

ORIGINAL ARTICLE

섬진강 하류역에 서식하는 어류의 군집구조 및 공간 규모에서 종 다양성

허만규 · 서정윤^{1)*} · 주우홍²⁾

동의대학교 분자생물학과, ¹⁾창원대학교 환경공학과, ²⁾창원대학교 생물학과

Community Structure and Species Diversity of Fish across Spatial Scales in the Lower Reach of Seomjin River

Man-Kyu Huh, Jeoung-Yoon Seo^{1)*}, Woo-Hong Joo²⁾

Department of Molecular Biology, Dongeui University, Busan 614-714, Korea

¹⁾Department of Environmental Engineering, Changwon National University, Seoul 641-773, Korea

²⁾Department of Biology, Changwon National University, Seoul 641-773, Korea

Abstract

A biological assessments of fish community structure were carried out in the lower reach of Seomjin River from May 2009 to November 2010. The collected fish from the six surveyed sites were 63 species belonging to 24 families, and 10 orders. Although species was different depending on sites, the numbers of individuals were not shown significance on sites. Locational dominant species were different. For example, the dominant species on May were *Zacco platypus* at W-1, *Zacco temminckii* at W-2, *Acanthogobius flavimanus* at W-3 and W-4, and *Leiognathus nuchalis* at W-5 and W-6. There is no seasonal differences in species. Species diversity was the best up to 2.64 on May at W-1 from 1.33 on November at W-6. As a result of an analysis about environmental factors for the numbers of fish species and individuals in each surveyed sites, the most effective groups were DO, BOD, and COD. The proportional difference was high on May than November between transient and asymptotic projections for population size and population growth rate for simulations starting at the current or theoretical stage distribution.

Key Words : Environmental factors, Fish community, Seomjin River, Species diversity

1. 서론

하천 생태계는 인근 및 상류지역의 인구 증가와 그에 따른 생태계 교란으로 수질오염을 유발하는 많은 요인으로 인해 수량 감소와 수질의 저하가 발생하고 있다. 우리나라의 전반적인 현상으로 불투수층의 확

대에 따른 하천으로 유입되는 수량이 해를 거듭할수록 감소되는 경향을 보이며, 자정작용을 넘어선 지류에서 토사누적이 가속화되어 수질오염이 더욱 가속화되고 있는 실정이다(NIDP, 1998).

하천생태계에서 퇴적물의 유·무기물 함량이 증가하거나 독성물질에 의한 화학적 오염은 서식처 교란

received 23 July, 2012; revised 25 September, 2012;

accepted 9 November, 2012

*Corresponding author : Jeoung-Yoon Seo, Department of Environmental Engineering, Changwon National University, Seoul 641-773 Korea
Phone: +82-55-213-3742

E-mail: syseo@changwon.ac.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.
© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

의 주요 요인이다. 이에 따라 어류의 주요 먹이원인 플랑크톤이나 저서성대형무척추동물은 이런 오염원에 매우 민감하게 반응하기 때문에 중수와 개체수의 분포 등 군집구조의 차이가 뚜렷하여 중요한 생물학적 지표로 이용된다(Hynes, 1963; Kehde와 Wilhm, 1972). 이런 수환경 교란으로 인한 저서무척추동물의 양적, 질적 변화는 먹이사슬에서 상위 단계에 있는 어류의 종조성과 서식에 직접적인 영향은 물론 어류를 먹이로 하는 조류와 양서류, 파충류 등 먹이 사슬의 상위생물에 영향을 미쳐 생태계 전반에 큰 영향을 미치게 된다.

하천생태계는 이수, 치수의 대상뿐만 아니라 생물 다양성이 확보된 친수공간으로서 매우 중요한 역할과 지역의 문화와 역사까지 내포하는 포괄적 의미의 대상으로 그 중요성이 한층 더 강조되고 있다.

섬진강은 우리나라 5대강의 하나로 한반도 남해안 중서부에 위치하며 유역의 동쪽에는 낙동강 유역, 서쪽에는 영산강 유역, 북쪽에는 금강 유역과 만경강 유역이 접하고 있다.

섬진강은 고려말 이전에는 사수강, 사천, 두치강 등으로 불렸으나 고려 우왕 11년에 왜구가 섬진강 하류에 침입했을 때 수십만 마리의 두꺼비 떼가 울부짖어 왜구가 광양을 피해갔다는 전설이 있어 섬진강이 되었다는 기록이 전남 광양군 다압면 섬진마을 ‘섬진강 유래비’에 기술되어 있다. 이때부터 강 이름에 두꺼비 ‘섬(蟾)’자를 붙여 섬진강이 되었다고 한다. 섬진강의 총 유역면적은 4,896.5 km²이고, 본류의 유로 연장은 212.3 km로 남북한을 합쳐 아홉 번째로 큰 강이다. 섬진강 유역의 가장 북쪽 끝은 북위 35°50'26"이며, 동쪽 끝은 동경 127°53'05", 서쪽 끝은 동경 126°51'50"이다.

본 연구에서는 섬진강 하류 유역에 서식하는 어류, 어류의 주된 섭식대상자인 플랑크톤과 저서성무척추동물의 종조성을 조사하고 이를 기반으로 지점별 군집구조, 군집안정성 그리고 종 다양성 등을 분석하였다. 본 지역의 조사결과는 각 하천생태계의 생물학적 특성은 향후, 하천생태계의 지속적인 모니터링을 통한 종의 조성과 변화, 하천의 관리방안과 생물다양성 보존 및 친수 공간 조성에 중요한 기초정보를 제공할 수 있을 것이다.

2. 재료 및 방법

2.1. 조사 지점 및 조사 시기

섬진강 하류에서 어류는 이동성이 크게 넓지 않지만 중에 따라서는 자기영역을 벗어나는 경우가 있다. 따라서 이를 감안하여 충분한 거리를 이격하여 하천의 환경에 큰 영향을 주는 유입부와 각 호소별 수계의 대표성을 가진 6곳에서 조사가 수행되었으며, 각 조사 지점의 행정구역 명칭은 다음과 같다(Table 1, Fig. 1).

Table 1. The sites for water- and sediment-analyses in the lower reach of Seomjin river

Water	Sediment	Site	G. P. S.	
W-1	S-1	Geomdu-naru	35° 9'26.28"N	127°39'40.68"E
W-2	S-2	Agyang-kyo	35° 8'0.36"N	127°41'42.60"E
W-3	S-3	Seomjin-kyo	35° 4'15.12"N	127°44'22.02"E
W-4	S-4	Hajeogu-naru	35° 3'10.92"N	127°46'5.22"E
W-5	S-5	Sintang-naru	35° 0'20.76"N	127°47'9.00"E
W-6	S-6	Baealdo	34°57'44.00"N	127°45'51.21"E

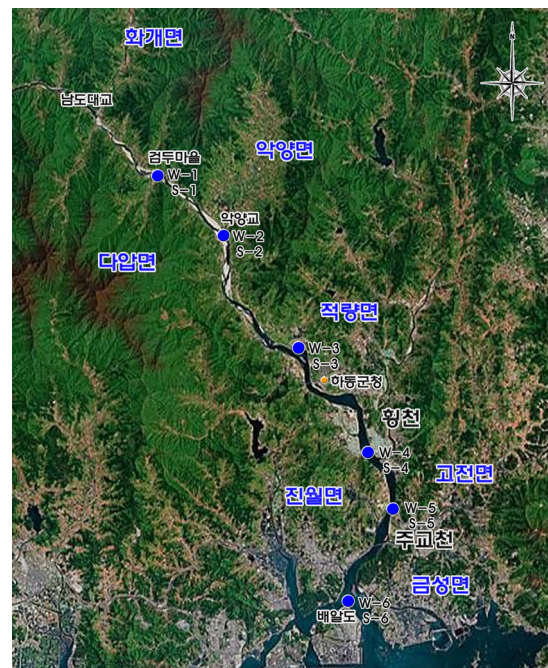


Fig. 1. The surveyed sites of water (W) and sediments (S) for fish in the lower reach of Seomjin river.

본 조사 시기는 2009년 5월에서 11월로 어류의 산란이나 수서곤충류의 우화시기(봄, 가을) 등을 고려하여 종조성이 가장 풍부한 시기를 집중 조사하였다.

2.2. 채집 및 동정

어류의 채집은 대부분이 투망(6×6 mm 망목)과 족대(4×4 mm 망목), 저인망을 이용하였으며, 지역에 따라 투망을 한 지역에서 10회까지, 족대도 10회 기준으로 조사 구역의 조건에 따라 정량적으로 조사하며 채집된 표본은 동일한 종이 많을 때는 몇 개체만을 남기고 대부분 다시 방류하였고, 보존 표본은 채집 즉시 10% 포르말린 수용액에 고정한 다음 실험실에서 종을 동정하며 종의 동정은 한국동식물도감(Kim, 1997)을 참조하였으며, 분류체계는 Nelson (1994)에 의한다. 표본은 창원대학교 생물학과 분류학 표본실에 보관하였다.

각 조사지점에서 하상 및 토양 속에 서식하고 있는 저서성대형무척추동물의 채집을 위해 수심 30 cm 이하의 구역에서는 망목 지름 0.5 mm의 Surber net (Surber, 1937)을 사용하여 주로 여울에서 약 10 cm 깊이로 3회씩 정량채집(25 cm x 25 cm, 50 cm x 50 cm)을 하고, 수심이 30 cm 이상의 구역에서는 망목지름이 800 × 900 μm인 Turtox Dip Nets (Wildco, USA)을 사용하여 약 10 cm의 깊이까지 채집하며, 채집된 샘플은 연구실로 운반하여 저서성 대형무척추동물을 추출하였고, 10% 중성포르말린으로 고정시킨다. 추출된 저서성대형무척추동물은 Olympus SZ 7(최대 56배율) 실체 현미경을 이용하여 관찰하고, 동정 및 분류는 한국동식물도감 제30권 동물편(수서곤충류) (Education Ministry, 1988) 등에 따라 실시한다.

저서동물은 어류의 먹이로서 또는 해역환경의 지표생물로 널리 이용되고 있으며, 본 조사지의 주변해역에서 grab방식으로 저서생물을 채취·분석하였고 조사구역내의 각 정점의 저서생물군집의 구조를 파악하기 위하여 저서생물채집기(Van-Veen Grab/0.05 m³)를 사용하여 정량채집 하였다. 채집된 시료는 선상에서 즉시 1 mm 간격의 체로 체질하여 체에 남은 시료들은 모두 고정액으로 고정하였다. 고정한 시료를 실험실로 운반하여 해부현미경으로 동정, 계수한 후 목록을 작성하였다.

2.3. 생물지수(Biotic Indices) 산출

우점도지수(Dominance Index, DI)는 각 지역별로 관찰된 개체수에 의거하여 우점종 2종을 선정하여 McNaughton's dominance index (DI)를 이용하여 식(1)을 산출하였다(McNaughton, 1967).

$$DI = (n1+n2) / N \tag{1}$$

여기서 N은 총 개체수이고, n1과 n2는 각각 제1, 제2 우점종의 개체수이다.

다양도지수(Diversity Index, H')는 Margalef(1958)의 정보이론(information theory)에 의하여 유도된 Shannon-Weaver function (H') (1949)을 Lloyd와 Ghelardi (1964)가 변형한 공식을 이용하여 식(2)을 산출하였다(Pielou, 1966, 1969).

$$H' = - \sum_{i=1}^n (\frac{n_i}{N}) \log_2 (\frac{n_i}{N}) \tag{2}$$

여기서 N은 총 개체수이고, n은 출현종의 수, ni은 출현종 내 개체수이다.

풍부도지수(Richness index, RI)는 총 개체수와 총 종수를 사용하여 군집의 상태를 표현하는 지수로서 지수의 값이 높을수록 종 조성이 균형을 이루고 환경상태가 양호하다는 것을 전제로 하고 있다. 본 연구에서는 대표-적인 지수인 Margalef(1958)의 방식을 이용하여 식(3)을 산출하였다.

$$RI = \frac{(S-1)}{\ln(N)} \tag{3}$$

여기서 S는 총 종수이며 N은 총 개체수이다.

균등도지수(Evenness index, EI)는 각 지수의 최대치에 대한 실제치의 비로서 표현된다. 이때 각 다양도 지수는 군집 내 모든 종의 개체수가 동일할 때, 최대가 되므로 결국 균등도 지수는 군집 내 종 구성의 균일한 정도를 나타내는 것으로 Pielou (1975)의 방식을 이용하여 앞의 Shannon의 다양도 지수(H')와 종수(S)로 식(4)를 산출하였다.

$$EI = \frac{H'}{\ln(S)} \tag{4}$$

2.4. 어류의 생태에 미치는 먹이 조사

부유성 식물플랑크톤은 각 조사지점에서 정성적 및 정량적 분석을 위해서 변형된 Van Dorn 채수기를 이용하여 채집하고 농도가 5%가 되도록 현장에서 고정하였다. 고정된 시료는 실험실에서 유리침전관을 사용하여 72시간 침전시킨 후 전체 부피가 20 mL가 되도록 농축시켰다. 시료의 관찰은 전체 20 mL로 농축된 시료 중에서 1 mL을 뽑아서 Sedgewick Rafter Counting Chamber를 이용하여 광학현미경으로 40~400배로 검경하며, 종의 분류는 한국담수조류도감(Chung, 1993) 등의 문헌을 기초로 하여 종의 수준까지 동정하였다.

동물플랑크톤의 채집에는 conical plankton net (구경지름 30 cm, 망목 55 μ m)를 사용하여 10 m씩 3회 수평 예망한 후 현장에서 최종농도가 4%가 되도록 중성 포르말린으로 고정시킨 다음 실험실로 운반하여 분석하며 동물플랑크톤의 동정은 한국담수동물플랑크톤도감(Jo, 1993)을 참조하였다.

2.5. 어류의 생태에 미치는 환경

하천수질과 저질은 어류 및 무척추동물의 조사지점과 지점별 사이를 포함하여 총 5개 지점, 5개 항목(pH, BOD, DO, COD, SS)에 대해 조사하였다. 섬진강 하류는 해수가 유입되어 갈수기에는 하류 내로 유입되어 염분 농도를 추가 조사하였다.

어류의 생태에 미치는 유량 및 염분은 한국수문조사연보 유량편 내용을 인용하였으며, 염분의 경우 수질조사로 병행하였다.

2.6. 환경영향 분석

전 조사지점에서 앞서 조사한 생물적 요인(식물성 및 동물성 플랑크톤)과 무생물적 요인(환경적 요인)이 미치는 정도는 SMATR freeware (Warton 등, 2006)를 사용하여 표준화된 중요 축을 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

2009년 5월과 11월 조사에서 10목, 24과 63종이 채집되었다(Table 2). 가장 많은 종은 잉어목 잉어과로 28종이었다(Fig. 2). 그 다음으로는 망둑어과가 6종이었다. 미꾸리과 3종, 가자미과 3종을 제외하면 나머지

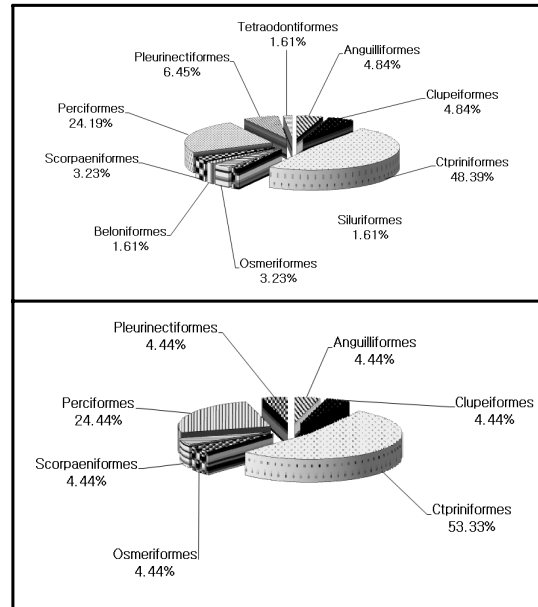


Fig. 2. Order ratio of fish on May (upper) and November (low).

는 대부분 2종 또는 1종으로 나타났다. 상류에 비해 하류 특히 해수와 육수가 만나는 포구에서 많은 어류가 관찰되었다. 이는 이런 기수역에서 어류종이 증가한다는 결과와 일치하였다(Shajan, 2001; Singh와 SI Hasnain, 1999).

섬진강 조사지점 별 우점현황을 보면 2009년 5월 조사 시 W-1에서 우점종은 피라미(*Zacco platypus*), 아우점종은 은어(*Plecoglossus altivelis*)로 나타났다(Table 2). W-2에서는 갈겨니(*Zacco temminchi*)가 우점종이고, 은어가 아우점종이었다. W-3은 우점종 문절망둑(*Acanthogobius flavimanus*)이며, 아우점종은 흰발망둑(*Acanthogobius lactipes*)이었다. W-4에서 문절망둑이 우점종, 주둥치(*Leiognathus nuchalis*)가 아우점종이었다. W-5에서 주둥치가 우점종, 보리멸(*Sillago sihama*)이 아우점종이었다. W-6에서 주둥치가 우점종, 문절망둑이 아우점종으로 나타났다. 2009년 11월 조사에서는 5월 조사와 우점종은 개체수는 다르지만 종으로는 동일하였다. 따라서 동일 지점에서 시기별 차이는 없다. 아우점종에서는 꼬리(*Opsariichthys uncirostris*) (W-2와 W-3)와 문절망둑(W-5와 W-6)이 많았다.

Table 2. The lists of fish species at the six sites

Scientific name	Korean	W-1		W-2		W-3		W-4		W-5		W-6	
		M.	N.	M.	N.	M.	N.	M.	N.	M.	N.	M.	N.
Order Anguilliformes	뱀장어목												
Family Anguillidae	뱀장어과												
<i>Anguilla japonica</i>	뱀장어			1									
<i>Muraenesox cinereus</i>	갯장어									1	1	2	2
Family Congridae	붕장어과												
<i>Conger myriaster</i>	붕장어							1	1	1	1		
Order Clupeiformes	청어목												
Family Engraulidae	멸치과												
<i>Thryssa kammalensis</i>	청멸							1		2	1	1	1
<i>T. adela</i>	플반댕이											1	1
Family Clupeidae	청어과												
<i>Konosirus punctatus</i>	전어									7		12	
Order Cypriiniformes	잉어목												
Family Cyprinidae	잉어과												
<i>Carassius auratus</i>	붕어	2	1	4	2	5							
<i>Rhodeus ocellatus</i>	흰납줄개			3	2								
<i>R. uyekii</i>	각시붕어	1	1										
<i>R. notatus</i>	떡납줄갱이	2	2										
<i>Acheilognathus lanceolatus</i>	납자루		2	3	2	1							
<i>Paracheilognathus rhombea</i>	납지리	1	1										
<i>Pseudorasbora parva</i>	참붕어			4	3	5	2						
<i>Pungtungia herzi</i>	돌고기	14	10										
<i>Sarcocheilichthys nigripinnis morii</i>	중고기	4											
<i>Gnathopogon strigatus</i>	줄물개	5	3			3							
<i>Squalidus gracilis majimae</i>	긴물개		5	6									
<i>S. japonicus coreanus</i>	물개	6	2										
<i>S. chankaensis tsuchigae</i>	참물개	5	5										
<i>Acanthorhodeus asmussi</i>	큰납지리			2									
<i>Hemibarbus labeo</i>	누치			7	5			4	3	5		3	
<i>H. longirostris</i>	참마자	4											
<i>Pseudogobio esocinus</i>	모래무지	4	2			2	2						
<i>Abbottina rivularis</i>	버들매치	3											
<i>Microphysogobio yaluensis</i>	돌마자	2	3										
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i>	버들치	5	7										
<i>Aphyocypris chinensis</i>	왜물개			3	3								
<i>Zacco temminckii</i>	갈겨니	14	11	21	10								
<i>Z. platypus</i>	피라미	31	15	12	9								
<i>Opsariichthys uncirostris</i>	끄리	15		13	13	6	7						
<i>Hemiculter eigenmanni</i>	치리			3	1								
<i>Tribolodon hakonensis</i>	황어		1	2	2	1	1	1	1	1			
Family Balitoridae	종개과												

M: May, N: November.

Table 2. (continued)

Scientific name	Korean	W-1		W-2		W-3		W-4		W-5		W-6	
		M.	N.	M.	N.	M.	N.	M.	N.	M.	N.	M.	N.
<i>Lefua costata</i>	쌀미꾸리	1											
Family Cobitidae	미꾸리과												
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	미꾸리	2	3										
<i>M. mizolepis</i>	미꾸라지	3	5										
<i>Iksookimia koreensis</i>	참종개	4											
Order Siluriformes	메기목												
Family Bagridae	동자개과												
<i>Pseudobagrus fulvidraco</i>	동자개	5											
Order Osmeriformes	바다빙어목												
Family Osmeridae	바다빙어과												
<i>Plecoglossus altivelis</i>	은어	26		9		7		2		4		3	
<i>Hypomesus olidus</i>	빙어	11	2		4		1						
Order Beloniformes	동갈치목												
Family Adrianichthyidae	송사리과												
<i>Oryzias latipes</i>	송사리	8		7									
Order Scorpaeniformes	솜뱅이목												
Family Cottidae	독중개과												
<i>Trachidermus fasciatus</i>	꼭징이			5		4	2		3				
Family Triglidae	성대과												
<i>Chelidonichthys kumu</i>	성대							3		2	2	1	1
Order Perciformes	농어목												
Family Centroponidae	꼭지과												
<i>Coreperca herzi</i>	꼭지	3					1		2				
Family Centrarchidae	검정우럭과												
<i>Lepomis macrochirus</i>	블루길			2	1		1						
Family Belontiidae	버들붕어과												
<i>Macropodus fasciatus</i>	버들붕어	3											
Family Moronidae	농어과												
<i>Lateolabrax japonicus</i>	농어					2		1		14	2	15	4
Family Sillaginidae	보리멸과												
<i>Sillago sihama</i>	보리멸							9	3	14	4	18	
Family Leiognathidae	주둥치과												
<i>Leiognathus nuchalis</i>	주둥치							13	10	35	13	38	37
Family Sparidae	도미과												
<i>Acanthopagrus schlegeli</i>	감성돔											1	1
Family Mugilidae	송어과												
<i>Mugil cephalus</i>	송어							2		3			
Family Carangidae	전갱이과												
<i>Caranx equula</i>	갈전갱이									1			
Family Gobiidae	망둑어과												
<i>Acanthogobius flavimanus</i>	문절망둑					11	5	28	14	21	10	20	12
<i>A. lactipes</i>	흰발망둑					5		15		13			
<i>Rhinogobius brunneus</i>	밀어		1	1	2	3		2					
<i>Synechogobius hasta</i>	플망둑					2		3	2		1	2	2

Table 2. (continued)

Scientific name	Korean	W-1		W-2		W-3		W-4		W-5		W-6	
		M.	N.	M.	N.	M.	N.	M.	N.	M.	N.	M.	N.
<i>Tridentiger obscurus</i>	검정망둑			2				3					
<i>T. trigonocephalus</i>	두줄망둑							2		2		1	
Order Pleurinctiformes	가자미목												
Family Pleuronectidae	가지미과												
<i>Kareius bicoloratus</i>	돌가자미							2		3	2	2	1
<i>Limanda yokohamae</i>	문치가자미									1	1		
<i>Pleuronichthys cornutus</i>	도다리							1		2		1	
Family Cynoglossidae	참서대과												
<i>Cynoglossus joyneri</i>	참서대							1		2			
Order Tetraodontiformes	복어목												
Family Tetraodontidae	참복과												
<i>Takifugu niphobles</i>	복섬							4		5		7	

상류부인 W-1와 W-2에서는 담수어가 우점하고 있었으며, 하저구 나루를 기점으로 섬진강 하류는 해산어의 우점이 높게 나왔다. 이는 바닷물의 섬진강 유입이 하저구 나루 근방까지 직접적인 영향을 끼치는 것으로 사료되어진다(Table 3).

Table 3. Dominant and sub-dominant species for season at the studied sites

Month	Site	Dominant	Sub-dominant
May	W-1	<i>Zacco platypus</i>	<i>Plecoglossus altivelis</i>
	W-2	<i>Z. temminchi</i>	<i>P. altivelis</i>
	W-3	<i>Acanthogobius flavimanus</i>	<i>Acanthogobius lactipes</i>
	W-4	<i>A. flavimanus</i>	<i>Leiognathus nuchalis</i>
	W-5	<i>Leiognathus nuchalis</i>	<i>Sillago sihama</i>
	W-6	<i>L. nuchalis</i>	<i>A. flavimanus</i>
November	W-1	<i>Z. platypus</i>	<i>Zacco temminchi</i>
	W-2	<i>Z. temminchi</i>	<i>Opsariichthy uncirostris</i>
	W-3	<i>A. flavimanus</i>	<i>O. uncirostris</i>
	W-4	<i>A. flavimanus</i>	<i>L. nuchalis</i>
	W-5	<i>L. nuchalis</i>	<i>A. flavimanus</i>
	W-6	<i>L. nuchalis</i>	<i>A. flavimanus</i>

조사지점별 생태지수를 살펴보면 2009년 5월 조사시 다양도는 지점 W-1에서 다양도 지수 2.64로 가장 높게 산출되었으며 우점도는 W-6에서 0.56으로 가장 높게 나왔으며, 균등도는 W-3에서 0.92로 가장 높게, 풍부도는 W-1에서 4.77로 가장 높은 지수를 나타내고 있으며, 2009년 11월 조사에서 다양도는 지점 W-1에서 다양도 지수 2.45로 가장 높게 산출되었으며 우점도는 W-6에서 0.77로 가장 높게 나왔으며, 균등도는 W-2에서 0.85로 가장 높게, 풍부도는 W-1에서 4.12로 가장 높은 지수를 나타냈다.

전체적으로 지수가 비슷한 값을 나타내나 가장 하류지점인 W-6에서 다른 지점보다 다양도가 낮고 우점도가 상승하는 경향을 보였다. 이는 주둥치나 문절망둑과 같은 특정 해산어의 출현 비중이 높아 이러한 지수가 산출되어진 것으로 사료된다(Fig. 3).

어류 종 서식에 환경 요인으로 DO, BOD, COD이 중요한 요인으로 나타났다(Table 4). 이 보다 낮은 그룹으로는 염분과 pH였다. 이들은 값의 최고와 최저 사이의 폭이나 편차가 적고 홍수나 썰물 등에 의해 염분 농도가 낮았다가 높아지는 등 이들 요인들에 적응이 되어 있기 때문으로 볼 수 있다. 어류 종 서식에 가장 낮은 요인으로는 SS(부유물질 농도)이었는데 종에 대해서는 0.34, 개체수에 대해서는 0.46으로 나타났다. 생물적 요인으로 어류의 먹이가 되는 플랑크톤은 동물성 플랑크톤이 식물성 플랑크톤보다 약간 높게 나타났다(Table 4).

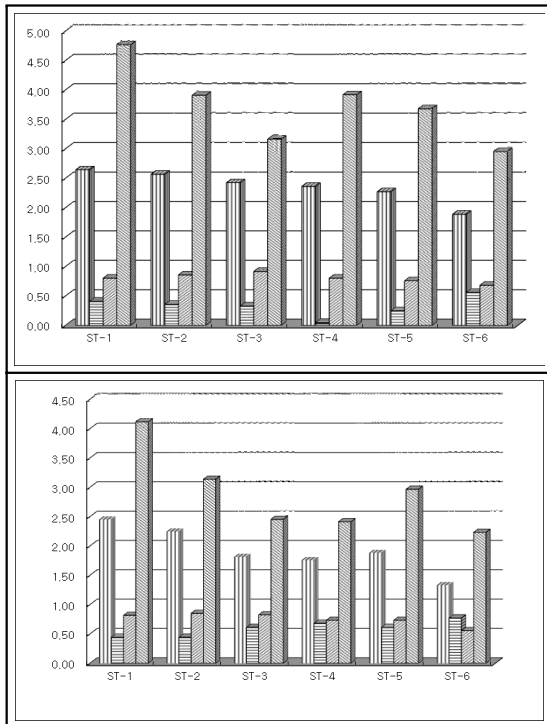


Fig. 3. Diversity index in the studied areas on May (upper) and November (low).
 □: H', ▨: DI, ▩: EI, ▤: RI.

Table 4. Pearson correlations (*r*) of species traits between environmental- and biotic factors across fish parts

Factors	No. of species on May		No. of individuals on Nov.	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
Environmental factors				
Salinity	0.76	<0.001	0.61	<0.001
pH	0.62	<0.001	0.66	<0.001
BOD	0.85	<0.001	0.91	<0.001
DO	0.88	<0.001	0.94	<0.001
SS	0.34	<0.05	0.46	<0.05
COD	0.81	<0.02	0.85	<0.05
Biotic factors				
Phytoplankton	0.74	<0.001	0.63	<0.001
Zooplankton	0.77	<0.001	0.72	<0.001

어류에서 각 종에 대한 개체군 크기와 계절(5월과 11월)별 변동에 대해 미치는 요인을 투영한 결과 11월이 5월보다 개체군들의 집단 크기가 크게 증가하지 않았다. 집단 성장률도 -0.5와 0.5 사이에 집중되어 인위적 교란이 없으면 크게 변동되지 않았다(Fig. 4).

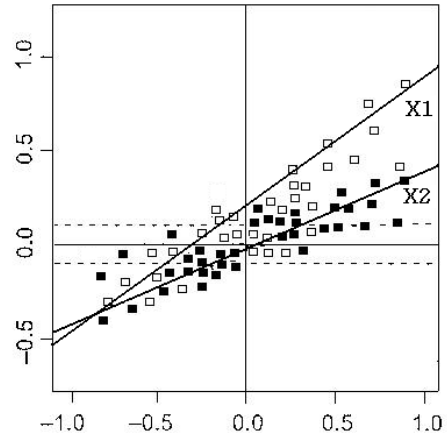


Fig. 4. Effect of environmental factors between law- and upstream on near-term population dynamics. The proportional differences between transient and asymptotic projections for population size and population growth rate for simulations starting at the current or theoretical stage distribution. Open squares and X1 line denote proportional differences derived from projections on May, closed squares and X2 line on November. Horizontal dashed lines indicate bounds where transient projections fall within 10% of asymptotic projections.

육수 생태계에서 어류 종조성은 여러 가지 의미에서 중요하지만 강은 오염의 척도가 된다는 점에서 인간에게 매우 중요하다(Jawad, 2003; Tejerina-Garro, 2005). 이런 점에서 계절별, 연도별 모니터로 어류 개체수의 변화가 있다면 오염 정도가 발생하고 있는 것이며 어류 종의 변화가 감지되었다면 심각한 오염 또는 지구 변화 등의 큰 변화일 수 있다. 본 조사 결과는 단순히 종 동정에서 나아가 일차 자료를 활용하여 시뮬레이션 등 이차 결과를 추적하는데 기여할 수 있었다.

4. 결론

섬진강에 서식하는 어류의 군집구조를 2009년 5월과 11월에 대해 조사한 결과 전체 분류군은 10목 24과 63종이었다. 6개 지점별 종수 차이는 있으나 시기에 따른 개체별 차이는 유의성을 나타내지 않았다. 우점종은 지점별 차이를 나타내었다. 예를 들면, W-1에서 우점종은 피라미였고, W-1에서는 갈겨니, W-3과 W-4에서는 문절망둑, W-5와 W-6에서는 주둥치였다. 종 다양도는 W-6에서 11월에 1.33로 가장 낮았고, W-1에서 5월에 2.64로 가장 높았다. 어류의 종과 개체수에 미치는 환경요인 분석에서 DO, BOD, COD가 중요한 요인으로 작용하였다. 개체군의 크기와 성장에 미치는 요인은 현 자료와 이론적 시뮬레이션을 통해 11월 보다 5월에 큰 차이를 가져올 수 있다는 것이 판명되었다.

감사의 글

이 논문은 2012~2013년도 창원대학교 연구비에 의하여 연구되었습니다.

참고 문헌

Chung, J., 1993, Illustration of freshwater algae of Korea, Academy Pub. Co., 1-469.
 Education Ministry, 1988, Illustrated encyclopedia of fauna & flora of Korea, Vol 30 (Freshwater Fishes), Education Ministry.
 Hynes, H. B. N., 1963, Imported organic matter and secondary productivity in streams. Proc. 16th Int. Congr. Zool., 4, 324-329.
 Institute for Earth Science and Disaster Prevention (NIDP), 1998, Study on the sediment yield estimation due to land development(I), NIDP-97-04, 1-315.
 Jawad, L., 2003, Impact of environmental change on the freshwater fish Fauna of Iraq, Inter. J. of Environ. Stud., 60, 581-593.
 Jo, K. S., 1993, Illustration of freshwater zooplankton of Korea, Academy Pub. Co., 1-388.
 Kehde, P. M., Wilhm, J. L., 1972, The effects of grazing

by snails on community structure of periphyton in laboratory streams, Am. Midl. Nat., 87, 8-24.
 Kim, I. S., 1997, Illustrated encyclopedia of fauna & flora of Korea, Education Ministry, 1-629
 Kim, H. S., 1977, Illustrated encyclopedia of fauna & flora of Korea, Vol 19, Education Ministry, 1-414.
 Lloyd, M., Ghelord, R. J., 1964, A table for calculation the "Equitability" component of species diversity, J. Anim. Ecol., 33, 217-225.
 Margalef, R., 1958, Information theory in ecology, Gen. Sys., 3, 36-71.
 McNaughton, S. J., 1967, Relationship among functional properties of California Glassland, Nature, 216, 144-168.
 Nelson, J. S., 1994, Fishes of the world, John Wiley and Sons Inc., New York, 3rd edition, 1-600.
 Pielou, E. C., 1966, The measurement of diversity in different types of biological collections. J. Theoret. Biol., 13, 131-144.
 Pielou, E. C., 1969, An introduction to mathematical ecology, New York, John Wiley, 1-326.
 Pielou, E. C., 1975, Ecological diversity, John Wiley and Sons, NY, 1-165.
 Shajan, K. P., 2001, Geochemistry of bottom sediments from a river-estuary-shelf mixing zone on the tropical southwest coast of India, Bull. Geol. Survey of Japan, 52, 371-382.
 Shannon, C. E., Weaver, W., 1949, The mathematical theory of communication, University Illinois Press, Urbana, IL., 1-326.
 Singh, A. K., Hasnain, S. I., 1999, Environmental geochemistry of Damodar River basin, east coast of India, Environ. Geology, 37, 124-136.
 Tejerina-Garro, F. L., Maldonado, M., Ibanez, C., Pont, D., Roset, N., Oberdorff, T., 2005, Effects of natural and anthropogenic environmental changes on riverine fish assemblages: a framework for ecological assessment of rivers, Brazilian Arch. of Biol. and Tech., 48, 91-108.
 Surber, E. W., 1937, Rainbow trout and bottom fauna production in one mile of stream, Trans. Am. Fish. Soc., 66, 193-202.
 Warton, D. I., Wright, I. J., Falster, D. S., Westoby, M., 2006, Bivariate line fitting methods for allometry, Biolog. Rev., 81, 259 - 291.