

논산천의 서식처 유형별 어류군집의 분포특성

이황구 · 최준길⁺

상지대학교 생명과학과

The Distribution Characteristics of Fish Community by Habitat Type in the Nonsan Stream

Hwang-Goo Lee · Jun-Kil Choi⁺

Department of Biological Science, Sangji University, Wonju, Korea

요 약

2008년 8월부터 2009년 6월까지 논산천의 10개 미소서식처 유형에 따른 어류군집의 공간분포특성을 조사하였다. 조사기간 동안 채집된 어류는 총 6과 26종 1,130개체가 확인되었다. 출현한 어종 중 한국고유종은 *Sarcocheilichthys nigripinnis morii*, *Squalidus japonicus coreanus*, *Hemiculter eigenmanni*, *Pseudobagrus koreanus*, *Odontobutis interrupta* 등 총 5종(19.2%)으로 확인되었으며, 우점종은 *Zacco platypus*, 아우점종은 *Tridentiger brevispinis*로 조사되었다. 서식처 유형별 우점종은 낙차형 웅덩이, 거석형 웅덩이에서 *Micropterus salmoides*, 개방형 하도습지, 폐쇄형 하도습지(구하도)에서 *Lepomis macrochirus*, 폐쇄형 하도습지(범람형), 평여울에서 *T. brevispinis*, 급여울, 사행형 웅덩이, 샛강, 댐형 웅덩이에서 *Z. platypus*가 우점하였다. 군집분석 결과 샛강에서 우점도지수가 낮고, 다양도지수는 높게 나타나 서식처 유형별 가장 안정적인 군집구조를 유지하고 있는 것으로 분석되었다. 논산천의 서식처 유형별 유사도 분석 결과 사행형 웅덩이와 급여울이 80.8%로 가장 유사한 것으로 나타났으며, 서식처 유형에 따라 크게 두 개의 그룹으로 구분이 되었다. 주성분 분석 결과 10개의 서식처 유형들이 유수역 특성이 나타나는 서식처와 정수역 특성이 나타나는 서식처로 구분되어 분석되었다.

핵심용어 : 논산천, 서식처유형, 군집분석, 유사도 분석, 주성분 분석

Abstract

The spatial distribution characteristic of fish community were investigated at the 10 habitat types in the Nonsan stream from August, 2008 to June, 2009. The collected species during the surveyed period were 26 species belong to 6 families. Korean endemic species were *Sarcocheilichthys nigripinnis morii*, *Squalidus japonicus coreanus*, *Hemiculter eigenmanni*, *Pseudobagrus koreanus*, and *Odontobutis interrupta* which showed 19.2% ratio of total species. Dominant species was *Zacco platypus*, and subdominant species was *Tridentiger brevispinis*. Dominant species according to habitat types were *Micropterus salmoides*(substrate type pool and rock type pool), *Lepomis macrochirus*(channel connected pool and channel unconnected pool / abandoned type pool), *T. brevispinis*(channel unconnected pool / overflow type and run) and *Z. platypus*(riffle, meander type pool, side channel, and dam type pool). As a results of community analysis in side channel, diversity index showed relatively high values, indicating that habitat types in the Nonsan stream have relatively stable community structure. Bray-curtis cluster analysis indicated that the meander type pool and riffle showed the most similar values(80.8%). Moreover, cluster and principal component analysis were classified as 2 groups(lotic and lentic habitats).

Keywords : Nonsan stream, Habitat type, Community analysis, Cluster analysis, Principal component analysis

1. 서론

하천생태계의 먹이연쇄에 있어 어류는 다른 생물 종들과 밀접한 관계를 가지는 상위소비자의 역할을

담당하며, 그 지역의 생물다양성을 대표한다(Lee et al., 2006). 또한 여러 가지 요인들에 의하여 어류상의 변화가 유발되며, 자연적인 요인보다는 인위적인 요인에 의한 영향이 크다(Rutherford et al., 1987).

⁺ Corresponding author : jkilchoi@sangji.ac.kr

따라서 이러한 요인은 어류의 종다양도가 감소하는 결과를 초래하고 어류의 먹이사슬 및 서식환경이 좋은 조건보다는 나쁜 조건으로 변한다(Hur et al., 2010). 최근 들어 하천생태계에 관심이 높아지면서 생태적으로 교란된 하천을 복원하고 있는 실정이며, 하천이 복개된 지역을 중심으로 하천을 복원하거나 인공하천을 만들어 자연형 하천으로 가꾸어 가고 있다(Kim and Ahn, 2006). 또한 인공적이고 획일적인 하천정비로 인한 문제점들이 노출되면서 인공화된 하천을 원래의 자연스러운 하천상태로 되돌리고자 하는 사회적 및 기술적 대안들이 다각적으로 모색되고 있으며, 시험 적용되고 있다(Choi et al., 2011).

본 연구의 대상하천인 논산천은 금강의 제1지류이며, 전라북도 완주군 운주면 고당리 와사봉줄기(표고 718.5m)에서 발원하여 유하하면서 장선리에서 유입하는 귀목동천과 합류한 후 안심천, 양촌천, 장선천, 오산천, 입촌천, 웅천 등이 유입된 이후 탑정리에 있는 논산저수지(탑정저수지)로 유입된다. 논산천은 총 유역면적 665.0km², 유로연장 57.10km로 수량이 비교적 풍부하고, 수질은 양호하며, 모래 및 잔자갈로 이루어진 하천이다.

과거 서식처 유형별 어류에 대한 연구는 Byeon and Son(2003)의 복하천, Lee et al.(2009)의 갑천, Choi et al.(2011)의 탄천, Lee et al.(2012)의 양화천, Lee et al.(2013)의 흥천강을 대상으로 서식처 유형에 따른 어류군집의 특성 및 물리적·이화학적 요인에 대하여 진행되었다. Byeon and Son(2003)은 하천에서 미소서식지의 파괴가 어류군집의 우점도를 급격하게 높이고 종다양도, 균등도, 종풍부도가 급격하게 감소하는 원인으로 작용하므로 서식처 보존의 중요성에 대하여 언급하였으며, Lee et al.(2009), Choi et al.(2011), Lee et al.(2012), Lee et al.(2013)은 각 서식처 유형들에서 서식하는 어류군집의 특성 및 상관관계에 대하여 분석하였다. 한편, 기존의 국내 연구들은 서식처 유형별 어류군집과 상관관계의 분석에 한정되어 있으며, 서식처 유형에 따른 군집의 차이를 제시하는데 그치고 있어 생물서식처 조성 및 보전에 대한 구체적인 자료의 제시에는 한계가 따른다.

따라서 본 연구는 서식처 유형별 구분은 동일하여도 어류가 서식하는 생태적 환경에 따라 차이가 나타날 것으로 예상되는 바, 본 연구의 대상하천인 논산천의 서식처 유형별 어류군집의 분포특성을 분석하여 우리나라의 하천 복원 및 생물서식처 조성시 필요한 기초자료를 제공하고자 하며, 논산천을 포함한 기존에 연구된 Lee et al.(2009)의 갑천, Choi et al.(2011)

의 탄천, Lee et al.(2012)의 양화천 등 4개의 하천에서 공통되는 서식처 유형들을 선정하여 주성분 분석을 통한 상관관계의 분석으로 어류의 미소서식처에 관하여 보다 구체적인 연구의 기초자료를 제공하고자 수행하였다. 또한 서식처 유형별 생태계 교란종 및 외래도입어종의 분포현황을 파악하여 서식처 유형에 따른 토착어종의 교란 가능성을 보고자 하였다.

2. 재료 및 방법

1. 조사지점 및 시기

1) 조사지점

조사지점은 각 서식처 유형을 달리하는 총 10개의 조사지점을 선정하였으며, 각 조사지점의 GPS(WGS)는 다음과 같다(Table 1, Fig. 1).

Table 1. Habitat type and GPS at each site in the Nonsan stream, Korea

Sites	Type	GPS
1	Substrate type pool	N 36°10'32" E 127°08'48"
2	Rock type pool	N 36°10'36" E 127°08'29"
3	Channel connected pool	N 36°10'56" E 127°08'14"
4	Channel unconnected pool (overflow type)	N 36°11'04" E 127°08'02"
5	Run	N 36°11'02" E 127°08'02"
6	Riffle	N 36°11'05" E 127°07'55"
7	Meander type pool	N 36°11'08" E 127°07'53"
8	Channel unconnected pool (abandoned type pool)	N 36°11'14" E 127°07'49"
9	Side channel	N 36°11'25" E 127°07'36"
10	Dam type pool	N 36°11'47" E 127°07'36"

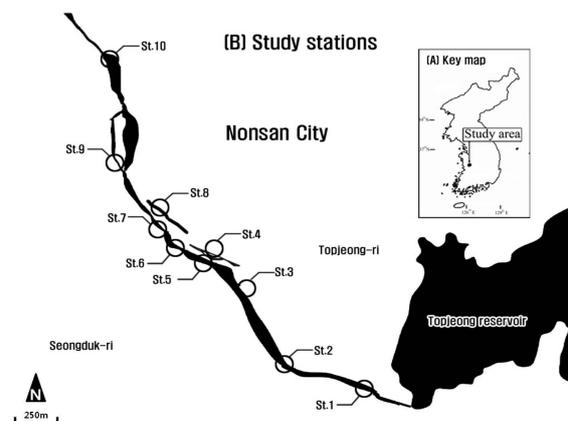


Fig. 1. Study stream and site locations. (A) Study stream location in the Korea, (B) Study sites locations in the Nonsan stream.

2) 조사시기

현장조사 기간은 2008년 8월부터 2009년 6월까지 총 4회에 걸쳐 실시하였으며, 각 조사시기는 다음과 같다.

- 1차 조사: 2008년 8월 30일~31일
- 2차 조사: 2008년 10월 23일~24일
- 3차 조사: 2009년 4월 11일~12일
- 4차 조사: 2009년 6월 11일~12일

2. 조사방법

1) 미소서식처 구분

하천복원 기술개발연구원의 기준(Korea Institute of Construction Technology (KICT), 2009)을 따라 낙차형 웅덩이(Substrate type pool, St. 1), 거석형 웅덩이(Rock type pool, St. 2), 개방형 하도습지(Channel connected pool, St. 3), 폐쇄형 하도습지(범람형, Channel unconnected pool / overflow type, St. 4), 평여울(Run, St. 5), 급여울(Riffle, St. 6), 사행형 웅덩이(Meander type pool, St. 7), 폐쇄형 하도습지(구하도, Channel unconnected pool / abandoned type pool, St. 8), 샛강(Side channel, St. 9), 댐형 웅덩이(Dam type pool, St. 10)로 구분하였다.

2) 어류의 채집 및 분류

어류의 채집은 정량조사를 위하여 투망(8×8 mm)과 족대(4×4 mm)를 각각 15회, 40분간 실시하였다. 채집된 어류는 현장에서 동정 후 대부분 방류하였고, 일부 세밀한 동정을 요하는 개체만 10% Formalin 용액으로 고정한 후 실험실로 운반하였다. 어류의 동정은 국내에서 발표된 검색표(Kim, 1997; Kim and Park, 2002; Kim et al., 2005)를 이용하였고, 분류체계는 Nelson (2006)을 따랐다.

3) 서식지의 물리·화학적 특성분석

서식지내 물리·화학적 특성분석은 현장조사와 실험실 분석을 통해 파악하였다. 수심, 유속, 하상구조는 2008년 8월에 현장에서 조사하였고, 이 중 수심 및 유속은 조사지점별로 1m의 간격을 두고 횡단 측량을 실시하였다. 수심은 Total Station (탐콘 DT-209P)을 이용하여 실시하였고, 유속은 Flowmeter Potable FLO-MATE (2000)을 이용하였으며, 하상구조는 Cummins (1962)에 의거하여 현장에서 육안으로 관찰하였다. 화학적 특성은 2008년 8월, 10월, 2009년 4월, 6월 등 총 4차례에 걸쳐 현장에서 수온, pH, EC,

DO 등을 Hach-HQ40d를 이용하여 측정하였으며, 실험실에서는 BOD, SS, T-N, T-P 등을 수질공정시험법에 의거하여 분석하였다.

4) 군집분석

군집분석은 각 조사지점에서 출현한 종과 개체수를 기준으로 우점도(McNaughton, 1967), 다양도(Shannon-Weaver, 1949), 균등도(Pielou, 1966), 풍부도(Margalef, 1958)를 산출하였다.

5) 자료분석

BioDiversity Pro (Version 2)를 이용하여 조사지점별 유사성을 분류하고자 유사도(Bray and Curtis, 1957) 분석을 실시하였으며, Group linkage method는 Ward (1963)와 Ward and Hook (1963)의 방법을 따랐다. 주 성분 분석(Principal Components Analysis)은 PC-ORD (Version 5)를 이용하여 Kaiser (1958, 1961)의 방법을 따랐으며, 서식처 유형들 간의 관계를 분석하였다. 어종의 약어명에서 속명은 첫 글자, 종명은 앞에서 3글자만 이용하여 표기 하였으며, 아종인 경우 속명과 종명, 아종명의 각각 첫 글자만 표기하였다.

3. 결과 및 고찰

1. 조사지 개황

대상하천인 논산천의 조사지점은 탐정저수지의 직하류에서 하류방향으로 약 3km 구간을 서식처 유형별 10개 지점으로 구분하여 실시하였다. 논산천 유역이 속한 금강 유역 내 연평균 강우량은 1,208.1mm이며, 기후는 우리나라 중부 기후특성과 유사하다. 여름철에는 고온다습하고 겨울철에는 한랭 건조한 특성을 지니며, 논산천 유역의 연평균 기온은 11.8℃, 평균 습도는 73.1%이다(Korea Institute of Construction Technology (KICT), 2009). 물리적인 수환경 분석 결과 하폭은 댐형 웅덩이가 10~70m로 가장 넓으며, 폐쇄형 하도습지(범람형)와 사행형웅덩이가 1~5m로 하폭이 상대적으로 좁은 것으로 확인되었다. 수심은 거석형 웅덩이가 50~500cm, 낙차형 웅덩이가 30~300cm, 폐쇄형 하도습지(구하도)가 30~120cm로 비교적 깊은 것으로 확인되었으며, 다른 서식처 유형들의 수심은 평균 14.2~41.4cm로 서식처 유형별 차이가 크게 나타나지 않았다. 유속은 사행형 웅덩이(0.72~0.85m/sec)와 급여울 (0.70~0.80m/sec)이 상대적으로 빠른 것으로 확인되었고, 다른 서식처 유형들은 평균 0.02~0.08m/sec로 차

이가 크게 나타나지 않았다. 하상구조는 서식처 유형별로 큰돌(Cobble), 작은돌(Pebble), 자갈(Gravel), 모래(Sand) 등이 다양하게 구성되어 있었고, 개방형 하도습지는 모래가 대부분을 차지하고 있었다(Table 2). 서식처 유형별 이화학적 수환경 분석 결과 pH는 6.5~8.0의 범위로 중성에서 약알칼리성 상태를 유지하고 있었다. 전기전도도(EC)는 137.1~218.0ms/cm의 범위로 유형별 유사하게 나타났으며, 개방형하도습지에서 변화폭이 가장 크게 나타났다. 어류의 성장에 적합한 용존산소는 약 4mgL⁻¹ 이상이며, 3mgL⁻¹ 이하에서는 어류 성장에 제한을 주는 것으로 알려져 있다(Kim et al., 2012). 현지조사시 서식처 유형별 DO는 7.6~9.2mgL⁻¹의 범위로 어류가 서식하기에 매우 적합

한 상태를 유지하고 있었다. 유기물 오염정도를 판단하는 수질변수인 BOD는 1.1~3.5mgL⁻¹로 서식처 유형별 조사시기에 따라 다소 차이를 나타냈으며, 폐쇄형 하도습지(범람형)에서 2.3~2.8mgL⁻¹로 조사시기별 차이가 가장 낮은 것으로 확인되었다. SS는 2.0~13.1mgL⁻¹로 비교적 낮은 상태를 유지하였으나 낙차형 웅덩이, 폐쇄형 하도습지(범람형), 폐쇄형 하도습지(구하도), 댐형 웅덩이에서는 상대적으로 높은 것으로 나타났는데 이는 서식처 유형 특성상 물이 지속적으로 흐르기 보다는 웅덩이 형태의 정수역성 특성이 나타났으며, 유기물의 퇴적량이 상대적으로 높아 인위적인 부유현상이 나타났기 때문인 것으로 판단된다 (Table 3).

Table 2. Physical factor of the surveyed each site in the Nonsan stream from August 2008 to June 2009

Sites	Stream width (m)	Water depth (cm)	Water current (m/sec)	Water Temperature (°C)	Bottom structure(%)				
					B	C	P	G	S
1	15~20	30~300	0.01~0.06	20.4~25.0			30	30	40
2	20~30	50~500	0.01~0.06	18.7~24.8		10	10	40	40
3	10~15	15~60	0~0.01	18.8~24.5				10	90
4	3~5	10~30	0~0.05	20.4~24.4		40	30	20	10
5	15~20	15~40	0.03~0.14	20.3~25.1	10	30	20	30	10
6	10~15	5~17	0.70~0.80	21.0~25.5	20	30	20	20	10
7	1~3	30~40	0.72~0.85	20.4~26.1	20	30	30	10	10
8	5~10	30~120	0.05~0.09	19.7~24.2	10	30	30	20	10
9	5~10	15~60	0.03~0.19	19.5~25.6		30	20	40	10
10	10~70	10~60	0~0.03	20.2~25.5			20	40	40

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

Table 3. Environmental factors of the surveyed each site in the Nonsan stream from August 2008 to June 2009

Sites	pH	EC (ms/cm)	DO (mgL ⁻¹)	BOD (mgL ⁻¹)	SS (mgL ⁻¹)	T-N (mgL ⁻¹)	T-P (mgL ⁻¹)
1	7.1~7.6	141.2~206.4	8.0~8.6	1.8~2.5	4.4~13.1	0.826~2.764	0.142~0.168
2	7.3~7.7	164.4~209.5	8.1~8.7	1.1~2.4	4.8~6.4	0.745~1.874	0.134~0.154
3	6.7~7.8	137.1~218.0	7.6~8.4	1.7~2.3	3.2~8.4	0.319~2.016	0.142~0.170
4	6.5~7.8	174.6~216.8	8.1~8.8	2.3~2.8	2.0~10.4	1.745~2.909	0.095~0.224
5	7.2~8.0	140.3~217.2	8.1~8.1	1.5~2.8	5.2~8.2	1.160~2.119	0.095~0.222
6	7.3~7.9	150.2~191.8	8.2~9.2	1.8~2.6	6.4~9.2	1.576~2.044	0.130~0.332
7	7.3~7.9	152.8~208.2	8.1~8.4	1.3~3.2	4.4~5.6	0.804~2.332	0.142~0.215
8	7.2~7.8	155.9~192.4	8.3~8.6	1.5~2.7	4.0~11.6	0.636~3.332	0.110~0.222
9	7.3~7.6	150.4~200.4	8.2~8.6	1.6~3.2	4.0~5.6	1.374~2.848	0.151~0.246
10	6.7~7.9	145.3~159.1	8.2~8.7	1.4~3.5	5.6~11.2	1.178~3.002	0.130~0.325

pH: Potential of hydrogen, EC: Electric conductivity, DO: Dissolved oxygen, BOD: Biochemical oxygen demand, SS: Suspended solid, T-N: Total Nitrogen, T-P: Total Phosphorus

Table 4. A list and individual number of collected fish at each site in the Nonsan stream from August 2008 to June 2009

Species	Sites										Total	R·A
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Cyprinidae												
<i>Carassius auratus</i>			9	1				1	2	27	40	3.5
<i>Cyprinus carpio</i>	3									2	5	0.4
<i>Acheilognathus chankaensis</i>										1	1	0.1
<i>Acheilognathus lanceolatus</i>	3		9	1	1				9	36	59	5.2
<i>Acheilognathus rhombeus</i>				1					11	4	16	1.4
<i>Gnathopogon strigatus</i>										2	2	0.2
<i>Hemibarbus labeo</i>	2	1		2	4	4	5	2	3		23	2.0
<i>Hemibarbus longirostris</i>		3			24	4	6	3	4	5	49	4.3
<i>Pseudogobio esocinus</i>					1	3		1	6	6	17	1.5
<i>Pseudorasbora parva</i>			5								5	0.4
<i>Pungtungia herzi</i>				1			1				2	0.2
* <i>Sarcocheilichthys nigripinnis mortii</i>						2	14		1	2	19	1.7
* <i>Squalidus japonicus coreanus</i>								1		1	2	0.2
<i>Opsariichthys uncirostris amurensis</i>	38	12	4		9	3	10	4	28	13	121	10.7
<i>Squaliobarbus curriculus</i>	3								3	1	7	0.6
<i>Zacco platypus</i>	17	17	1	4	33	40	34	2	43	55	246	21.8
* <i>Hemiculter eigenmanni</i>	1	1	1						1		4	0.4
Cobitidae												
<i>Cobitis lutheri</i>			11						1	9	21	1.9
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>				2					1		3	0.3
Bagridae												
<i>Pseudobagrus fulvidraco</i>										4	4	0.4
* <i>Pseudobagrus koreanus</i>	1						2				3	0.3
Centrarchidae												
# <i>Lepomis macrochirus</i>	62	24	8		9			4		2	109	9.6
# <i>Micropterus salmoides</i>	16	15	42	8	4			37	11	1	134	11.9
Odontobutidae												
* <i>Odontobutis interrupta</i>			2	8				7	3	1	21	1.9
Gobiidae												
<i>Rhinogobius brunneus</i>			2	1	9	12	12	1	3		40	3.5
<i>Tridentiger brevispinis</i>	2	11	2	14	45	25	31	4	31	12	177	15.7
No. of families	4	3	5	5	3	2	3	4	5	6	6	
No. of species	11	8	12	11	10	8	9	12	17	19	26	
No. of individuals	148	84	96	43	139	93	115	67	161	184	1,130	

*: Korean endemic species, #: Introduced species, R·A: Relative abundance(%)

2. 어류상

논산천의 전 조사구간에서 채집된 어종은 총 6과 26종 1,130개체로 확인되었다(Table 4).

서식처 유형별 출현종수는 낙차형 웅덩이(St. 1)에서 4과 11종 148개체, 거석형 웅덩이(St. 2)에서 3과 8종 84개체, 개방형 하도습지(St. 3)에서 5과 12종 96개체, 폐쇄형 하도습지(범람형, St. 4)에서 5과 11종 43개체, 평여울(St. 5)에서 3과 10종 139개체, 급여울(St. 6)에서 2과 8종 93개체, 사행형 웅덩이(St. 7)에서 3과 9종 115개체, 폐쇄형 하도습지(구하도, St. 8)에서 4과 12종 67개체, 셋강(St. 9)에서 5과 17종 161개체, 담형 웅덩이(St. 10)에서 6과 19종 184개체로 확인되었다. 논산천의 서식처 유형별 출현종수는 8종(St. 2, 6)~19

종(St. 10)종, 개체수는 43(St. 4)~184(St. 10)개체로 확인되었으며, 평균 출현종수는 2.3종(±2.63, St. 4)~9.5종(±2.65, St. 10), 평균 개체수는 5.0개체(±4.69, St. 4)~46.0개체(±25.99, St. 10)로 분석되었다(Fig. 2).

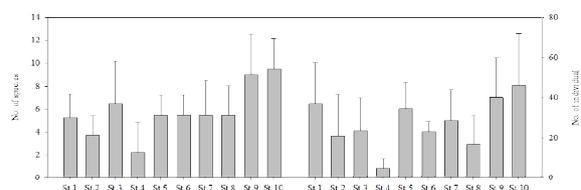


Fig. 2. Mean value (±SD) of number of species and individual of fish at the each site in Nonsan stream.

댐형 웅덩이에서 가장 많은 종수 및 개체수가 확인되었으며, 종수는 거석형 웅덩이와 급여울, 개체수는 폐쇄형 하도습지(범람형)에서 상대적으로 가장 적게 나타나 대조적인 모습을 보였다. 댐형 웅덩이에서 높은 종수와 개체수를 보인 원인은 횡단 구조물에 의한 정수역의 형성으로 하폭이 넓었으며, 상류로부터 유입된 토사가 퇴적되어 수심이 비교적 얕았기 때문이다. 또한 퇴적된 토사 주변과 하안으로 수초대와 수면식생대가 잘 발달되어 있어 이를 선호하는 납자루아과 어류와 치어 및 유영력이 약한 어류 등이 분포하였기 때문인 것으로 판단된다. 반면에 거석형 웅덩이는 거석주변으로 어류의 일시적인 피난처의 역할을 수행하지만 다양한 어종의 미소서식처로는 이용되지 못하는 것으로 생각된다. 서식처 유형별 어류군집 특성에 관한 선행연구에서 갑천(Lee et al., 2009)은 징검여울(Rock-scattered riffle), 단천(Choi et al., 2011)은 폐쇄형 하도습지(범람형, Channel unconnected pool / overflow type), 양화천(Lee et al., 2012)은 낙차형 웅덩이(Substrate type pool), 홍천강(Lee et al., 2013)은 사행형 웅덩이(Meander type pool)에서 개체수에 비해 가장 많은 어종이 출현한 것으로 확인되었다. 따라서 서식처 유형별 어류의 종다양성은 대상하천의 하천 규모, 수질, 수심, 유속, 수량, 하상구조 등 물리·화학적 인 수환경의 차이와 지역 및 수계별 어류상의 차이(Lee et al., 2012; Lee et al., 2013)가 종다양성을 결정짓는 주요 요인으로 생각되나 이를 파악하기 위해서는 더욱 광범위한 지역적인 조사연구를 통해 확인할 필요가 있다.

출현한 어종 중 잉어과(Cyprinidae) 어종이 17종(65.4%)으로 가장 많은 종수를 차지하였고, 그 다음으로 미꾸리과(Cobitidae), 동자개과(Bagridae), 검정우럭과(Centrarchidae), 망둑어과(Gobiidae)에서 각각 2종(7.7%), 동사리과(Odontobutidae)에서 1종(3.8%)이 조사되었다. 논산천에서 출현한 어종 중 개체수 비율이 가장 높게 나타난 어종의 상대 풍부도는 피라미가(*Tridentiger brevispinis*) 15.7%(177개체), 배스(*Micropterus salmoides*) 11.9%(134개체), 끄리(*Opsariichthys uncirostris amurensis*) 10.7%(121개체), 블루길(*Lepomis macrochirus*) 9.6%(109개체), 납자루(*Acheilognathus lanceolatus*) 5.2%(59개체) 등의 순으로 나타났다. 개체수의 구성비가 2.0% 미만에 속하는 어종은 잉어(*Cyprinus carpio*), 미꾸리(*Misgurnus anguillicaudatus*), 동자개(*Pseudobagrus fulvidraco*) 등을 포함하여 총 16종(11.9%, 132개체)을 차지하였다(Fig. 3).

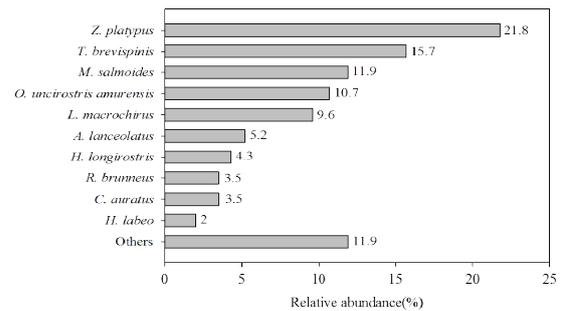


Fig. 3. Relative abundance of the collected fish in the Nonsan stream.

출현어종 중 한국고유종은 중고기(*Sarcocheilichthys nigripinnis morii*), 물개(*Squalidus japonicus coreanus*), 치리(*Hemiculter eigenmanni*), 눈동자개(*Pseudobagrus koreanus*), 얼룩동사리(*Odontobutis interrupta*) 등 총 5종(19.2%)으로 확인되었으며, 국내 하천 수계에서 나타나는 한국고유종의 출현빈도인 28.8%(Kim et al., 2005) 보다 낮은 고유성을 유지하고 있었다. 서식처 유형별 한국고유종은 0종(평여울, St. 5)~3종(갯강, St. 9; 댐형웅덩이, St. 10)으로 낮았으며, 개체수 비율은 폐쇄형 하도습지(범람형, St. 4)에서 18.6%로 가장 높게 차지하고 있었다. 멸종위기야생생물이나 천연기념물은 출현하지 않았으며, 외래도입어종이자 생태계교란야생생물에 속하는 블루길과 배스 2종(7.7%)이 확인되었다. 서식처 유형에 따라 재래종과 외래도입종의 분포를 살펴보면 다음과 같다(Fig. 4).

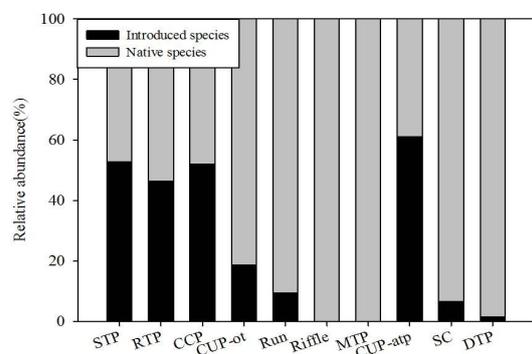


Fig. 4. Variations of Relative abundance of the Introduced species in the Nonsan stream.

서식처 유형별 외래도입종의 개체수 비율은 폐쇄형 하도습지(구하도, St. 8)에서 61.2%로 가장 높았으며, 다음으로 낙차형 웅덩이(St. 1)에서 52.7%, 개방형 하도습지(St. 3)에서 52.1%, 거석형 웅덩이(St. 2)에서

46.4% 등의 순으로 나타났다. 외래도입종의 비율이 높게 나타난 서식처 유형들은 대부분 정수역의 특성이 나타나는 서식처 유형들이었으며, 개방형 하도습지(범람형, St. 4), 평여울(St. 5), 셋강(St. 9), 댐형 웅덩이(St. 10) 등의 서식처 유형은 외래도입종의 분포가 20% 미만을 차지하였다. Lee et al. (2008)은 일본과 미국에서 블루길과 배스가 도입된 이후 주로 댐호에서 서식하는 것으로 알려져 있으나 2000년대에 들어 오면서 대형 하천의 중·하류까지 서식처가 확장되어 우리나라 담수생태계의 큰 위협요인으로 보고하였다. 외래도입어종인 블루길과 배스는 우리나라의 토착 어종 및 하천생태계의 교란 요인으로 작용하고 있어 향

후 외래도입종의 분포 양상에 따른 잠재적인 영향에 대하여 보다 더 세밀한 모니터링이 필요할 것으로 판단된다.

3. 우점종 및 군집분석

논산천의 서식처 유형별 우점종과 아우점종은 낙차형 웅덩이(St. 1)와 거석형 웅덩이(St. 2)에서 배스, 개방형 하도습지(St. 3)와 폐쇄형 하도습지(구하도, St. 8)에서 블루길, 폐쇄형 하도습지(범람형, St. 4)와 평여울(St. 5)에서 민물검정망둑, 급여울(St. 6), 사행형 웅덩이(St. 7), 셋강(St. 9), 댐형 웅덩이(St. 10)에서 피라미가 우점종으로 확인되었다(Table 5).

Table 5. Dominant, sub-dominant species, and community indices at each site in the Nonsan stream from August 2008 to June 2009

Sites	Dominant species	Sub-dominant species	DI	H'	E	RI
1	<i>L. macrochirus</i> (41.9%)	<i>O. uncirostris amurensis</i> (25.7%)	0.68	1.62	0.68	2.00
2	<i>L. macrochirus</i> (28.6%)	<i>Z. platypus</i> (20.2%)	0.49	1.76	0.85	1.58
3	<i>M. salmoides</i> (43.8%)	<i>C. lutheri</i> (11.5%)	0.55	1.88	0.76	2.41
4	<i>T. brevispinis</i> (32.6%)	<i>L. macrochirus</i> , <i>M. salmoides</i> (18.6%)	0.51	1.93	0.81	2.66
5	<i>T. brevispinis</i> (32.4%)	<i>Z. platypus</i> (23.7%)	0.56	1.82	0.79	1.82
6	<i>Z. platypus</i> (43.0%)	<i>T. brevispinis</i> (26.9%)	0.70	1.56	0.75	1.54
7	<i>Z. platypus</i> (29.6%)	<i>T. brevispinis</i> (27.0%)	0.57	1.82	0.83	1.69
8	<i>M. salmoides</i> (55.2%)	<i>O. interrupta</i> (10.4%)	0.66	1.67	0.67	2.62
9	<i>Z. platypus</i> (26.7%)	<i>T. brevispinis</i> (19.3%)	0.46	2.19	0.77	3.15
10	<i>Z. platypus</i> (29.9%)	<i>A. lanceolatus</i> (19.6%)	0.49	2.19	0.74	3.45

DI: Dominance index, H': Diversity index, E: Evenness Index, RI: Richness Index

이중 낙차형 웅덩이, 거석형 웅덩이, 개방형 하도습지, 폐쇄형 하도습지(구하도)에서는 외래도입종인 배스와 블루길이 18.6~61.2%의 높은 우점율을 차지하는 것으로 조사되었다. 이들 어종은 낙차형 웅덩이와 인접한 탐정저수지로부터 유입되어 안정적으로 서식하고 있는 것으로 판단되며, 논산천에 서식하는 토착 어종의 먹이사슬과 종조성 등에 영향을 미칠 것으로 생각되어 본 종들에 대한 적절한 대처가 필요하다. 한편, 민물검정망둑은 정체된 수역과 댐호의 수심이 얕은 연안부, 하천 하류역의 여울부 등에 다량 서식하고 있는 종이므로 정수역인 소규모 저수지 형태의 폐쇄형 하도습지(범람형)에 적응하여 다량 번식하고 있는 것으로 판단된다. 피라미는 물의 흐름이 있고 돌과 자갈이 많은 곳에서 서식하며(Kim et al., 2005), 하천 중·하류에서 흔히 볼 수 있는 어종이다. 또한 교란이 심한 하천에서도 잘 적응하여 개체수가 증가하는 것

으로 알려져 있으며(Choi et al., 2011), 논산천 대부분의 조사구간에서 우점 및 아우점하고 있었다. 아우점종으로는 낙차형웅덩이에서 물개, 거석형 웅덩이와 평여울에서 피라미, 개방형 하도습지에서 점줄종개(*Cobitis lutheri*), 폐쇄형 하도습지(범람형)에서 배스와 블루길, 급여울과 사행형웅덩이, 셋강에서 민물검정망둑, 폐쇄형 하도습지(구하도)에서 얼룩동사리, 댐형 웅덩이에서 납자루가 아우점하는 것으로 조사되었다.

논산천의 서식처 유형별 군집분석 결과 우점도지수는 0.46(St. 9)~0.70(St. 6), 다양도지수는 1.56(St. 6)~2.19(St. 9, 10)의 범위로 서식처 유형별 군집구조의 차이가 나타나는 것으로 분석되었다. 셋강(St. 9)에서 우점도지수가 0.46으로 가장 낮았으며, 다양도지수 2.19, 균등도지수 0.77, 종풍부도지수 3.15로 상대적으로 높게 분석되어 가장 안정된 군집구조를 유지하는 것으로 나타났다. 이와 대조적으로 급여울(St. 6)에서

는 우점도지수가 0.70으로 가장 높고, 다양도지수 1.56, 균등도지수 0.75, 종풍부도지수 1.54로 비교적 낮게 분석되어 가장 불안정한 군집구조를 유지하는 것으로 분석되었다. 급여울은 서식처 유형 중 가장 적은 종이 출현하여 Choi et al. (2011)과 일치하였으며, 이는 상대적으로 수심이 17cm로 낮고, 유속이 0.72~0.85m/sec로 비교적 빠르기 때문에 다양한 어종이 서식하기에는 다소 부적합한 것으로 판단된다. 또한 논산천과 인접한 Lee et al. (2009)의 급여울에서는 한국고유종인 쉬리(*C. splendidus*)가 다수 출현하였지만 본 조사에서는 출현하지 않아 이는 Song and Kwon (1993)이 발표한 쉬리의 생태특성을 기준으로 볼 때, 같은 급여울이라도 여울과 소의 반복유무, 유속, 수심, 하상구조 등 조성된 서식처 및 하천의 특성

등에 따라 차이가 나타나는 것으로 판단된다.

4. 통계적 분석 및 비교

1) 유사도 분석

서식처 유형별 출현종에 따른 유사도 분석 결과 사행형 웅덩이(St. 7, MTP)와 급여울(St. 6, Riffle)이 80.8%로 유사성이 가장 높은 것으로 나타났으며, 사행형 웅덩이와 평여울(St. 5, Run)이 72.4%, 급여울과 평여울이 68.1%, 샛강(St. 9, SC)과 급여울이 64.6%, 폐쇄형 하도습지(구하도, St. 8, CUP-atp)와 개방형 하도습지(St. 3, CCP)가 63.8%, 샛강과 사행형 웅덩이가 62.3%, 낙차형 웅덩이(St. 1, STP)와 거석형 웅덩이(St. 2, RTP)가 62.1% 순으로 유사성이 분석되었다(Fig. 5).

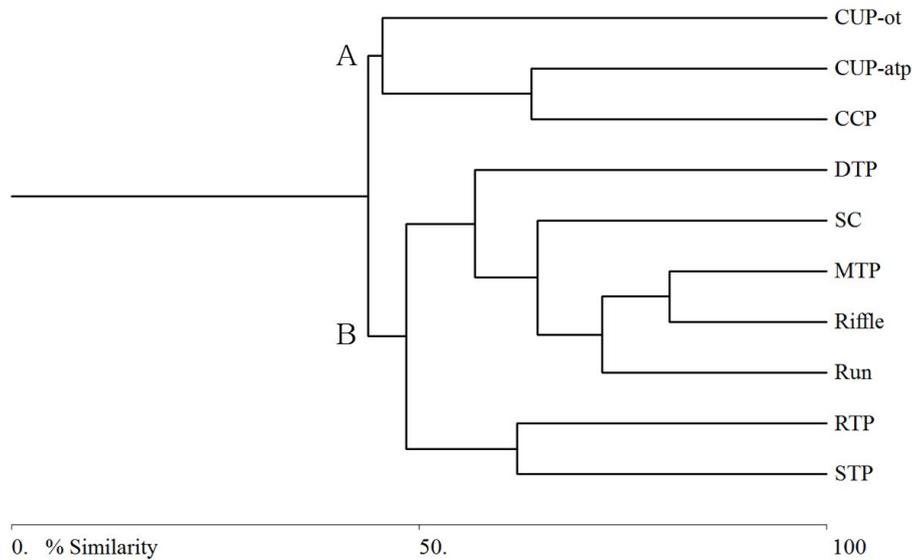


Fig. 5. Dendrogram for cluster analysis based on fish caught at each site in the Nonsan stream (STP: Substrate type pool, RTP: Rock type pool, CCP: Channel connected pool, CUP-ot: Channel unconnected pool - overflow type, MTP: Meander type pool, CUP-atp: Channel unconnected pool - abandoned type pool, SC: Side channel, DTP: Dam type pool).

서식처 유형에 따라 크게 두 개의 그룹으로 구분이 되었다. A그룹은 개방형 하도습지, 폐쇄형 하도습지(구하도), 폐쇄형 하도습지(범람형, St. 4, CUP-ot)로 구분되었으며, B그룹은 급여울, 사행형 웅덩이, 평여울, 샛강, 낙차형 웅덩이, 거석형 웅덩이, 댐형 웅덩이(St. 10, DTP)로 구분되었다. A그룹은 논산천이 우기시 범람하거나 유속 및 하상의 변화 등에 따라 형성되는 서식처 유형들이며, B그룹은 논산천 내에서 비교적 여울과 소가 반복되어 형성되는 유형으로 구분되었다. 이중 탐정저수지와 인접한 낙차형 웅덩이와 거석형

웅덩이는 댐형 웅덩이, 샛강, 사행형 웅덩이, 급여울, 평여울 서식처 유형들과 50% 미만의 유사성을 보였는데 이는 탐정저수지에서 논산천으로 유입되었을 것으로 생각되는 배스와 블루길의 높은 개체수 때문인 것으로 판단된다.

2) 주성분 분석(논산천)

주성분 분석결과 2개의 축(Axis)이 각각 48.6%, 24.2%의 고유값으로 나타나 총 고유값 72.8%로 분석되었다(Fig. 6).

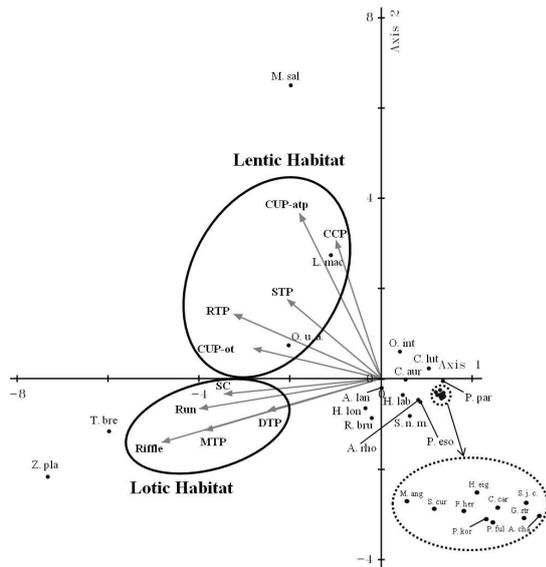


Fig. 6. Scatter plot for principal component analysis based on fish caught at 10 each site in the Nonsan stream (STP: Substrate type pool, RTP: Rock type pool, CCP: Channel connected pool, CUP-ot: Channel unconnected pool - overflow type, MTP: Meander type pool, CUP-atp: Channel unconnected pool - abandoned type pool, SC: Side channel, DTP: Dam type pool,

C.aur:*Carassiusauratus*,*C.car*:*Cyprinuscarpio*,*A.cha*:*Acheilognathuschankaensis*,*A.lan*:*Acheilognathuslanceolatus*,*A.rho*:*Acheilognathusrhombus*,*G.str*:*Gnathopogonstrigatus*,*H.lab*:*Hemibarbuslabeo*,*H.lon*:*Hemibarbuslongirostris*,*P.eso*:*Pseudogobioesocinus*,*P.par*:*Pseudorasboraparva*,*P.her*:*Pungtungiaherzi*,*S.n.m.*:*Sarcocheilichthysnigrispinnismorii*,*S.j.c.*:*Squalidusjaponicuscoreanus*,*O.u.a.*:*Opsariichthysuncirostrisamurensis*,*S.cur*:*Squaliobarbuscurriculus*,*Z.pla*:*Zaccopltypus*,*H.eig*:*Hemicultereigenmanni*,*C.lut*:*Cobitislutheri*,*M.ang*:*Misgurnusanguillicaudatus*,*P.ful*:*Pseudobagrusfulvidraco*,*P.kor*:*Pseudobagruskoreanus*,*L.mac*:*Lepomismacrochirus*,*M.sal*:*Micropterusalmodes*,*O.int*:*Odontobutisinterrupta*,*R.bru*:*Rhinogobiusbrunneus*,*T.bre*:*Tridentigerbrevispinis*).

Axis 1에서는 셋강(SC)과 상관성이 가장 높은 것으로 분석되었으며, Axis 2는 개방형 하도습지(CCP)와 상관성이 높게 나타나 각 지점들과 어류들을 위치시켰다. 셋강, 평여울(Run), 댐형웅덩이(DTP), 사형형 웅덩이(MTP), 급여울(Riffle)의 서식처 유형들은 피라미(*Z. pla*), 민물검정망둑(*T. bre*), 참마자(*H. lon*), 밀어(*R. bru*), 납자루(*A. lan*) 등과 같이 일반적으로 하천의 중하류에 서식하며, 하상구조가 모래, 자갈, 작은돌, 큰 돌 등이 다양하게 구성되어 있는 유수역 특성의 서식처 유형들과 상관성이 높은 것으로 분석되었다. 한편, 폐쇄형 하도습지(구하도, CUP-atp), 개방형 하도습지, 낙차형 웅덩이(STP), 거석형 웅덩이(RTP), 폐쇄형 하

도습지(범람형, CUP-ot)의 서식처들은 배스(*M. sal*), 블루길(*L. mac*), 꼬리(*O. u. a.*) 등과 같이 하상구조가 대부분 모래와 자갈이 풍부한 비교적 단순한 구조이며, 정수역의 특성이 나타나는 서식처 유형들과 상관성이 높은 것으로 분석되었다. 정수역의 특성이 나타나는 서식처 유형들은 생태계교란야생생물인 배스, 블루길과 상관성이 높게 나타났는데 이는 탐정저수지로부터 유입되어 낙차형 웅덩이, 거석형 웅덩이에서 서식을 하거나 금강으로 유입되는 논산천을 따라 이동하는 것으로 판단된다. 또한 개방형 웅덩이, 폐쇄형 하도습지(구하도), 폐쇄형 하도습지(범람형)에서는 우기시 논산천의 범람으로 인해 유입되어 서식하는 것으로 판단된다.

3) 주성분 분석(논산천, 양화천, 갑천, 탄천)

논산천(N), 양화천(Y), 갑천(G), 탄천(T)을 대상으로 공통된 서식처 유형인 댐형 웅덩이(DTP), 평여울(Run), 급여울(Riffle), 개방형 하도습지(CCP), 폐쇄형 하도습지(CUP)를 선정하여 주성분 분석을 실시하였다 (Fig. 7).

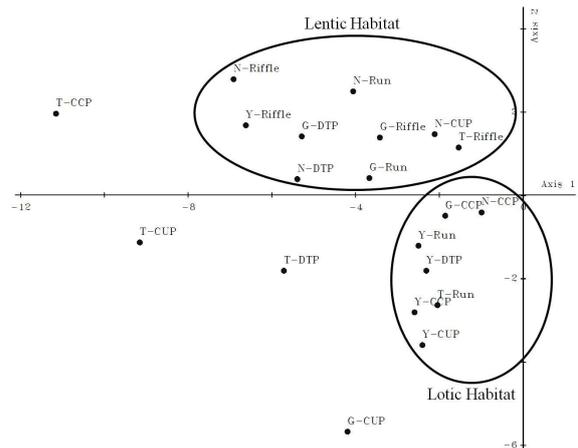


Fig. 7. Scatter plot for principal component analysis based on fish caught at 5 each site in the 4 streams (N: Nonsan stream, Y: Yanghwa stream, T: Tan stream, G: Gab stream, DTP: Dam type pool, CCP: Channel connected pool, CUP: Channel unconnected pool).

출현한 어류의 주성분 분석 결과 2개의 축(Axis)이 각각 35.7%, 16.7%의 고유값으로 나타나 총 고유값 52.4%로 분석되었다. Axis 1은 T-CUP와 상관성이 높은 것으로 분석되었으며, Axis 2는 Y-CUP와 상관성이 높게 분석되어 각 지점들을 위치시켰다. 크게 2개의 그룹으로 구분이 되었으며, 유수역의 특성이 나타나는

급여울 서식처 유형과 정수역의 특성이 나타나는 개방형 하도습지 서식처 유형으로 구분이 되었다. 하천별 서식처 유형 중 댐형 웅덩이, 평여울, 폐쇄형 하도습지는 서식처 유형에 따라 뚜렷한 구분이 나타나지 않았는데 이는 하천특성, 유폭, 수심, 유속, 하상구조 등 환경요인에 따라 하천별 서식하는 어류상의 차이에 따른 결과로 판단된다. 또한 서식처 유형별 여울과 소의 반복구간, 교차범위 및 순서 등의 차이가 서식하는 전체 어류상에 영향을 미쳤기 때문이다. 따라서 구분되는 서식처 유형이 같아도 하천별 어류상 및 유폭, 수심, 유속, 하상구조 등의 하천특성에 따른 차이가 우선시되며, 하천내에 위치한 서식처 유형들의 조성이 서식처 유형별 어류상의 차이로 나타나는 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 한국건설기술연구원 에코리버21 과제의 지원 및 2012년도 상지대학교 교내연구비에 의하여 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

REFERENCES

Bray, JR and Curtis JT (1957). An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin, *Ecological Monographs*, 27, pp. 325-349.

Byeon, HG and Son YM (2003). Study on the fish community and microhabitat in the Bokha stream of Namhan river system, *Korean J. of Ichthyology*, 15(4), pp. 295-302. [Korean Literature]

Choi, JK, Jang CR and Byeon, HK (2011). The characteristic of fish fauna by habitat type and population of *Zacco platypus* in the Tan stream, *Korean J. of Environment and Ecology*, 25(1), pp. 71-80. [Korean Literature]

Cummins, KW (1962). An evaluation of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special emphasis on lotic waters, *American Midland Naturalist*, 67(2), pp. 477-504.

Hur, JD, Park, JW and Kim, JK (2010). The fish fauna and community of Chogang stream, Korea, *Korean J. of Limnology*, 43(2), pp. 271-278. [Korean Literature]

Kaiser, HF (1958). The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis, *Psychometrika*, 23, pp. 187-200.

Kaiser, HF (1961). A note on Guttman's lower bound for the number of common factors, *British J. of Mathematical and Statistical Psychology*, 14, pp. 1-2.

Kim, HB and Ahn, KS (2006). An assessment on vegetation and fish diversity in natural urban stream, *J. of Wetlands Research*, 8(2), pp. 53-64. [Korean Literature]

Kim, IS (1997). *Illustrated Encyclopedia of Fauna & Flora of Korean*, Vol. 37 Freshwater Fishes, Ministry of education. [Korean Literature]

Kim, IS and Park, JY (2002). *Freshwater Fishes of Korea*, Kyohak Press Co., Seoul. [Korean Literature]

Kim, IS, Choi, Y, Lee, CL, Lee, YJ, Kim, BJ and Kim, JH (2005). *Illustrated Book of Korean Fishes*, Kyohak Press Co., Seoul. [Korean Literature]

Kim, SJ, Shin, MS, Kim, JK, Lee, JY, Jeong, KJ, Ahn, BY and Kim, BC (2012). Oxygen fluctuation monitored with high frequency in a eutrophic urban stream(the Anyang stream) and the effect of weather condition, *Korean J. of Limnology*, 45(1), pp. 34-41. [Korean Literature]

Korea Institute of Construction Technology (KICT). (2009). Ecoriver21 : *Characteristic of Stream's Environment Assessment with Habitat Type*, pp. 9-220. [Korean Literature]

Lee, DJ, Byeon, HG and Choi, JK (2009). Characteristics of fish community in Gap stream by habitat type, *Korean J. of Limnology*, 42(3), pp.340-349. [Korean Literature]

Lee, HG, Jang, CR and Choi, JK (2013). The characteristics of fish fauna by habitat type and population of *Zacco platypus* in the Hongcheon river, *Korean J. of Environment and Ecology*, 27(2), pp. 230-240. [Korean Literature]

Lee, KY, Jang, YS and Choi, JS (2006). Fish fauna and inhabitation of legally protected species in the Pyeongchang river, *Korean J. of Environment and Ecology*, 20(3), pp. 331-339. [Korean Literature]

Lee, SH, Lee, HG, Shin, HS and Choi, JK (2012). The characteristic of fish fauna and distribution by habitat type in the Yanghwa stream of the Namhan river basins, *Korean J. of Environment and Ecology*, 26(6), pp. 884-891. [Korean Literature]

Lee, WO, Kim, KH, Kim, JH and Hong, KE (2008). Study of freshwater fish fauna and distribution of introduced species of Mankyong river, Korea, *Korean J. of Ichthyology*, 20(3), pp. 198-209. [Korean Literature]

Margalef, R (1958). Information theory in ecology, *General Systematics*, 3, pp. 36-71.

McNaughton, SJ (1967). Relationship among functional properties of California grassland, *Nature*, 216, pp. 114-168.

Nelson, JS (2006). *Fishes of the World (4th ed.)*, Jhon Wiely & sons, Inc., Hoboken, New Jersey

Pielou, EC (1966). The measurement of diversity in different types of biological collections, *J. of Theoretical Biology*, 13, pp. 131-144.

Rutherford, DA, Echelle, AA and Maughan, OE (1987). *Changes*

- in the Fauna of the Little River Drainage, South-Eastern Oklahoma, 1948-1955 to 1981-1982*, Test of the hypothesis of environmental degradation, community and evolutionary ecology of North American stream fishes, University of Oklahoma, pp. 178-183.
- Shannon, CE and Weaver, W (1949). *The Mathematical Theory of Communication*, University of Illinois Press, Urbana.
- Song, HB and Kwon, OK (1993). Ecology of *Coreoleuciscus splendidus* Mori (Cyprinidae) in Hongchon river, *Korean J. of Limnology*, 26(3), pp. 235-244. [Korean Literature]
- Ward, JH, JR (1963). Hierarchical grouping to optimize an objective function, *J. of the American Statistical Association*, 58(301), pp. 235-44.
- Ward, JH, JR and Hook, ME (1963). Application of an hierarchical grouping procedure to a problem of grouping profiles, *Educational and Psychological Measurement*, 23, pp. 69-81.
- 논문접수일 : 2014년 03월 12일
 - 심사의뢰일 : 2014년 03월 17일
 - 심사완료일 : 2014년 04월 08일