희소종이었다(Table 2). 각 조사지점별 우점종과 아우점종은 Table 3에 나타낸 바와 같다. 우점종으로 출현한 어종은 *R. oxycephalus*, *Z. koreanus* NS형, *Z. koreanus* NE형, *Z. platypus* R형의 4종이었으며 *Z. koreanus* NS형이 17개 지점에서 우점종으로 나타나 가장 우세하였다. 아우점종으로 나타난 어종은 *C. splendidus*, *P. herzi*, *R. oxycephalus*, *S. gracilis majimae*, *Z. koreanus* NS형, *Z. koreanus* NE형, *Z. platypus* R형, *N. multifasciata*, *O. mykiss*, *A. koreensis*, *O. uncirostris amurensis*, *M. anguillicaudatus*의 12종이었는데 그 중 *Z. koreanus* NE형과 *P. herzi*가 각각 8지점으로 가장 많았다.

3) 종별 미세분포

각 종별 미세분포를 나타내는 항존도(Table 2)를 보면 우점종인 *Z. koreanus* NS형은 조사된 37지점 중 26지점(항존도 70.27%)에서 출현하여 영강에서 가장 널리 분포하고 있었다. 그 다음으로는 25지점에서 출현(항존도 67.57%)한 *P.*

*herzi*와 *O. platycephala*, 22지점에서 출현(항존도 59.46%)한 *R. oxycephalus*와 *Z. koreanus* NE형의 순으로 분포가 넓었다. 이들 어종 중 *O. platycephala*는 상대풍부도는 1.41%로 낮았으나 항존도가 높아 소수의 개체로서 넓은 지역에 서식하고 있음을 나타내고 있는데 소형 어류를 주로 포식하는 종의 특성과 잘 부합함을 알 수 있었다. *C. herzi* (19지점, 51.35%), *C. splendidus* (18지점, 48.65%), *S. gracilis majimae* (17지점, 45.95%), *M. anguillicaudatus* (17지점, 45.95%), *N. multifasciata* (15지점, 40.54%)도 비교적 널리 분포하고 있었다. 항존도가 50% 이상인 어종은 모두 6종이었는데, 대부분이 맑은 물에서 잘 사는 어종들이어서 영강의 수질상태를 잘 반영하고 있는 것으로 생각된다.

A. rhombeus, *C. carpio*, *M. koreensis*, *H. nipponensis*, *O. mykiss*, *M. ocellatus*, *C. argus*의 7종은 1지점에서만 출현하

Table 4. Some ecological indices of each station in the Yeong river, Nakdong river system

	Diversity	Evenness	Dominance	Species richness
St. 1	0.036	0.119	0.968	0.174
St. 2	0.262	0.871	0.578	0.258
St. 3	0.262	0.871	0.569	0.315
St. 4	0.488	0.698	0.408	0.932
St. 5	0.618	0.731	0.306	1.072
St. 6	0.559	0.718	0.336	1.321
St. 7	0.813	0.691	0.235	2.363
St. 8	0.808	0.725	0.234	1.966
St. 9	0.328	0.688	0.491	0.419
St. 10	0.533	0.685	0.357	0.994
St. 11	0.465	0.515	0.504	1.297
St. 12	0.557	0.716	0.363	1.088
St. 13	0.747	0.747	0.243	1.796
St. 14	0.514	0.608	0.447	1.193
St. 15	0.611	0.640	0.351	1.668
St. 16	0.732	0.732	0.265	1.663
St. 17	0.311	0.517	0.527	0.590
St. 18	0.809	0.749	0.203	2.028
St. 19	0.980	0.766	0.149	2.935
St. 20	0.387	0.810	0.434	0.443
St. 21	0.341	0.567	0.598	0.749
St. 22	1.033	0.878	0.106	2.558
St. 23	1.219	0.842	0.078	3.913
St. 24	0.113	0.238	0.885	0.509
St. 25	1.053	0.744	0.154	3.638
St. 26	0.350	0.582	0.531	0.618
St. 27	0.441	0.631	0.481	0.803
St. 28	0.838	0.838	0.188	1.816
St. 29	0.733	0.769	0.241	1.544
St. 30	0.474	0.610	0.416	0.940
St. 31	0.686	0.760	0.233	1.150
St. 32	0.681	0.714	0.309	1.496
St. 33	0.800	0.718	0.243	1.989
St. 34	0.592	0.761	0.292	0.869
St. 35	0.739	0.739	0.218	1.458
St. 36	0.756	0.628	0.284	2.602
St. 37	0.960	0.705	0.179	3.263
Total	4.348	0.703	1.134	0.110

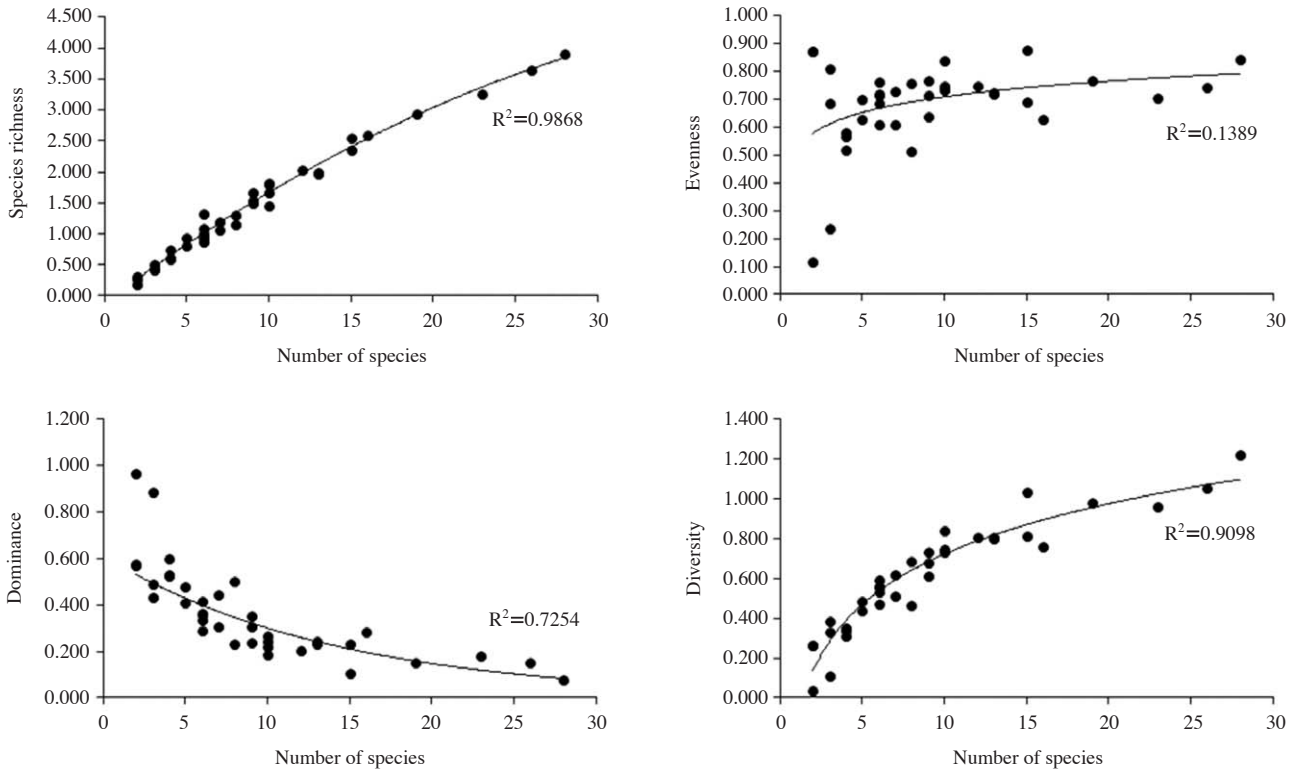


Fig. 3. Relationship between some ecological indices and number of fish species collected at each station in the Yeong river, Nakdong river system.

여 분포가 매우 좁았다. 그러나 이들 중 *A. rhombeus*, *C. carpio*, *C. argus* 등의 어종은 정밀한 조사가 이루어진다면 분포 구역이 더 넓어질 것으로 생각된다.

3. 어류 군집구조

1) 생태학적 특성

군집의 구조를 나타내는 생태학적 특성인 다양도지수, 균등도지수, 우점도지수, 종풍부도는 Table 4에 나타내었다. 다양도지수는 St. 23에서 1.219로 가장 높았고 St. 22와 25에서도 1.0 이상이었으며 중하류 많은 지점들은 0.7 이상으로 비교적 높았다. 조령천의 최상류지점인 St. 1에서 0.036으로 가장 낮았다. 균등도지수는 St. 22에서 0.878로 가장 높았으며 St. 2, 3, 20, 23, 28에서도 0.8 이상으로 높았다. 나머지 지점들 중에서 St. 1과 St. 24에서 0.25 미만으로 나타났을 뿐 대부분 0.5 이상으로 거의 전 지역에서 균등도가 비교적 높았다. 균등도 및 다양도와는 반대로 우점도지수는 St. 1과 St. 24에서 0.968과 0.885로 가장 높았으며, St. 23에서 0.078로 가장 낮았다. 그 외에 St. 19, 22, 25, 28, 37 등의 하류지점에서도 0.106~0.188로 매우 낮았다. 종풍부도는 하류의 St. 23, 25, 37에서 3.263~3.913으로 나타나 매우 높았으며, St. 1에서 0.174로 가장 낮았다. 전체적으로는 다양

도 1.134, 균등도 0.703, 우점도 0.110, 종풍부도 4.348로 나타나 매우 안정되고 다양한 상태를 보이고 있었다.

영강 지역에서 각 조사지점별로 채집된 어종의 수와 다양도지수, 균등도지수, 우점도지수 및 종풍부도 사이의 상관관계를 나타낸 것은 Fig. 3과 같다. 종풍부도는 종수가 증가함에 따라 거의 직선적으로 증가하는 경향을 보였으며 상관계수는 $R^2=0.9868$ 로 매우 높았다. 다양도 역시 어종의 수가 증가함에 따라 증가하였는데 지수적인 증가 경향을 보였고 상관계수는 $R^2=0.9098$ 로 높았다. 균등도는 종수의 증가에 따라 약간 증가하는 경향을 보였으나 상관계수가 매우 낮아 큰 경향성을 나타내지 않았다. 우점도는 균등도나 다양도와는 반대로 어종수의 증가에 따라 감소하는 경향을 보였으며 상관계수는 $R^2=0.7254$ 로 비교적 높았다.

이와 같은 생태학적 특성과 서식 어종의 수 등의 면에서 보아 영강의 하류에 해당하는 St. 23 지점이 가장 다양하고 안정된 군집구조를 지니고 있었으며, 그 외에도 영강 본류의 하류, 조령천의 하류, 이안천의 하류 지역도 역시 다양한 군집구조를 지니고 있는 것으로 파악되었다. 그러나 조령천의 상류부는 영강본류나 이안천의 상류부보다 훨씬 더 단순하고 불안정한 군집구조를 지니고 있는 것으로 생각된다.

Table 5. Distance among stations calculated using number of species and of individuals in the Yeong river, Nakdong river system

	St. 36	St. 35	St. 34	St. 33	St. 32	St. 31	St. 30	St. 29	St. 28	St. 27	St. 26	St. 25	St. 24	St. 23	St. 22	St. 21	St. 20		
St. 2	19.2	24.7	25.3	24.1	24.1	30.3	31.0	24.7	23.8	26.5	31.0	12.8	29.8	23.4	19.0	28.9	30.4	St. 37	
St. 3	15.1	21.6	20.5	22.9	20.5	26.5	22.7	19.7	18.3	20.5	21.1	22.2	19.1	27.0	14.9	18.3	20.0	St. 36	
St. 4	13.8	3.2	18.8	23.9	19.4	16.4	17.3	16.1	17.6	18.2	17.1	27.1	21.0	24.2	21.7	18.2	17.7	St. 35	
St. 5	16.9	4.8	6.2	20.1	13.8	18.9	19.1	17.5	17.1	15.3	18.2	28.2	14.7	29.3	18.1	17.8	15.9	St. 34	
St. 6	24.1	15.6	14.5	15.8	15.8	24.3	24.2	14.1	12.0	15.9	22.9	25.9	21.5	21.6	12.7	21.2	22.4	St. 33	
St. 7	13.7	4.6	3.5	14.2	17.5	15.7	17.7	11.4	10.9	10.5	16.7	27.5	14.2	27.4	15.6	15.0	15.5	St. 32	
St. 8	24.8	19.6	19.3	13.5	17.5	12.4	12.4	16.4	17.8	17.4	14.6	33.5	18.4	29.5	23.1	17.2	15.2	St. 31	
St. 9	25.2	20.3	20.4	19.3	18.6	8.8	20.6	14.4	15.1	15.3	5.6	33.4	12.0	29.9	20.0	9.6	7.1	St. 30	
St. 10	11.9	4.8	6.1	7.3	6.2	20.6	20.8	5.2	7.7	7.7	12.8	27.0	15.1	23.4	13.9	11.0	13.2	St. 29	
St. 11	21.5	9.8	11.4	10.0	9.7	16.9	16.1	11.9	5.2	7.9	13.3	26.4	13.9	23.7	11.8	11.0	13.3	St. 28	
St. 12	21.9	15.1	14.8	14.2	12.5	11.0	11.7	16.6	10.4	7.9	12.8	29.1	14.0	26.2	15.2	10.7	13.1	St. 27	
St. 13	20.2	12.1	11.1	12.1	10.3	9.8	13.3	14.0	11.3	8.8	12.8	32.8	9.9	29.5	18.8	6.5	4.7	St. 26	
St. 14	19.5	13.5	12.5	10.8	10.9	11.5	11.6	15.0	12.1	7.5	5.2	5.4	31.8	21.6	21.0	31.1	32.4	St. 25	
St. 15	19.3	13.5	13.2	10.8	10.6	11.4	11.9	15.1	11.7	5.6	6.0	6.3	5.5	32.2	16.9	8.8	6.6	St. 24	
St. 16	20.8	13.0	12.0	11.9	10.3	11.7	14.0	15.4	10.5	6.0	6.6	8.6	9.0	7.7	21.5	29.0	30.3	St. 23	
St. 17	22.0	14.6	14.6	11.5	12.7	10.9	11.9	16.0	10.2	6.8	10.9	8.6	5.5	9.0	16.3	16.3	18.0	St. 22	
St. 18	14.5	5.9	7.7	16.5	8.0	20.8	20.6	3.4	10.8	16.7	15.7	16.1	16.0	16.2	15.9	19.1	5.5	St. 21	
St. 19	23.2	16.6	15.2	12.3	14.4	11.2	10.1	18.4	13.5	10.1	10.0	8.2	9.2	8.9	10.4	19.1	16.4		
St. 20	27.8	22.6	21.8	22.0	21.2	17.3	19.5	23.9	21.3	18.9	18.4	16.8	18.9	16.8	16.8	24.6	16.4		
St. 21	13.1	3.8	5.2	16.7	5.8	20.1	20.6	3.3	11.3	16.1	13.8	14.5	14.5	14.6	15.5	4.7	17.6	23.3	
St. 22	17.4	3.8	5.5	14.6	6.6	19.2	19.5	7.3	8.2	14.5	11.9	13.2	13.3	12.3	13.8	7.7	15.5	21.9	
St. 23	23.4	16.9	16.2	17.3	15.4	14.3	16.6	18.7	15.9	13.8	13.0	11.1	13.6	11.2	11.2	19.6	12.2	8.5	
St. 24	36.1	30.1	30.9	28.5	24.4	22.8	21.2	30.6	25.5	25.7	26.9	25.3	27.0	26.2	23.0	29.7	23.2	20.1	
St. 25	10.9	6.9	4.2	17.9	5.3	19.8	21.1	7.5	14.3	15.9	12.2	13.0	12.9	13.1	16.0	10.4	16.6	22.5	
St. 26	35.7	31.8	31.4	27.6	30.6	26.8	26.3	32.8	29.6	27.7	25.9	24.7	27.2	26.6	27.0	33.2	26.0	19.5	
St. 27	15.3	4.9	7.4	16.1	7.3	20.6	20.8	3.7	10.2	16.7	15.1	15.6	15.8	15.4	15.8	2.8	18.4	23.9	
St. 28	21.4	11.6	12.0	8.0	9.8	14.3	14.2	13.7	6.4	7.6	9.1	9.9	8.5	7.6	9.0	13.4	11.5	20.5	
St. 29	21.3	11.8	12.0	8.1	10.7	11.1	11.8	13.9	9.3	9.2	7.8	7.3	8.9	8.2	7.5	14.0	10.2	17.8	
St. 30	22.1	11.9	12.8	11.1	7.3	13.6	12.1	13.8	7.4	9.4	8.9	8.6	9.8	10.2	8.9	13.1	11.2	19.6	
St. 31	15.2	8.2	10.2	9.6	17.6	21.7	21.7	6.0	12.7	18.5	17.4	17.7	17.7	17.9	17.6	4.9	20.6	25.1	
St. 32	19.7	16.4	17.7	17.2	16.2	21.6	19.8	14.6	16.5	19.2	19.4	19.3	19.0	20.7	19.1	13.5	21.9	27.6	
St. 33	19.5	15.1	14.2	14.8	12.0	14.3	13.2	16.0	13.1	10.2	8.6	8.7	8.5	10.4	12.0	16.9	11.6	21.0	
St. 34	27.0	21.6	21.0	15.8	19.2	9.1	11.7	23.0	18.6	13.1	14.9	12.3	13.6	13.2	10.8	23.4	11.1	16.2	
St. 35	17.1	17.1	16.1	18.3	17.9	14.2	18.6	16.6	18.0	15.0	14.8	14.7	13.8	15.3	16.7	17.6	18.0	20.8	
St. 36	24.1	18.1	19.6	18.4	16.4	18.5	18.9	17.7	17.1	20.4	18.4	19.1	19.4	20.9	19.8	16.3	21.8	23.2	
St. 37	34.0	29.9	29.5	28.7	24.3	23.4	23.2	20.9	20.3	20.5	16.6	16.7	18.9	17.4	19.7	21.9	19.2	16.0	
	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

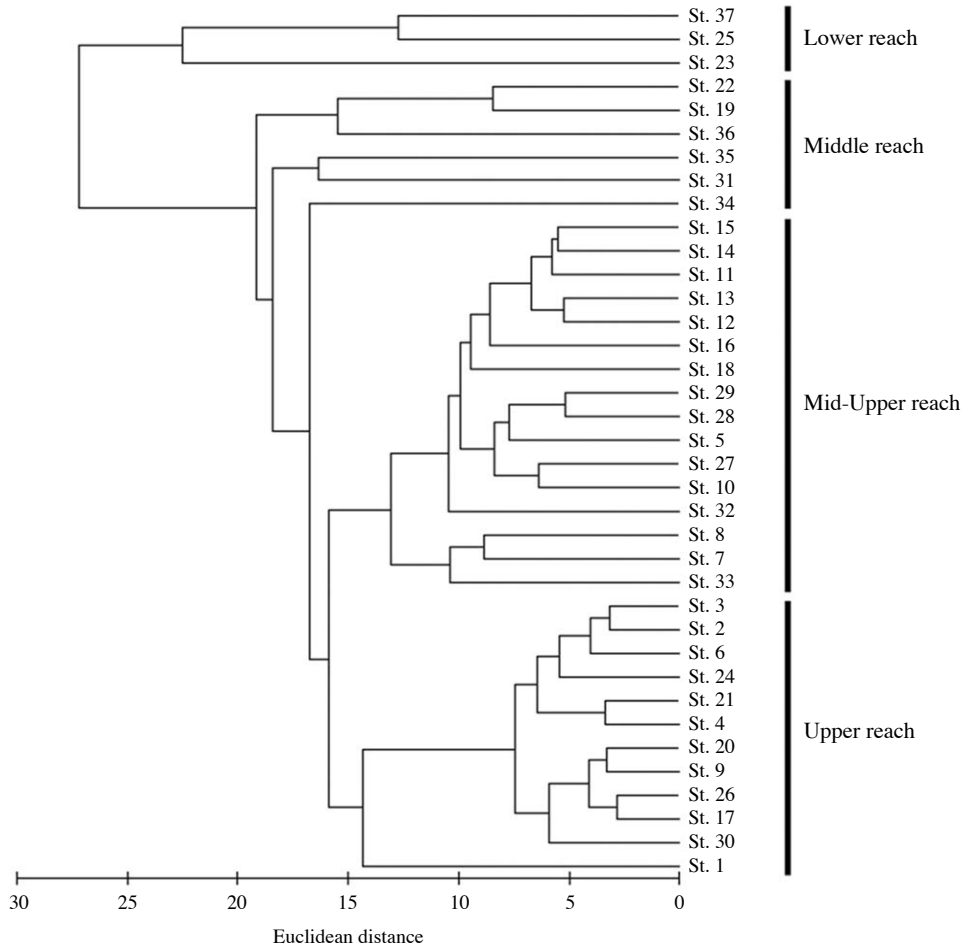


Fig. 4. A dendrogram written out using distance matrix shows the grouping of fish community.

2) 군집간의 관계

각 조사지점에서 채집된 어종의 목록과 어종수 및 개체수를 이용하여 산출한 각 집단 간의 거리값은 Table 5에 나타낸 바와 같다. 전체 거리값은 2.8~36.1 사이에 있었다. 각각의 두 집단 간에 거리가 가장 가까운 곳은 St. 21과 26 사이의 2.8이었으며 그 다음은 St. 2와 3 사이의 3.2였다. 거리가 가장 먼 곳은 St. 1과 23 사이의 36.1이었으며 그 다음은 St. 1과 25 및 37 사이의 35.7과 34.0이었다. 대체로 인접한 조사지점들 간에 거리가 가깝고 최상류와 하류의 집단 간에 거리가 먼 것으로 나타났다.

각 조사지점 사이의 유사도지수를 이용하여 작성한 dendrogram은 Fig. 4에 나타낸 바와 같으며, 크게 4개의 집단으로 구분할 수 있었다. St. 1, 2, 3 등이 포함되는 집단으로써 주로 상류지역의 12개 지점들이 이에 소속되었다. 다음은 St. 5, 7, 10, 11 등이 포함되는 집단으로 16개 지점이 소속되었다. 또한 영강본류의 St. 23, 25, 37의 3개 지점이 포함되는 하나의 집단이 묶였는데 가장 하류에 해당하는 집단이었다. 둘째와 셋째 사이의 집단은 뚜렷하게 하나의 집

단으로 묶이지는 않았으나 하천에서의 위치와 어종의 구성 등으로 보아 하나의 집단으로 묶을 수 있을 것으로 판단하였다. 이와 같은 4개의 집단을 하천도상에 표시하고 경계선을 그어 하천의 위치에 따라서 하류집단, 중류집단, 중상류집단, 상류집단으로 구분하였다(Fig. 5).

위와 같이 구분된 4개 집단의 어종의 구성과 종별 개체수를 상위 10위까지의 나타낸 것은 Fig. 6과 같다. 상류집단에서는 *R. oxycephalus*와 *Z. koreanus* NE형이 가장 많았고 나머지 어종의 비율은 매우 낮게 나타났다. 중상류집단에서는 *Z. koreanus* NS형이 우점종이었으며 *P. herzi*, *C. splendidus*, *Z. koreanus* NE형이 우세하였다. 중류집단에서는 *Z. platypus* B형이 우점종이었으며 *Z. koreanus* NS형, *Z. koreanus* NE형 및 *R. oxycephalus*가 우세하였다. 하류집단에서는 *Z. platypus* R형이 우점종이었으며 *Z. koreanus* NS형과 *P. herzi*가 우세하였다. 전반적으로 영강에서는 *Z. koreanus* NS 및 NE형과 *Z. platypus*의 R과 B형이 지배하는 하천의 특성을 나타내었다.

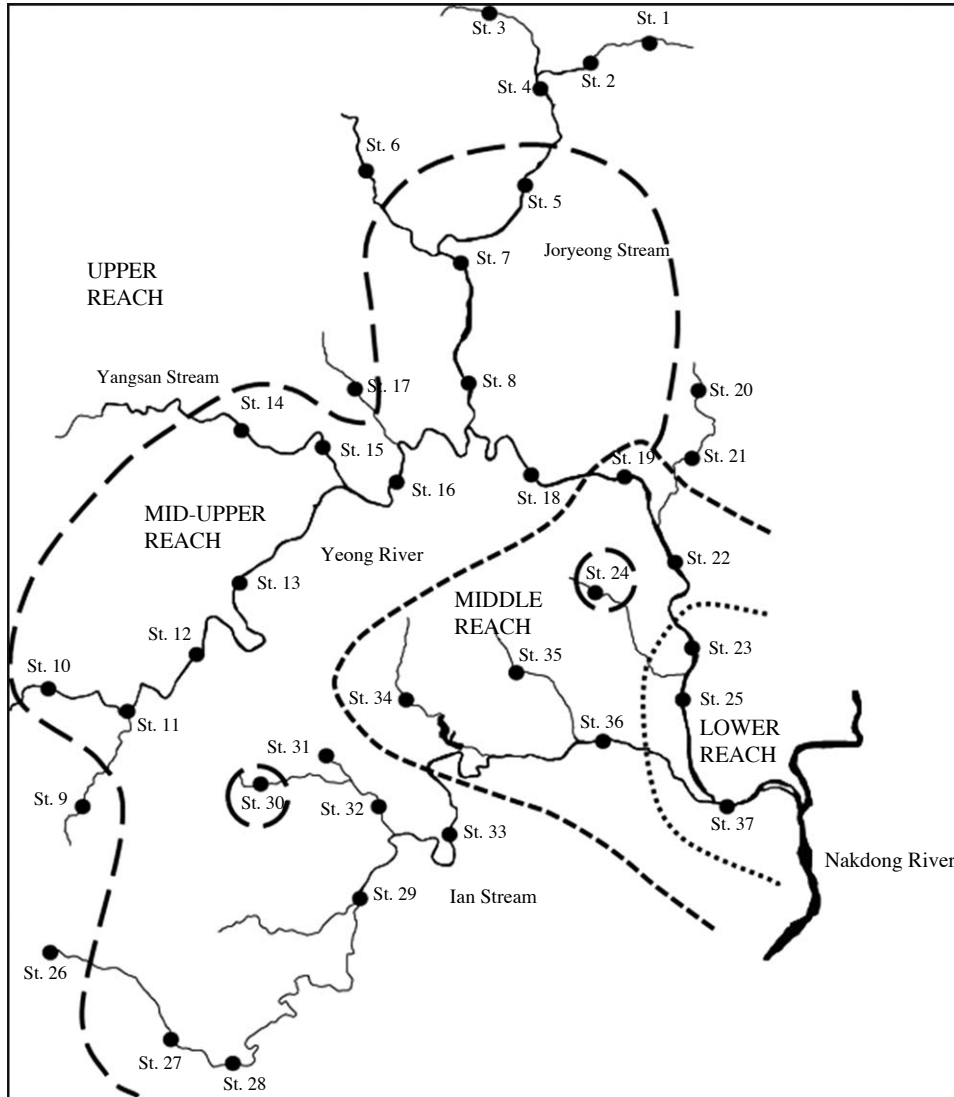


Fig. 5. Division of fish community into four groups in the Yeong river, Nakdong river system.

4. 어류상의 장기적 변화

영강의 어류상에 대해서는 과거부터 조사가 이루어져 왔으나 대부분 오랜 시간의 차이를 두고 부분적으로 조사된 자료여서 본 조사의 결과와 비교하기에는 부적절하였는데, 그 중에서 1997년에 수행된 조사(채 등, 1998b)는 본 조사의 결과와 상당 부분에서 조사지점이 일치하므로 이와 비교 분석하였다(Fig. 7). 1997년에는 10과 32종의 어류가 출현하였으나 본 조사에서는 13과 39종 2형이 채집되어 출현 종수의 증가를 보였다. 과거에 채집되지 않았으나 본 조사에서 출현한 어종은 *R. uyekii*, *A. majusculus*, *A. yamatsutae*, *A. rhombeus*, *C. carpio*, *H. labeo*, *O. uncirostris amurensis*, *S. variegatus wakiyae*, *Z. koreanus* NE형, *Z. platypus* B형, *Z. temminckii*, *P. koreanus*, *H. nipponensis*, *O. mykiss*, *M. salmoi-*

des, *M. ocellatus*, *C. argus* 등의 17종이었다. 이들 어종 중에서 *R. uyekii*, *A. majusculus*, *A. yamatsutae*, *A. rhombeus*, *C. carpio*, *H. labeo*, *S. variegatus wakiyae*, *M. ocellatus*, *C. argus* 는 과거의 조사가 충분히 이루어지지 않아 출현하지 않았던 것으로 생각된다. *O. uncirostris amurensis*, *P. koreanus* 및 *H. nipponensis*의 3종은 다른 하천에서 도입된 종으로 밝혀졌으며 *O. mykiss*와 *M. salmoides*는 외래종으로써 인위적으로 도입된 어종들이었다. 또한 *Z. koreanus* NE형, *Z. platypus* B형 및 *Z. temminckii*는 2005년 이후에 분류학적으로 새롭게 구분된 종 또는 형으로 과거에도 존재하였던 것으로 추정되었다.

반면에 1997년에 출현하였으나 본 조사에서 채집되지 않은 어종은 *Lethenteron reissneri*, *M. rapidus*, *M. jeoni*, *Gobiobotia naktongensis*, *Nemacheilus toni*, *S. microdorsalis*, *Pleco-*

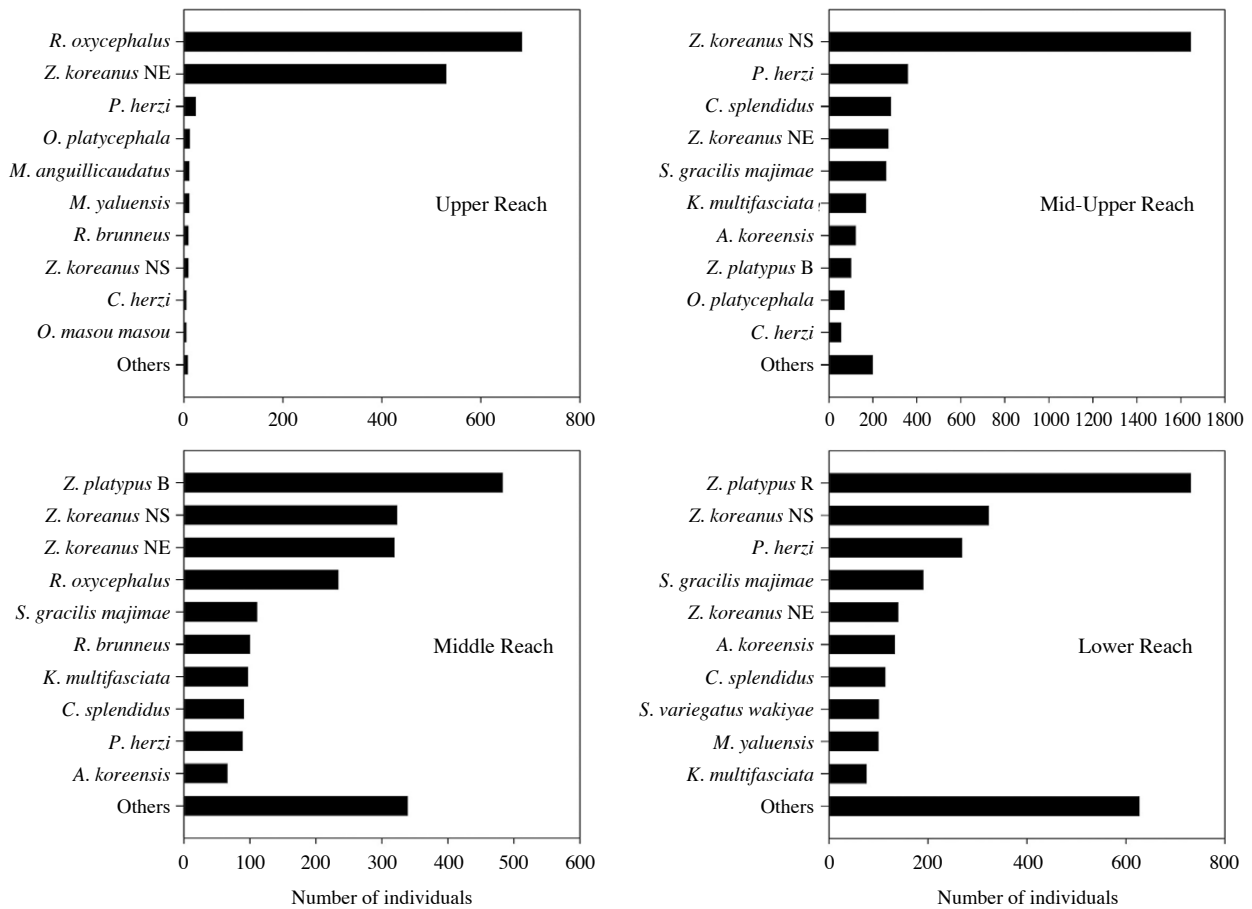


Fig. 6. Species composition of the four community groups in the Yeong river, Nakdong river system.

glossus altivelis, *Oreochromis niloticus*의 8종이었다. 이 중 *L. reissneri*와 *S. microdorsalis*는 충분한 조사가 이루어지면 출현할 가능성이 매우 큰 어종들이다. *N. toni*는 한강수계에서 하천쟁탈에 의하여 낙동강수계로 넘어온 어종으로 알려져 있는데 영강 본류의 최상류지역에서 출현하였으나 이번 조사에서는 확인하지 못하였다. *O. niloticus*는 외래종으로서 양식대상어종으로 도입된 것인데 1997년 당시에 인근의 양어장에서 양식하던 개체가 탈출하여 서식하게 되었으나 정착하지 못하고 사라진 것으로 추정되었다.

한편 *M. rapidus*는 St. 37에 가까운 지점과 영강과 낙동강이 합류하는 지점에서, *M. jeoni*, *G. naktongensis* 및 *P. altivelis*의 3종은 영강과 낙동강이 합류하는 지점에서 서식하고 있었다. *M. rapidus*는 Chae and Yang (1999)에 의하여 신종으로 보고된 어종으로 자갈이 많이 깔린 빠른 여울을 선호하는 것으로 알려져 있다. *G. naktongensis*는 멸종위기 I급에 해당하는 어종으로 모래가 깔린 여울지역을 선호하는 어종이다. 2000년대 이후 홍수피해지역 복구공사, 수변공간 이용을 위한 하천개변 공사 등의 갖가지 공사가 많이 이루어져 왔고 더욱이 2010년 이후에는 낙동강, 한강, 금강, 영산

강에 대한 사대강 공사를 하면서 하천 본류의 하상을 6m까지 준설하여 모래와 자갈을 퍼내고 다수의 댐규모의 보를 축조함과 동시에 하천변에는 도로, 자전거길, 공원조성, 제방보강공사 등을 하여 강의 전 구간이 정수생태계로 변하는 등 생태계의 심각한 변화를 초래하게 되었다. 이로 인하여 수질이 악화되고, 지류하천에서는 하상재료가 유실되어 수심이 깊어지는 등 소하천의 형태가 변화하는 일도 일어나고 있다. 따라서 과거 영강과 낙동강의 합류지점에서 출현하던 얇은 여울을 선호하는 *M. rapidus*와 *G. naktongensis*는 서식처가 수심이 깊은 정수생태계로 변하였으므로 이러한 모습이 유지되는 한 앞으로도 출현하지 못할 것으로 추정된다.

일부의 어종에서는 과거와 비교하여 증감이 관찰되었다. 증가한 것으로 판단되는 어종은 *C. splendidus*와 *A. koreensis*였고 감소한 어종은 *M. yaluensis*와 *O. platycephala*였다. 증가한 어종은 유영성 어종인 반면 감소한 어종은 저서성이어서 하천의 부영양화에 따른 하상 재료 사이의 공극의 축소와 같은 물리적 구조의 변화와 함께 저서성 무척추동물의 감소와 같은 생물적 요인의 변화에 기인하는 것으로

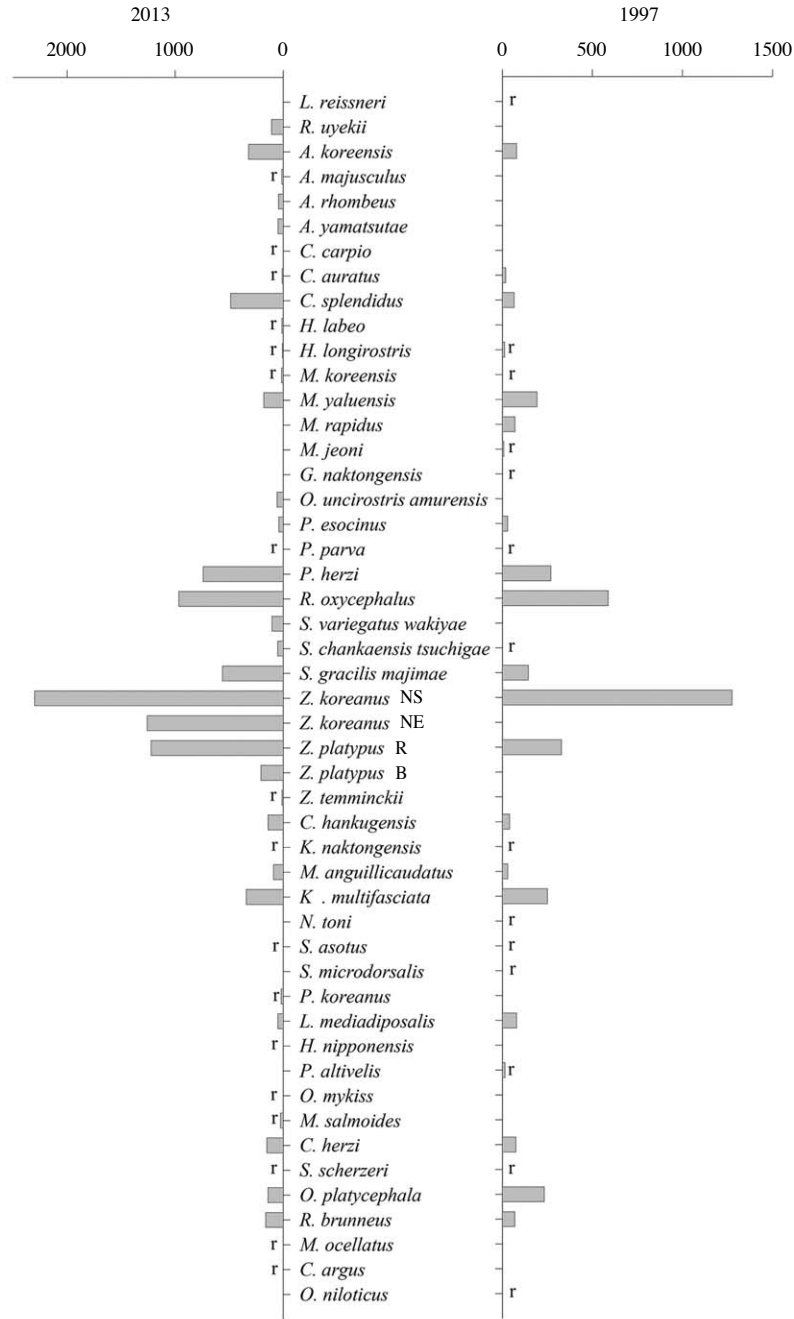


Fig. 7. Long term change of ichthyofauna in the Yeong river, Nakdong river system. r indicates fish species that appeared rarely.

추정되지만 이에 대해서는 장기간에 걸친 어류상의 조사와 하천의 물리적 구조 및 생물적 요인의 변화와의 관계를 정밀하게 조사하여야 밝혀질 것으로 생각된다.

5. 하천의 흐름에 따른 어종수의 변화

상류에서부터 하류까지 지점별로 출현하는 어종의 수를 본 조사의 결과와 다른 하천 사이에 비교한 것은 Fig. 8에

나타내었다(장 등, 2001; 이 등, 2004; 고, 2005; 손과 변, 2005; 김 등, 2006a, b; 이 등, 2008; 김 등, 2009). 본 조사의 결과를 보면 영강의 본류에서 하류로 가면서 어종의 수가 균일하게 증가하는 경향을 나타내었다. 양양남대천, 연곡천, 왕피천, 남원요천의 경우에도 일부 감소하는 구간도 있었지만 전체적인 경향은 상류에서부터 하류로 가면서 어종의 수가 증가하여 본 조사의 결과와 비슷하였다. 반면에 낙동강본류, 여수소라천, 만경강, 미호천에서는 구간에 따라 어

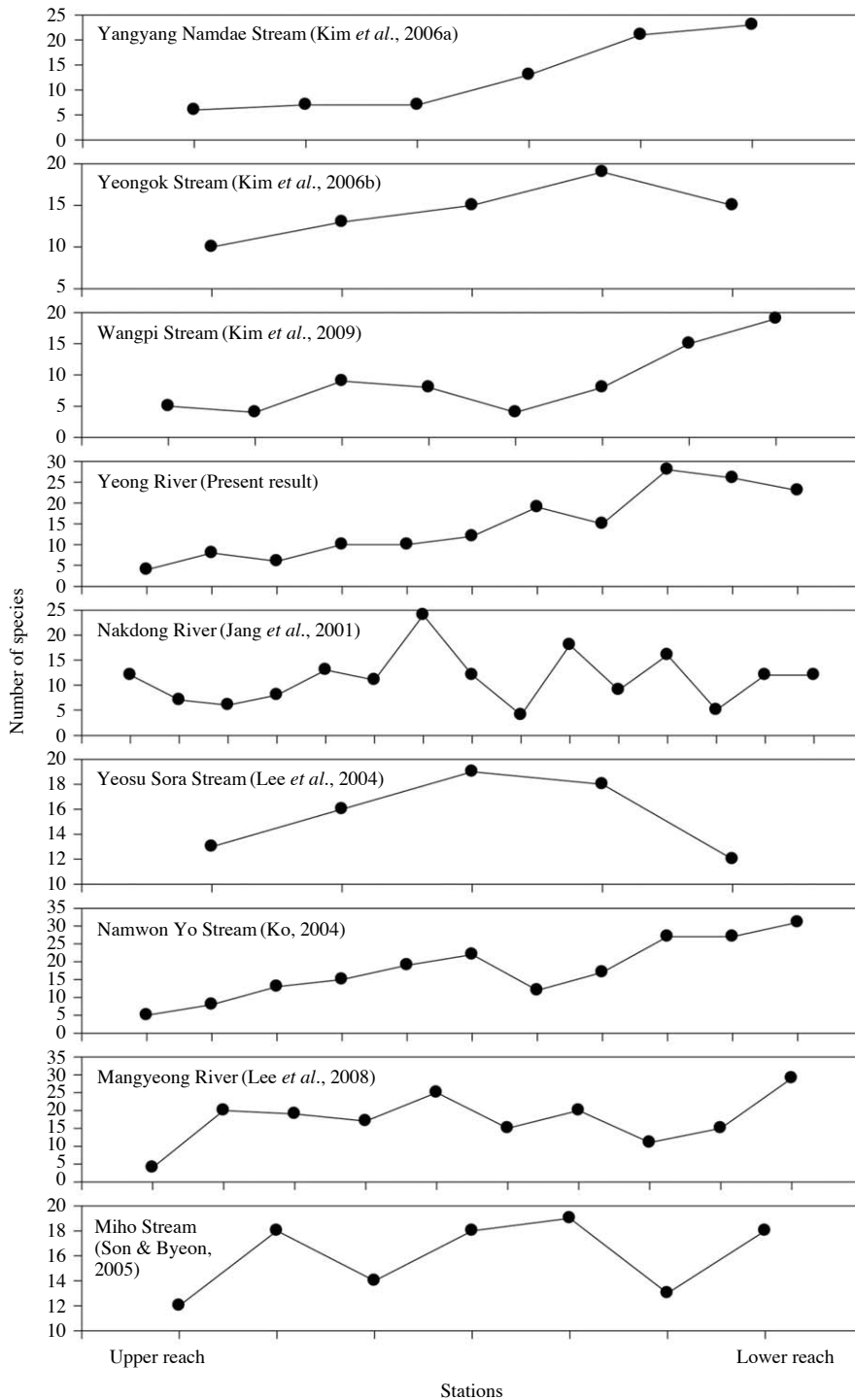


Fig. 8. Comparison among streams on the changing pattern of the number of fish species going with down stream.

종수의 증감을 반복하거나 감소하는 경향을 나타내었다. 이것은 하천의 중간에 인구밀집지역이나 큰 오염원이 있는 경우 또는 공사 등에 의하여 하천의 구조적 변화가 일어난 경우 어종이 감소하기 때문에 나타나는 현상이라 생각된다. 따라서 하천의 흐름에 따른 어종수의 변화가 균일하게

증가하는 하천일수록 건강한 하천임을 나타내는 하나의 척도가 될 수 있다고 생각한다.

6. 피라미속 어류의 형별 분포

피라미속에 속하는 *Z. koreanus*는 우리나라에서는 과거에

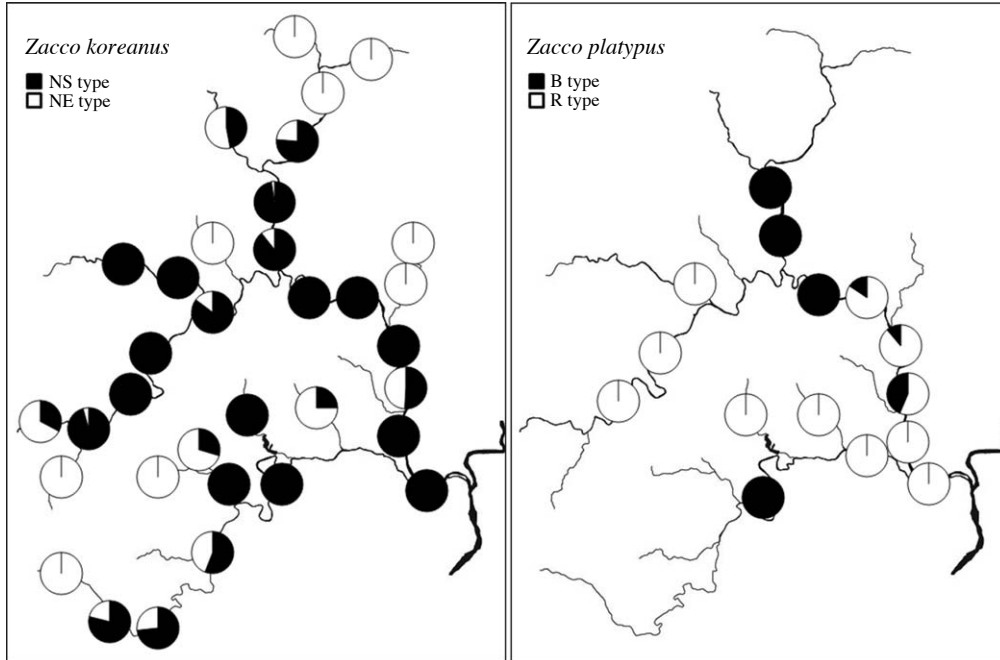


Fig. 9. Composition ratios of the types of *Zacco koreanus* and *Z. platypus* by stations in the Yeong river, Nakdong river system.

*Z. temminckii*라는 이름의 한 종으로 알려져 있었으나(정, 1977; 최 등, 1990; 김, 1997) Kim *et al.* (2005)에 의하여 *Z. koreanus*와 *Z. temminckii*의 두 종으로 분리되었다. 그 이후 *Z. koreanus*는 NS, NE, HK형의 3형으로 구분되었으며 낙동강과 섬진강수계에서는 NS와 NE형이 공서함이 밝혀졌고, *Z. platypus*에서도 R과 B형으로 구분되고 이들도 낙동강에서 공서함이 밝혀졌다(채와 윤, 2006, 2010; 윤 등, 2012). 본 조사의 대상지역인 영강에는 *Z. koreanus*의 NS와 NE형, *Z. platypus*의 R과 B형이 모두 출현하므로 이들의 지점별 분포 양상을 지도상에 상대비율로 표현하여 비교해 보았다(Fig. 9).

*Z. koreanus*는 영강의 거의 전 지역에 걸쳐 서식하고 있었는데, 형별로 보면 NE형은 상류에 분포하고 NS형은 중류 및 하류에 분포하고 있었다. 그리고 중류지역에서는 두 형이 공서하고 있는 지점이 많았다. *Z. platypus*는 최상류까지 진출하지는 못하고 중상류지역이 분포의 상한선이었으며, 영강 본류의 중상류 지역은 *Z. platypus* R형이 장악하고 있었지만 조령천과 이안천의 중류부는 B형이 많았다. 조령천과 영강본류의 합류점 이하의 하천에서는 하류로 갈수록 *Z. platypus* B형에서 R형으로 변화해 가는 양상을 볼 수 있었다. 이와 같은 분포 양상은 채와 윤(2006, 2010) 및 윤 등(2012)이 밝힌 형별 분포와 일치하는 것이다.

한편 본 조사에서 *Z. temminckii*가 영강에 서식하고 있음이 밝혀졌는데, *Z. koreanus*와 *Z. temminckii*의 두 종으로 분류된 후 낙동강에서는 현재까지 합천군의 황강 지역에서 서식하는 것이(Kim *et al.*, 2005) 알려진 외에는 분포가 보

고된 바가 없었다.

요 약

2013년 3월부터 10월까지 낙동강수계의 1차 지류인 영강의 37개 조사지점에 대하여 어류상을 조사한 결과 총 13과 31속 39종 2형의 어류가 확인되었다. 채집된 어류 중 잉어과 어류가 23종 2형(61.0%)으로 가장 많았으며 다음은 미꾸리과 어류가 4종(9.87%)이었다. 한반도 고유종은 17종으로 채집어종수의 41.5%를 차지하였다. 멸종위기종은 얼룩새코미꾸리(*Koreocobitis naktongensis*)와 모래주사(*Microphysogobio koreensis*)의 두 종이었으며, 외래종은 무지개송어(*Oncorhynchus mykiss*)와 배스(*Micropterus salmoides*)의 두 종이었다. 국내의 다른 하천에서 옮겨진 이입종은 끄리(*Opsariichthys uncirostris amurensis*), 눈동자개(*Pseudobagrus koreanus*), 빙어(*Hypomesus nipponensis*)의 3종이었다. 개체수를 기준으로 한 우점종은 참갈겨니 NS형(*Z. koreanus* NS, 23.24%), 아우점종은 참갈겨니 NE형(*Z. koreanus* NE, 12.72%)와 피라미 R형(*Z. platypus* R, 12.35%)이었다. 어류 군집분석을 실시한 결과 영강 전체는 다양도 1.134, 균등도 0.703, 우점도 0.110, 종풍부도 4.348로 나타나 다양하고 안정된 어류군집을 이루고 있었다. 조사지점 사이의 유사도지수를 이용하여 수지도도를 작성한 결과 상류집단, 중상류집단, 중류집단, 하류집단의 4집단으로 구분할 수 있었다.

사 사

이 논문은 국립생태원의 제4차 전국자연환경조사(2013년) 및 2013년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No. 2011-0011863)의 일환으로 작성되었습니다.

인 용 문 헌

강영훈 · 금지돈. 2001. 비슬산 자연생태계 조사보고서. 대구시 달성군: 156-179.

건설교통부. 2002. 우리 그림 길라잡이. 중앙지도문화사, 343pp.

고명훈. 2005. 섬진강 줄종개 *Cobitis tetralineata*와 왕종개 *Isookimia longicorpa* (Cobitidae)의 생태학적 연구. 전북대학교 대학원 석사학위논문, 68pp.

금지돈 · 양홍준. 2002. 남강의 어류상과 어류군집구조. 한국육수학회지, 35: 220-231.

김구환 · 차재석 · 박희천. 2009. 왕피천 유역의 어류상과 군집구조. 한국어류학회지, 21: 47-54.

김익수. 1997. 한국동식물도감 제37권 동물편(담수어류). 교육부, 629pp.

김익수 · 최 윤 · 이충열 · 이용주 · 김병직 · 김지현. 2005. 원색한국어류대도감. 교학사, 서울, 615pp.

김치홍 · 이완옥 · 홍관의 · 이철호 · 김중화. 2006a. 양양 남대천의 어류상과 어류군집. 한국어류학회지, 18: 112-118.

김치홍 · 홍관의 · 김중화 · 김경환. 2006b. 강릉 연곡천의 어류상. 한국어류학회지, 18: 244-250.

남명모 · 양홍준 · 채병수 · 강영훈. 1998. 내린천의 어류상과 군집구조. 한국어류학회지, 10: 61-66.

손영목. 1985. 화양천과 농암천의 담수어에 관하여. 청주사대 논문집, 15: 1-16.

손영목. 1987. 한국산 통가리과 어류의 계통분류학적 연구. 중앙대 박사학위논문. 81pp.

손영목 · 변화근. 2005. 미호천의 어류상과 어류군집 동태. 한국어류학회지, 17: 271-278.

양홍준 · 채병수. 1994. 대도시주변 하천수계의 수질환경과 육수생물학적 연구. 금호강수계의 어류상과 어류군집구조(II). 한국육수학회지, 27: 177-188.

양홍준 · 채병수. 1997. 임하댐 유역의 어류상과 어류군집구조. 한국육수학회지, 30: 145-154.

윤희남 · 채병수 · 배양섭. 2012. 피라미, *Zacco platypus* (Cyprinidae, Pisces)의 체색과 형태의 지리적 변이. 한국어류학회지, 12: 167-176.

이완옥 · 김경환 · 김중화 · 홍관의. 2008. 만경강의 담수어류 및 외래어종의 분포. 한국어류학회지, 20: 198-209.

이정현 · 한경호 · 서원일 · 윤성민 · 김춘철 · 황선영 · 김관석. 2004. 여수 소라천의 어류상과 어류군집. 한국어류학회지, 16: 348-355.

장민호 · 조가익 · 주기재. 2001. 낙동강 본류의 어류상. 한국육수

학회지, 34: 223-238.

전상린. 1980. 한국산 담수어의 분포에 관하여. 중앙대학교학원 박사학위논문, 91pp.

전상린. 1999. 반변천에서 채집된 끄리(잉어과)에 관하여. 한국환경생물학회지, 17: 499-501.

정문기. 1977. 한국어도보. 일지사. 서울, 727pp.

채병수. 2000. 자연생태탐사-금호강을 중심으로-(어류). 자연생태연구소, pp. 47-83.

채병수. 2003. 국내 서식 어종의 다른 하천수계로의 도입. 사례 및 주요종의 현황. 2002년 한국어류학회 심포지움 “국내에 도입된 외래어류의 현황”. 한국어류학회, pp. 65-86.

채병수. 2007. 우리나라의 담수어를 위협하는 요인. 춘천물포럼 2007, 23pp.

채병수 · 강영훈 · 양홍준. 1998a. 낙동강수계 위천의 어류군집구조. 한국어류학회지, 10: 77-86.

채병수 · 남명모 · 양홍준. 1998b. 낙동강수계 영강의 어류군집구조. 한국어류학회지, 10: 67-76.

채병수 · 윤희남. 2006. 참갈겨니, *Zacco koreanus* (잉어과, 어강)의 혼인색의 지리적 변이와 분포. 한국어류학회지, 18: 97-106.

채병수 · 윤희남. 2010. 참갈겨니, *Zacco koreanus* (잉어과)의 NE형과 NS형의 서식처 분리. 한국어류학회지, 22: 49-55.

최기철 · 전상린. 1978. 월악산, 주흘산 및 조령일대의 담수어에 관하여. 한국자연보존협회 조사보고서, 15: 197-209.

최기철 · 전상린 · 김익수 · 손영목. 1990. 원색한국담수어도감. 향문사, 277pp.

최재석 · 김재구. 2004. 홍천강의 어류상 및 어류군집. 한국환경생물학회지, 18: 446-455.

한국어류학회. 2003. 국내에 도입된 외래어류의 현황. 2002 한국어류학회 심포지움 논문집, 128pp.

Brower, J.E. and J.H. Zar. 1977. Field and laboratory methods for general ecology. Wm. C. Brown Co. Publ., Iowa, 194pp.

Chae, B.S. and H.J. Yang. 1999. *Microphysogobio rapidus*, a new species of gudgeon (Cyprinidae, Pisces) from Korea, with revised key to species of the genus *Microphysogobio* of Korea. Korean J. Biol. Sci., 3: 17-21.

Clarke, K.R. and R.N. Gorley. 2001. PRIMER v5: User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth.

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.

Kani, T. 1944. Ecology of torrent-inhabiting insects, pp. 171-317. In: Insect 1 (Furukawa, H. ed.). Kenkyu-sha, Tokyo. (in Japanese)

Kim, I.S., M.K. Oh and K. Hosoya. 2005. A new species of cyprinid fish, *Zacco koreanus* with redescription of *Z. temminckii* (Cyprinidae) from Korea. Korean J. Ichthyol., 17: 1-7.

Mori, T. 1935. Descriptions of two new genera and seven new species of Cyprinidae from Chosen. Annot. Zool. Jap., 15: 161-177. (in Japanese)

Mori, T. 1936. On the one new genera and three new species of Siluridea from Chosen. Japanese J. Zool., 48: 671-675. (in

- Japanese)
- Nelson, J.S. 2006. Fishes of the World. John Wiley & Sons. New York, 601pp.
- Pielou, E.C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *J. Theoret. Biol.*, 13: 131-144.
- Simpson, E.H. 1949. Measurement of diversity. *Nature*, 163: 688.
- Shannon, C.E. and W. Weaver. 1949. *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana, 177pp.
- Uchida, K. 1939. The fishes of Korea. Part I. Nemathognathi, Even-thognathi. *Bull. Fish. Exp. Station Govern. Gen. of Tyosen, Husan*, No. 6, 458pp. (in Japanese)
- Wratten, S.D. and G.L.A. Fry, 1980. *Field and laboratory exercises in ecology*. Edward Arnold Ltd., London, 227pp.