Korean J. Limnol. 40 (1) : 163~172(2007)

1차 소하천의 환경특성 및 어류군집

문 운 기 · 안 광 국*

(충남대학교 생명과학부)

Environmental Characteristics and Fish Community of Small First-order Stream. ***Moon, Woon-Ki and Kwang-Guk An* (School of Bioscience and Biotechnology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea)***

In this study, fish fauna and stream characteristics were surveyed during October-November 2003 in 31 small streams, which are small sub-tributaries of Geum River. The small streams were classified into 4 types of steep mountainous (SM), mountainous-flatland (MF), flat land (FL), and agricultural watercourse (AW) streams, and their types were categorized by features of stream width, water depth, bottom substrate, riparian vegetation, and landuse patterns. The fishes collected during this survey were identified 4 families and 8 species. Dominant family was Cyprinidae, and the most dominant species was *Rhynchocypris oxycephalus* with 73% (419 individuals) of the total. Only one species of *R. oxycephalus* was observed in the all five steep mountainous streams, which was surrounded by 100% forest area and had no point-and non-point pollution sources. The observed frequency of *R. oxycephalus* (as a relative proportion of species) showed a significant positive correlation (r=0.754, p<0.001, n=31) with the substrate composition of bedrock and boulder, indicating that the species prefer the bedrock and boulder rather than the sand or small pebble. Evidently, all five steep mountainous streams were judged as excellent condition (1st rank) according to the criteria of biological water quality, the Ministry of Environment, Korea. This result was accord with a general tendency of the species in most upper stream of the Koreas streams. One family and one species were found at the steep mountainous types and 4 families 6 species were at the mountainous-flatland. Four families 8 species were found at the flat land, which showed most diverse habitat, and 2 families 2 species were collected agricultural watercourse. These study results of 1st-order streams suggest that *R. oxycephalus* was considered as one of 1st rank ecological indicator species, and that the dominant area should be protected from various pollutions and disturbances.

Key words : stream types, 1st order stream, *R. oxycephalus*, fish community, small streams

서 론

본 조사하천들이 위치하고 있는 유구읍은 면적 101.60 km^2이고, 충청남도 공주시의 북서측에 입지하고 있는 읍 소재지로서 대부분의 지역이 100~500 m의 해발고도에 위치하고 있다. 주요산으로는 남서측의 관불산(400 m), 동북측의 법화산 및 금계산(574 m) 등이 위치하고 있으며, 이들 능선에서 발원한 소지류들이 유구천으로 합류된다. 금강의 제1지류인 유구천은 읍의 중앙부에서 북에서

* Corresponding author: Tel: 042) 821-6408, Fax: 042) 822-9690, E-mail: kgan@cnu.ac.kr

남측으로 유하하며, 유구천을 중심으로 농경지대가 발달되어 있고, 임야지역이 잘 보전되어 있다.

본 조사지역인 유구읍의 주요 하천인 유구천의 어류상에 대하여 장(1996)은 강수량에 따른 어류상의 변화에 대한 연구를 통해 집중호우에 따른 수질의 이화학적 변화 및 어류상의 변화를 밝힌바 있으며, 안 등(2006)은 어류군집을 이용한 생태건강도 분석에서 유구천은 "건강한 상태(Good)"로 판명되었다. 또한, 충남의 자연(최, 1987)에서 읍·면에 따른 어류상을 언급한 자료가 존재하나, 전반적으로 빈약하며 이들 연구가 유구천 본류 및 저수지에 대한 어류상의 언급만이 있을 뿐, 그 지류하천인 소규모하천에 대한 하천환경 및 어류상에 대한 언급은 이루어지지 않았다. 게다가, 우리나라의 기존 하천 연구에서는 1차 하천에 대한 연구는 전무한 실정이다.

또한, 조사지역인 유구읍은 최근에 생활양식, 영농방법의 변화 및 축사의 증가 등 소하천이 위치하고 있는 지역의 환경적 변화가 발생하였고, 생활하수 및 축산폐수에 의한 하천의 오염, 농업용수의 확보를 위한 과다한 지하수 및 하천유지수의 사용으로 교란요인의 증가와 서식환경변화 및 하천유지 유량 감소에 따른 어류상의 변화가 발생하고 있으나, 이에 대한 정확한 자료는 미비한 실정이다. 그러므로 본 연구를 통해 하천수계의 소규모 지류를 구성하는 소하천들의 환경적 특성 및 이들 소하천에 서식하는 어류상을 밝힘으로써 자원의 효율적인 관리에 대한 기초자료를 얻고자 하였다.

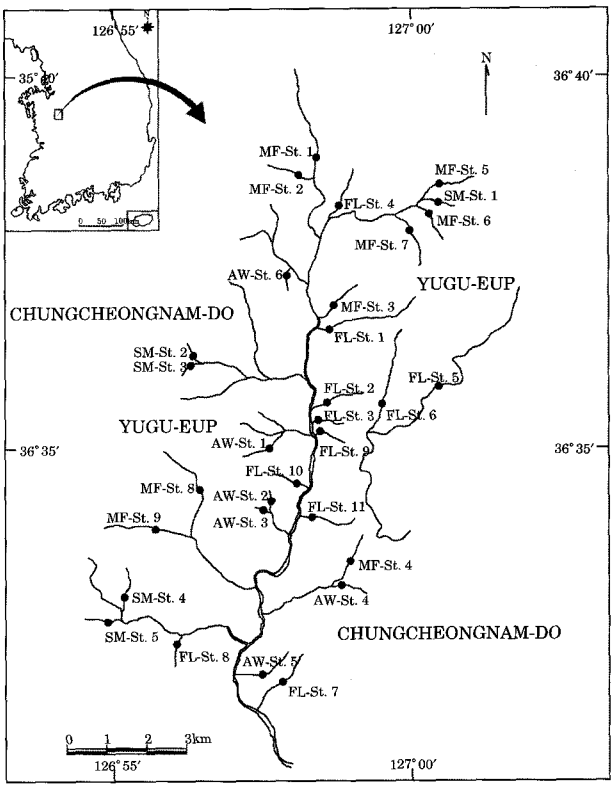


Fig. 1. Map showing sampling streams and stream types (SM=steep mountainous, MF=mountainous flatland, FL=flat land, AW=agricultural watercourse) in Yugu Stream.

재료 및 방법

1. 조사기간 및 지점

유구읍에 분포하는 소하천들의 하천환경 및 서식어류에 대한 현지조사는 2003년 10월부터 동년 11월까지 진행되었으며, 각 하천형태별로 산지형 소하천(SM) 5개소, 산지-평지형 소하천(MF) 9개소, 평지형 소하천(FL) 11개소, 농수로형 소하천(AW) 6개소 등 총 31개 소하천을 대상으로 하천특성이 잘 나타나는 지점을 선정하여 조사를 수행하였으며(Fig. 1), 각 조사지점의 행정구역은 다음과 같다.

산지형 소하천

SM-St. 1 : 충청남도 공주시 유구읍 문금리
SM-St. 2 : 충청남도 공주시 유구읍 명곡리
SM-St. 3 : 충청남도 공주시 유구읍 명곡리
SM-St. 4 : 충청남도 공주시 유구읍 백교리
SM-St. 5 : 충청남도 공주시 유구읍 백교리

산지-평지형 소하천

MF-St. 1 : 충청남도 공주시 유구읍 탑곡리
MF-St. 2 : 충청남도 공주시 유구읍 탑곡리
MF-St. 3 : 충청남도 공주시 유구읍 추계리
MF-St. 4 : 충청남도 공주시 유구읍 유구리
MF-St. 5 : 충청남도 공주시 유구읍 문금리
MF-St. 6 : 충청남도 공주시 유구읍 문금리
MF-St. 7 : 충청남도 공주시 유구읍 문금리
MF-St. 8 : 충청남도 공주시 유구읍 녹천리
MF-St. 9 : 충청남도 공주시 유구읍 녹천리

평지형 소하천

FL-St. 1 : 충청남도 공주시 유구읍 추계리
FL-St. 2 : 충청남도 공주시 유구읍 신달리
FL-St. 3 : 충청남도 공주시 유구읍 신달리
FL-St. 4 : 충청남도 공주시 유구읍 문금리
FL-St. 5 : 충청남도 공주시 유구읍 연종리

FL-St. 6 : 충청남도 공주시 유구읍 세동리
FL-St. 7 : 충청남도 공주시 유구읍 만천리
FL-St. 8 : 충청남도 공주시 유구읍 백교리
FL-St. 9 : 충청남도 공주시 유구읍 신달리
FL-St. 10 : 충청남도 공주시 유구읍 입석리
FL-St. 11 : 충청남도 공주시 유구읍 신영리

농수로형 소하천

AW-St. 1 : 충청남도 공주시 유구읍 입석리
AW-St. 2 : 충청남도 공주시 유구읍 신영리
AW-St. 3 : 충청남도 공주시 유구읍 신영리
AW-St. 4 : 충청남도 공주시 유구읍 유구리
AW-St. 5 : 충청남도 공주시 유구읍 유구리
AW-St. 6 : 충청남도 공주시 유구읍 덕곡리

2. 조사내용 및 방법

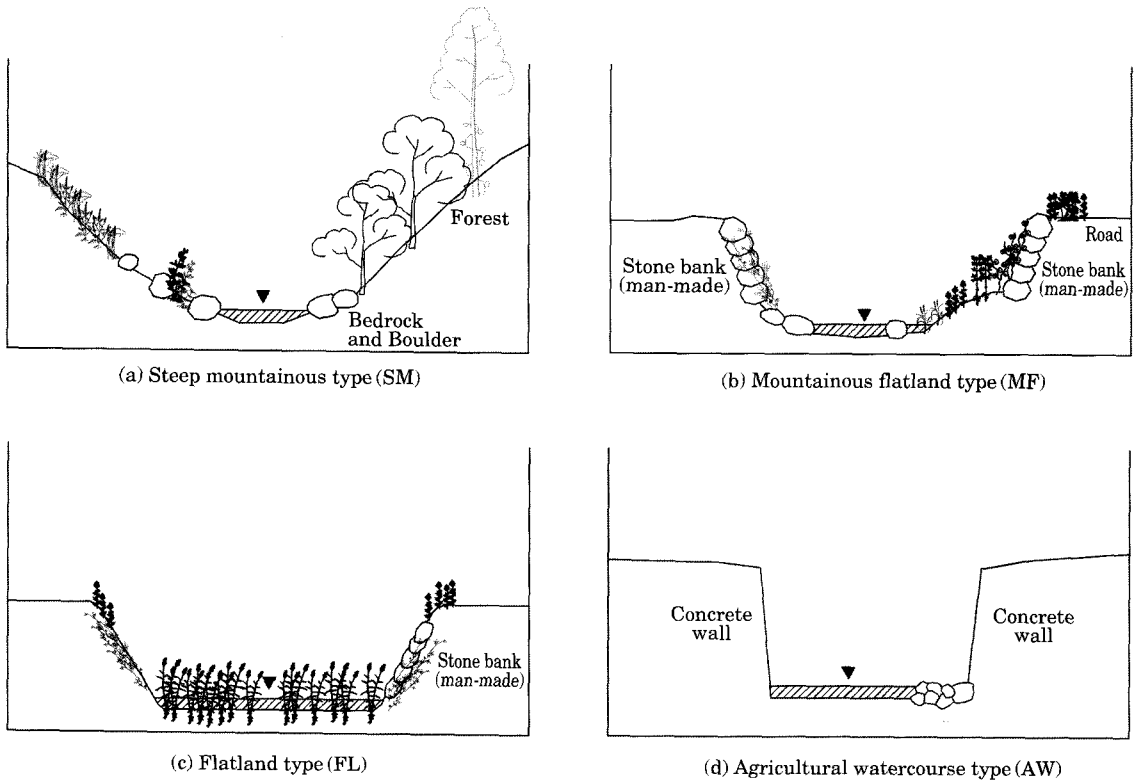
하천의 환경적 특징을 조사하기 위해 하폭, 유로폭 및 수심은 줄자(30 m, 5 m)를 이용하여 측정하였으며, 하상구조의 특성과 하천주변의 환경은 육안으로 직접 관찰 및 기록을 실시하였다.

어류채집은 본 조사대상 하천들이 규모가 매우 작은 소하천들로 투망 등 일반적인 하천의 조사도구를 사용하여 어류의 채집이 적합하지 않은 만큼 족대(망목 4×4 mm) 등을 이용하였다. 각 조사 소하천별로 선정된 조사지점을 중심으로 상·하류 20 m의 범위내에서 조사를 실시하였으며, 채집된 어류는 현장에서 10% 포르말린용액에 고정 후 실험실로 운반한 다음 동정·분류하였다. 어류의 동정에는 국내에서 발표된 검색표(정, 1977; 김, 1997; 최, 2001; 김과 박, 2002)를 이용하였고, 분류체계는 Nelson (1994)을 참조하였다. 각 조사지점의 어류 군집분석은 종 다양도 지수(Shannon and Weaver, 1949), 균등도 지수(Pielou, 1969), 종 풍부도(Margalef, 1958) 지수 등을 산출하였다.

결과 및 고찰

1. 소하천 분류 및 하천환경

공주시 유구읍에 분포하는 소하천은 주변환경 및 하상구성 입자 등의 하천특성에 의해 임야지역(산림)과 연계되는 산지형 소하천(Steep mountainous type, SM: Fig. 2a), 임야지역(산림)에서 농경지로 전이되는 지역에 분포



(a) Steep mountainous type (SM)
(b) Mountainous flatland type (MF)
(c) Flatland type (FL)
(d) Agricultural watercourse type (AW)

Fig. 2. Cross sectional views of four small stream types.

한 산지형-평지형 소하천(Mountainous flatland type, MF: Fig. 2b), 하천 주변에 농경지와 주거지가 인접하고 축사 등의 비점오염원이 분포하는 평지형 소하천(Flat land type, FL: Fig. 2c) 및 농수로형 소하천(Agricultural watercourse type, AW: Fig. 2d)으로 구분 지을 수 있다.

1) 산지형 소하천 (SM)

산지형 소하천(SM)은 하폭이 3~5 m 정도로 하천 규모가 적으며, 하상은 대부분 암반(Bedrock, Be), 큰돌(Boulder, Bo), 자갈(Pebble, Pe) 등으로 구성되어 있다(Table 1). 하천의 유지유량은 비교적 풍부한 편이나, 갈수기시 하상구조상 일부 지하로 스며들어 하천수 흐름의 불연속성이 형성되어 어류이동에 제한이 될 수 있는 특성을 가지고 있다. 또한, 하천 주변의 토지이용 측면에서 보면, 주로 임야(산림) 지역으로 구성되어 있다. 이러한 지역은 하천변으로 연계된 제방의 구분이 명확하지 않으며, 임야지역에 나타나는 관목성 목본류나 교목류 등의 식생이 하천내 유로 인접부까지 입지하고 있다(Fig. 2a). 또한, 이들 식생에 의해 하천 수표면이 대부분 덮여있어 그늘을 형성한다(Table 1, Fig. 2a). 이런 지역의 하상을 구성하는 암반(Bedrock, Be) 및 큰돌(Boulder, Bo)의 표면에는 녹조류 등 부착조류가 거의 없었는데, 이는 제한된 광조건으로 인한 부착조류의 성장이 제한되었기 때문으로 사료되었다.

2) 산지-평지형 소하천 (MF)

산지-평지형 소하천(MF)은 하폭이 주로 6~8 m로서 산지형 소하천(SM)에 비해 2배 정도까지 넓게 분포하였다. 하상은 대부분 큰돌(Boulder, Bo), 자갈(Pebble, Pe), 모래(Sand, Sa) 등으로 이루어져 있고, 유량은 비교적 풍부한 편이나, 주변에 위치한 비점오염원인 축사, 주거지 및 농경지가 분포하여 하천내 유기물 증가에 기여하는 것으로 사료되었다. 일부 소하천들의 경우 이들 비점오염원으로부터 유입된 오염물질 등으로 수질이 다소 악화되는 특성을 보였다.

또한, 하천 주변으로 농경지, 주거지 및 축사 등이 위치하고 있는 구간의 제방은 대부분 콘크리트 옹벽, 석축쌓기, 돌망태 등의 인위적인 정비가 이루어져 있다. 수변부 및 하천내부는 대부분 고마리(*Persicaria thunbergii*), 달뿌리풀(*Phragmites japonica*) 등의 초본류에 의해 피복

Table 1. In-stream characteristics of steep mountainous streams. In the bottom structure, bedrock, boulder, pebble, sand and silt were abbreviated as Be, Bo, Pe, Sa and Si, respectively. The landuse patterns were categorized as forest area (FA), residential area (RA), intensive feedlot (IF) and crop land (CL). Interferes of right-side (R) and left-side (L) bank were expressed as none (N), concrete (C) and stone (S), respectively.

Structure / Stations	Stream width (m)	Hydraulic width (m)	Mean depth (m)	Structure compositon	Landuse pattern	Interfere of bank (L/R)
St. 1	5~6	1~2	<0.5	Be, Bo, Pe, Sa	FA	N/N
St. 2	3~4	0.5~1	<0.3	Be, Bo, Pe, Sa	FA	N/N
St. 3	3~4	0.5~0.8	<0.3	Bo, Pe, Sa	FA	N/N
St. 4	4~5	0.5~1	<0.3	Be, Bo, Pe, Sa	FA	N/N
St. 5	4~5	1~1.5	<0.4	Be. Bo, Pe, Sa	FA	N/N

Table 2. In-stream characteristics of mountainous-flatland streams. In the bottom structure, bedrock, boulder, pebble, sand and silt were abbreviated as Be, Bo, Pe, Sa and Si, respectively. The landuse patterns were categorized as forest area (FA), residential area (RA), intensive feedlot (IF) and crop land (CL). Interferes of right-side (R) and left-side (L) bank were expressed as none (N), concrete (C) and stone (S), respectively.

Structure / Stations	Stream width (m)	Hydraulic width (m)	Mean depth (m)	Structure of bottom	Landuse pattern	Interfere of bank (L/R)
St. 1	8~10	2~3	<0.5	Bo, Pe, Sa	FA, RA, IF	N/C
St. 2	4~5	0.5~1	<0.5	Bo, Pe, Sa	FA, CL, RA	S/N
St. 3	8~10	0.5~1	<0.5	Bo, Pe, Sa	CL, RA	C/S
St. 4	3~4	1~2	<0.5	Bo, Pe, Sa, Si	FA, CL	S/S
St. 5	6~7	1~2	<0.5	Bo, Pe, Sa	FA, CL	S/S
St. 6	6~7	0.5~1	<0.5	Bo, Pe, Sa	FA, CL	S/S
St. 7	6~8	1~2	<0.5	Bo, Pe, Sa	FA, CL	C/S
St. 8	6~8	0.5~1.5	<0.5	Bo, Pe, Sa	CL, RA	N/S
St. 9	5~6	0.5~1.5	<0.5	Bo, Pe, Sa	CL, RA	S/N

되어 있으며, 임야지역과 연계되어 관목성 목본류가 일부 분포하기도 한다(Table 2, Fig. 2b).

3) 평지형 소하천 (FL)

평지형 소하천(FL)은 하폭이 3~8 m 정도로 일부 하천은 최대 12 m까지 확장되어 있으며, 규모가 비교적 큰 소하천이 분포한다. 하상은 대부분 모래(Sand, Sa)와 진흙(Silt, Si)으로 구성되어 있으며, 일부구간 자갈(Pebble, Pe)을 포함하기도 하나 그 비율은 매우 적은편이다. 이러한, 특성들로 인해 산지형 소하천(SM) 및 산지-평지형 소하천(MF)과는 뚜렷한 차이를 보였다. 수변부 및 하천내부는 고마리(*P. thunbergii*), 갈풀(*Phalaris arundinacea*) 등의 초본류에 의해 유로부를 제외한 하상의 대부분이 피복되었다. 제방의 형태는 자연제방 형태를 보였고, 하천주변으로 농경지와 축사가 위치하고 있는 일부구간은 콘크리트 옹벽 또는 석축쌓기 등으로 정비되어 있거나, 주거지가 인접한 일부 하천의 경우 복개되어 인위적인 교란이 빈번하게 발생하는 특성을 보였다. 또한, 제방의 상부가 농로를 포함한 소규모 도로 등이 개설되어 인위적인 간섭이 지속적으로 발생하는 것으로 판단되었다(Table 3, Fig. 2c).

4) 농수로형 소하천 (AW)

농수로형 소하천(AW)은 하폭이 2~4 m 규모로서 제방 및 하상은 콘크리트로 이루어진 단순한 형태로 정비되어 자연적인 하천특성을 소실한 것으로 사료되었다. 하천의 유지유량은 매우 적은 편이며, 일부 하천의 구간에 소규모 낙차공이 존재하고, 이들 소규모 낙차공을 중심으로 유량이 존재하는 웅덩이 형태가 발달되어 있는 특성을 보였다. 일부 소하천의 경우 주변에 위치한 축사, 주거지 등의 비점오염원에 의해 유입된 오염물질이 부패되어 수질 악화가 진행 중이거나 진행되어져 있어 어류 서식에 영향을 주는 것으로 사료되었다. 콘크리트로 이루어진 하상의 일부 구간에 모래(Sand, Sa)와 진흙(Silt, Si)이 퇴

Table 3. In-stream characteristics of flat land streams. In the bottom structure, bedrock, boulder, pebble, sand and silt were abbreviated as Be, Bo, Pe, Sa and Si, respectively. The landuse patterns were categorized as forest area (FA), residential area (RA), intensive feedlot (IF) and crop land (CL). Interferes of right-side (R) and left-side (L) bank were expressed as none (N), concrete (C) and stone (S), respectively.

Structure / Stations	Stream width (m)	Hydraulic width (m)	Mean depth (m)	Structure of bottom	Landuse pattern	Interfere of bank (L/R)
St. 1	8~10	1~2	<0.5	Bo, Pe, Sa, Si	Cl, RA, IF	N/S
St. 2	5~6	0.5~1	<0.5	Bo, Pe, Sa, Si	Cl, RA, IF	N/S
St. 3	3~4	0.5~1	<0.5	Pe, Sa, Si	Cl, RA, IF	N/N
St. 4	4~5	0.5~1	<0.5	Bo, Pe, Sa, Si	Cl, RA, IF	C/N
St. 5	10~12	2~3	<1.0	Bo, Pe, Sa, Si	Cl, RA	N/S
St. 6	5~6	1~2	<0.5	Bo, Pe, Sa	Cl, RA	S/N
St. 7	4~5	0.5~1	<0.5	Pe, Sa, Si	Cl, RA, IF	C/S
St. 8	2~3	0.3~0.5	<0.5	Bo, Pe, Sa, Si	Cl	N/S
St. 9	5~6	0.5~1	<0.2	Sa, Si	RA, IF	N/N
St. 10	4~5	-	-	Pe, Sa	Cl	N/N
St. 11	3~4	0.2~0.3	<0.2	Sa, Si	Cl, RA	N/N

Table 4. In-stream characteristics of agricultural watercourse streams. In the bottom structure, bedrock, boulder, pebble, sand and silt were abbreviated as Be, Bo, Pe, Sa and Si, respectively. The landuse patterns were categorized as forest area (FA), residential area (RA), intensive feedlot (IF) and crop land (CL). Interferes of right-side (R) and left-side (L) bank were expressed as none (N), concrete (C) and stone (S), respectively.

Structure / Stations	Stream width (m)	Hydraulic width (m)	Mean depth (m)	Structure of bottom	Landuse pattern	Interfere of bank (L/R)
St. 1	2	0.2~0.5	<0.2	Pe, Sa	CL	C/C
St. 2	3~4	-	-	Pe, Sa, Si	CL, RA	C/C
St. 3	3~4	0.5~0.7	<0.2	Pe, Sa, Si	CL, RA	N/C
St. 4	1~1.5	0.2~0.5	<0.2	Bo, Pe, Sa, Si	CL, RA, IF	C/C
St. 5	2~3	0.3~0.5	<0.2	Pe, Sa, Si	CL, RA, IF	C/C
St. 6	2~3	0.2~0.5	<0.2	Pe, Sa, Si	CL, RA	S/S

Table 5. The list and individual number of fish species collected from each type of small streams.

Species	Steep Mountainous (SM)					Mountainous-Flatland (MF)									Flat Land (FL)											Agricultural Watercourse (AW)						Total	RA (%)
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2	3	4	5	6		
Cyprinidae																																	
Carassius auratus																		3														3	0.5
Rhynchocypris oxycephalus	15	27	9	5	25	25	13	24	13	18	23	22	28	33		19	11		28	16	13	15				17		12			8	419	73.0
Zacco temmincki									7						22				13													42	7.3
Zacco platypus						9						12			13			8														42	7.3
Balitoridae																																	
Lefua costata											1			4						1												6	1.1
Cobitidae																																	
Misgurnus anguillicaudatus						2	1	2	3	1	3	3		5	1	1	2	2	2	1	2	2				1		3			1	38	6.6
Misgurnus mizolepis																1						1										2	0.4
Odontobutidae																																	
Odontobutis interrupta						1		2	3				4		2	3		2	4	1												22	3.8
Family	1	1	1	1	1	3	2	3	3	2	3	3	2	3	3	3	2	3	3	4	2	2	–	–	–	2	–	2	–	–	2	4	
Species	1	1	1	1	1	4	2	3	4	2	3	3	2	3	4	4	2	4	4	4	2	3	–	–	–	2	–	2	–	–	2	8	
Number of individuals	15	27	9	5	25	37	14	28	26	19	27	37	32	42	38	24	13	15	47	19	15	18	–	–	–	18	–	15	–	–	9	574	

적되어있는 구간의 경우 고마리(*P. thunbergii*), 미나리(*Oenanthe javanica*) 등의 초본류에 피복되어 있다. 또한, 제방의 상부가 농로를 포함한 소규모 도로 등이 개설되어 있는 상태로 인위적인 간섭이 빈번하게 발생하는 특성을 보였다(Table 4, Fig. 2d).

2. 어류상

유구읍 소하천들에서 서식이 확인된 어류는 총 4과 8종 574개체였다. 출현한 8종의 어류 중 Cyprinidae에 속하는 어종이 4종(50.0%)으로 가장 많은 종의 서식이 확인되었으며, 다음으로 Cobitidae에 속하는 어종이 2종(25%), Balitoridae, Odontobutidae에 속한 어종이 각각 1종(12.5%)씩 출현하였다. 유구읍에 위치한 소하천들에서 Cyprinidae에 속하는 종들이 우세하게 출현하는 것은 일반적으로 하천에 서식하는 어류 중 Cyprinidae에 속한 종들이 타 분류군에 비해 다양하게 서식하는 것과 연관되어지며, 조사결과 Cyprinidae 어류의 출현 개체수가 전체 개체수의 88.2%를 차지하고 있어 Cyprinidae 어류의 우세가 현저하게 나타나는 것으로 판단되었다(Table 5).

출현한 어류 중 한국고유종은 *Odontobutis interrupta* 1종(12.5%) 뿐이었다. 하천에서 한국고유종의 서식은 해당 지역의 생물상을 특정 짓는 기준이 되나(전, 1980), 본 조사하천들에서는 한국고유종의 구성비가 낮게 나타났다. 이는 본 조사하천들이 대부분 하천의 최상류역의 지류에 해당하는 소하천들로 하천의 규모와 유지유량이 매우 적고, 하상의 구조가 각 소하천의 형태에 따라 차이가 있으나, 자갈(Pebble, Pe), 모래(Sand, Sa) 등 매우 단순하며, 인위적인 간섭이 빈번히 발생하기 때문에 일반적인 적정규모의 하천과는 달리 어류의 서식에 제한된 환경이 제공되기 때문으로 사료되었다. 또한, 외래종은 31개 지점들에서 전혀 출현하지 않아, 본 지역의 최상류 1차 하천은 외래종 분포가 전혀 없는 것으로 사료되었다. 본 조사대상인 소하천들의 주변이 대부분 임야, 농경지, 주거지 등으로 구성되어 있으며, 주변환경 및 하천특성을 반영한 결과 *Rhynchocypris oxycephalus, Misgurnus anguillicaudatus* 등의 서식이 대부분의 조사 하천들에서 확인되었다.

전체 출현한 574개체 중 *R. oxycephalus*가 419개체(73.0%)로 가장 많은 개체의 서식이 확인되어 유량이 비교적 부족하며, 하천의 규모가 매우 작은 상류하천의 특징을 보이는 것으로 나타났다. 또한, 유구읍에 위치한 소하천들에서 출현한 *R. oxycephalus* 외의 다른 어종은 10% 미만의 상대풍부도를 보이며, 소수 개체들의 서식이 확인되어 규모가 작은 소하천의 경우 버들치의 우점화 경향이 매우 높은 것으로 사료되었다(Fig. 3).

이는 하천에서 어류의 서식에 필요한 최소한의 공간이 물이라는 유체에 의해 형성되기 때문에 하천상류부에 위치하는 소규모 지류 하천들의 경우 좁은 유역면적에 의해 충분한 유량을 확보할 수 없어 *R. oxycephalus*를 제외한 다른 어류의 서식에 부적합하기 때문으로 사료되었다.

또한, *R. oxycephalus*의 조사하천별 출현 종수에 대한 상대빈도는 하상구조를 이루는 인자인 암반(Bedrock, Be)과 큰돌(Boulder, Bo)의 상대비율이 높아질수록 증가하는 경향을 보여 두 변수사이에 정상관관계(r=0.754, p< 0.001, n=31)를 보였다(Fig. 4). 따라서, *R. oxycephalus*는 기존의 문헌들에서 제시된 바와 같이 일부 모래(Sand, Sa) 및 진흙(Silt, Si)으로 구성된 하천 및 소하천에서 출

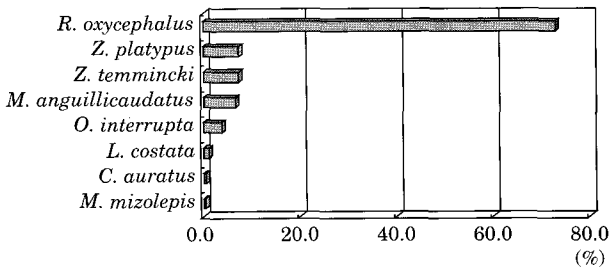


Fig. 3. The relative abundance of fish species collected in 4 types of small streams (steep mountainous, mountainous flatland, flat land, agricultural watercourse).

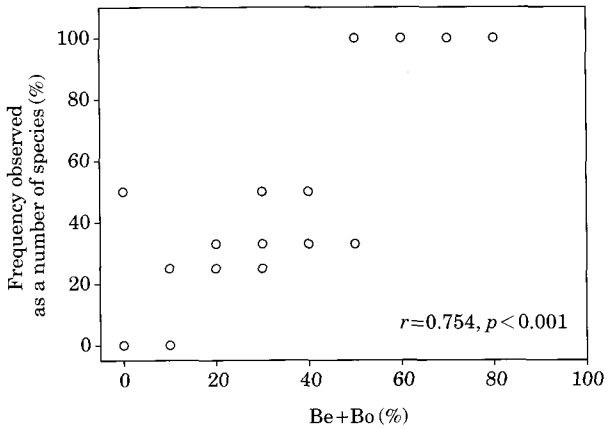


Fig. 4. The relation of the frequency observed as a species number of *Rhynchocypris oxycephalus* (%) to the substrate composition of Bedrock (Be, %) and Boulder (Bo, %) as the bottom structure (r=0.754, p< 0.001, n=31).

현하나, 주로 물이 맑고 하상이 암반(Bedrock, Be) 및 큰 돌(Boulder, Bo)로 이루어진 계류부에 서식하는 계류성 어종으로 나타났다.

1) 산지형 소하천 (SM)

산지형 소하천(SM)에 속하는 5개 하천에서 출현한 어류는 *R. oxycephalus* 1종 81개체가 출현하였으며, 출현종에 있어 다른 유형의 하천들에 비해 매우 빈약한 어류상을 보이는 것으로 나타났다. 이는, 본 조사하천들의 경우 하천의 최상류역으로 임야(산림) 지역에 위치하고 있고, 유량이 풍부하지 못해 다양한 어류의 서식조건으로 맞지 않기 때문으로 사료되었다. 또한, 적은 하천의 유지유량으로 인해 이들 소하천이 유입되는 본류하천들로부터 어류의 소상이 불가능하기 때문에 빈약한 어류상이 나타난 것으로 사료되었다.

2) 산지-평지형 소하천 (MF)

산지-평지형 소하천(MF)에 속하는 9개 하천에서 출현한 어류는 총 4과 6종 262개체가 출현하였으며, 각 조사하천들에서 *R. oxycephalus*가 우점하는 것으로 나타났다. 이는 상류로부터 이입된 개체들 및 기존에 서식하던 개체들이 다른 어종에 비해 주어진 서식환경에 잘 적응하여 나타난 결과로 사료되었다. 또한, 우점하여 출현한 *R. oxycephalus*와 함께 *M. anguillicaudatus*가 대부분의 하천에서 공서하는 것으로 나타나 주변에 분포하는 농경지의 영향을 받는 것으로 판단되었다.

본 유형의 소하천들에서 출현한 *Zacco temmincki, Zacco platypus, O. interrupta* 등은 이들 소하천이 유입되는 본류하천들인 유구천의 상류부수계를 구성하는 하천들에서 소상하여 출현한 것으로 판단되었다. 하지만, 일부 조사하천들의 경우 주변에 분포하는 농경지에 필요한 농업용수의 확보를 위해 설치된 구조물인 작은 낙차공 및 보 등이 설치되어 있으나, 어도 등 어류 이동을 위한 구조물이 미설치되어 어류의 상 · 하류간 이동에 제한적인 요인으로 작용할 것으로 사료되었다.

3) 평지형 소하천 (FL)

평지형 소하천(FL)에 속하는 11개 하천에서 출현한 어류는 총 4과 8종 189개체가 출현하였으며, *Z. temmincki*가 우점한 St. 1지점의 하천을 제외한 각 조사하천들에서 *R. oxycephalus*가 우점하는 것으로 나타났다. 각 조사하천들에서 *R. oxycephalus*가 주로 우점하여 출현한 것은 상류로부터 이입된 개체들이 다른 어종에 비해 주어진 서식환경에 잘 적응하였고, 본류수계인 유구천 수계로부터 어류의 소상을 방해하는 낙차공 및 보에 의해 본 조사하천들과 유구천 본류 수계의 단절에 의한 영향이 발생하였기 때문으로 사료되었다.

또한, 우점하여 출현한 *Z. temmincki, R. oxycephalus*와 함께 *M. anguillicaudatus*가 대부분의 하천에서 공서하는 것으로 나타나 주변에 분포하는 농경지의 영향을 받는 것으로 판단되었다.

본 평지형 소하천(FL)들에서 출현한 *Carassius auratus, Z. temmincki, Z. platypus, O. interrupta* 등은 본류인 유구천 수계에서 본 조사하천들로 소상하여 출현한 것으로 판단되었다. 그렇지만, 산지-평지형 소하천(MF)의 경우와 유사하게 하천구간에 작은 낙차공 및 보가 설치되어 어류의 이동에 제한적인 요인으로 작용할 것으로 사료되었다. 또한, 평지형 소하천(FL)의 주변에 대부분 대단위 농경지가 형성되어 있어 많은 양의 농업용수가 필요한 농번기시 인위적인 요인으로 인해 소하천이 건천화 되는 등 유량의 변화에 따른 어류의 서식에 제한적인 요인이 될 것으로 판단되었다.

하천에 설치된 작은 낙차공과 보, 인위적 요인에 의한 유량의 감소와 함께 평지형 소하천(FL)에서 어류의 서식에 제한적인 요인은 하천 주변에 위치한 주거지 및 축사 등으로부터 유입되는 비점오염원에 의한 수질악화로 볼 수 있다. 평지형 소하천(FL)중 St. 9, St. 11지점의 하천은 주변에 비점오염원으로 주거지와 축사가 입지하고 있으며, 이들 비점오염원에 의해 발생된 오염물질의 하천 유입에 의한 수질악화로 서식어류가 확인되지 못하였다.

4) 농수로형 소하천 (AW)

농수로형 소하천(AW)에 속하는 6개 하천에서 출현한 어류는 총 2과 2종 42개체가 출현하였으며, 어류의 서식이 확인된 하천들에서는 *R. oxycephalus*가 우점하는 것으로 나타났다. 또한, 우점하여 출현한 *R. oxycephalus*와 함께 *M. anguillicaudatus*가 대부분의 하천에서 공서하는 것으로 나타나 주변에 분포하는 농경지의 영향을 받는 것으로 판단되었다.

본 농수로형 소하천(AW)의 경우 주변에 대단위 농경지 및 주거지, 축사 등이 입지하고 있고, 제방이 대부분 콘크리트 옹벽으로 정비되어 자연적인 하천 형태를 상실하였으며, 농업용수의 공급을 위한 수로 기능을 수행하는 것으로 판단되었다. 또한, 콘크리트 바닥으로 구성된 하상의 일부구간에 모래(Sand, Sa), 진흙(Silt, Si) 등이 퇴적되어 있으나, 하천의 유지유량이 매우 적은 편으로 건천화 되어 있어 다양한 어류의 서식에 적합하지 않은 것으로 판단되었다.

Table 6. Community analysis in four stream types. In the table, "–" indicates no number because only one species was observed in the sites.

Stream types	Sites	Diversity (H′)	Evenness (J′)	Richness (d)
Steep Mountainous (SM)	St. 1	–	–	–
	St. 2	–	–	–
	St. 3	–	–	–
	St. 4	–	–	–
	St. 5	–	–	–
Mountainous Flatland (MF)	St. 1	0.86	0.79	0.55
	St. 2	0.26	0.37	0.38
	St. 3	0.51	0.46	0.60
	St. 4	1.20	0.86	0.92
	St. 5	0.21	0.30	0.34
	St. 6	0.50	0.46	0.61
	St. 7	0.88	0.80	0.55
	St. 8	0.38	0.54	0.29
	St. 9	0.67	0.61	0.54
	Mean	0.90	0.50	0.90
Flat Land (FL)	St. 1	0.93	0.67	0.82
	St. 2	0.71	0.51	0.94
	St. 3	0.43	0.62	0.39
	St. 4	1.19	0.86	1.11
	St. 5	1.01	0.73	0.78
	St. 6	0.61	0.44	1.02
	St. 7	0.39	0.57	0.37
	St. 8	0.56	0.51	0.69
	St. 9	–	–	–
	St. 10	–	–	–
	St. 11	–	–	–
	Mean	1.39	0.67	1.34
Agricultural Watercourse (AW)	St. 1	0.21	0.31	0.35
	St. 2	–	–	–
	St. 3	0.50	0.72	0.37
	St. 4	–	–	–
	St. 5	–	–	–
	St. 6	0.35	0.50	0.46
	Mean	0.37	0.53	0.27

3. 우점종 현황

본 조사하천들의 경우 각각 하천의 특성이 구분되어지나, 유구천 수계의 상류부에 위치하고 있는 소하천들로 규모가 작고 유지유량이 매우 적어 다양한 어류의 서식에 충분한 서식공간이 제공되지 않는 것으로 나타났다. 이와 같은 하천환경으로 인해 하천 특성에 의해 각 조사하천에서 *Z. temmincki*가 우점한 평지형 소하천(FL)의 St. 1지점 하천을 제외하고 모든 하천들에서 *R. oxycephalus*가 우점하는 것으로 나타났다. 또한, 각 조사 하천들에서 아우점종으로는 *Z. temmincki, Z. platypus, O. interrupta* 등 각 소하천들이 유입되는 본류수계인 유구천수계로부터 소상하거나 *M. anguillicaudatus, Misgurnus mizolepis* 등 농경지의 영향으로 인해 분포·서식하는 것으로 사료되는 종들로 나타났다.

4. 어류군집 분석

1종의 서식이 확인되어 종 다양도 지수가 산출되지 않은 산지형 소하천(SM)들을 제외한 하천들의 어류군집구조를 분석한 결과 산지-평지형 소하천(MF), 평지형 소하천(FL), 농수로형 소하천(AW)들에 있어 종 다양도 지수(Species diversity index)가 대부분 1.00 이하로 산출되어 비교적 불안정한 어류군집을 유지하고 있는 것으로 사료되었다. 이는, 본 조사하천들이 대부분 하천 최상류의 소규모 소하천으로 하천의 유지유량이 빈약하고, 하천외적인 요인에 의한 서식환경변화가 빈번히 발생하고 있기 때문으로 판단되었다(Table 6).

산지형 소하천(SM)들을 제외한 각 하천들에서의 종 풍부도 지수는 대부분 1.00 이하로 산출되어 종의 구성이 풍부하지 못한 것으로 나타났다. 종 균등도 지수 또한 대부분의 지점들에서 낮게 산출되었는데, 이는 대부분의 조사하천들에서 *R. oxycephalus* 등 일부 어종의 우점화 경향이 매우 높게 나타난 결과로 사료되었다.

각 하천 특성별 어류의 군집분석 결과 종 다양도 지수, 종 풍부도 및 종 균등도 지수가 유사한 경향을 보이는 것으로 나타났다. 이는 본 조사하천들의 특성에 의해 산지형, 산지-평지형, 평지형, 농수로형 등의 형태로 구분되어지나 대부분 하천의 규모가 작고, 유지유량이 적은 소규모 하천들로 다양한 어종 및 개체수의 서식에 적합하지 못하고, 이러한 서식환경에 잘 적응된 *R. oxycephalus, M. anguillicaudatus* 등 일부 종들의 서식이 공통적으로 확인되었기 때문에 각 조사하천별로 유사한 경향을 보인 것으로 판단되었다.

적 요

본 연구에서, 금강의 작은 지류 하천들인 31개 소하천들을 대상으로 2003년 10월부터 11월까지 어류상, 군집분석 및 하천 형태에 대한 연구를 수행하였다. 조사된 소하천들은 하폭, 수심, 하상 구성물질, 하천식생 및 주변의 토지이용도에 따라 산지형, 산지-평지형, 평지형, 농수로형 소하천의 4가지 유형으로 구분 대별되었다. 조사기간 중 서식이 확인된 어류는 4과 8종이었으며, 잉어과 어류가 다른 분류군에 비해 가장 높게 나타났고, *Rhynchocypris*

*oxycephalus*가 419개체로 전체의 73%로 우점종으로 나타났다. *R. oxycephalus*는 100% 산림지역과 연계된 지역이면서 점오염원 및 비점오염원이 전혀 없는 5개의 모든 산지형 소하천(SM)에서 출현한 유일한 종으로 나타났다. 또한, 본 조사대상 소하천들에서 출현한 종들 중 *R. oxycephalus*의 출현비율은 하천의 하상구성 인자 중 모래(Sand, Sa)와 작은 자갈(Pebble, Pe)로 구성된 하천들보다 암반(Bedrock, Be)과 큰돌(Boulder, Bo)로 이루어진 하천들에서 양의 상관관계를 갖는 것으로 나타났다 (r=0.754, p<0.001, n=31). 2007년 환경부에서 공표한 생물학적 수질기준안에 의거할 때 본 산지형 소하천(SM) 지역은 "최적상태"로 나타났다. 이와 같은 결과는 국내 하천들의 최상류역에 서식하는 것으로 알려진 종들의 일반적인 경향과 일치하는 것으로 사료되었다. 유형별로 산지형 소하천(SM)에서 *R. oxycephalus* 1과 1종, 산지-평지형 소하천(MF)에서 *R. oxycephalus* 등 4과 6종, 평지형 소하천(FL)에서 *R. oxycephalus* 등 4과 8종, 농수로형 소하천(AW)에서 *R. oxycephalus* 등 2과 2종의 서식이 확인되었다. 본 연구 결과에 따르면, 오염원이 전혀 없고, 산림으로 둘러쌓인 하천에서 출현한 *R. oxycephalus*는 생물학적 수질판정시 1급수 지역에서 최대값을 보이는 생태지표종 중의 하나로서 사료되었다.

인 용 문 헌

김익수. 1997. 한국동식물도감. 제37권 동물편(담수어류). 교육부, 서울.

김익수, 박종영. 2002. 한국의 민물고기. 교학사, 서울.

안광국, 이의행. 2006. 어류의 군집 메트릭 모델을 이용한 유구천의 생태 건강도 평가, 육수지 **39**(3): 310-319

장민호. 1996. 강수량에 따른 유구천의 어류상과 어류군집에 관한 연구. 충남대학교 대학원 석사학위청구논문.

전상린. 1980. 한국산 담수어의 분포에 관하여. 중앙대 박사학위논문, 서울.

정문기. 1977. 한국어도보. 일지사, 서울.

최기철. 1987. 충남의 자연(담수어편). 한국과학기술진흥재단, p. 163-173.

최기철. 2001. 쉽게 찾는 내 고향 민물고기. 현암사, 서울.

Margalef, D.R. 1958. Information theory in ecology. *Gen. Syst.* **3**: 36-71.

Nelson, J.S. 1994. Fishes of the World (3rd ed). John Wiely & Sons, New York.

Pielou, E.C. 1969. Shannon's formula as a measure of specific diversity: its use and misuse. *Am. Nat.* **100**: 463-465.

Shannon, C.E. and W. Weaver. 1949. The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois press, Urbana.

(Manuscript received 22 February 2007,
Revision accepted 9 March 2007)