

탄천의 서식처별 어류상과 피라미 개체군의 특징^{1a}

최준길² · 장창렬² · 변화근^{3*}

The Characteristic of Fish Fauna by Habitat Type and Population of *Zacco platypus* in the Tan Stream^{1a}

Jun-Kil Choi², Chang-Ryeol Jang², Hwa-Kun Byeon^{3*}

요 약

2009년 8월부터 2010년 4월까지 탄천 9개 미소서식지에서 어류상과 피라미 개체군의 특성을 조사하였다. 조사 기간동안 채집된 어류는 총 7과 17종개체가 확인되었다. 출현한 어종 중 한국고유종은 *Hemiculter eigenmanni*와 *Odontobutis interrupta*로 2종(11.8%)이었으며 국외도입종은 *Microterus salmoides* 1종 이었다. 우점종으로는 *Zacco platypus*, 아우점종으로는 *Carassius auratus* 이었다. 서식처별로는 댐형 웅덩이, 사행형 웅덩이, 평여울, 거석형 웅덩이 등에서 *Carassius auratus*가 우점하였고, *Pseudogobio esocinus*는 샛강, *Rhinogobius brunneus*는 급여울, *Z. platypus*는 개방형 하도습지, 낙차형 웅덩이, 폐쇄형 웅덩이 등에서 우점하였다. *Z. platypus*의 성장도와 비만도의 회귀계수 b값이 3.29의 값으로 나타났고 PCA 분석 결과 탄천에서 크게 3개의 Group으로 나누어졌다. 탄천의 서식처 별 Bray-Curtis Cluster 분석을 실시한 결과 낙차형 웅덩이와 폐쇄형 하도습지가 65.9%로 가장 유사한 것으로 나타났으며, 30.4%로 댐형 웅덩이와 급여울이 가장 대조적인 것으로 확인되었다.

주요어: 탄천, 미소서식처, 어류상, 피라미

ABSTRACT

The fish fauna and characteristics of population of *Zacco platypus* in the 9 microhabitat at the Tan Stream was investigated from August, 2009 to April, 2010. The collected species during the survey period were 17 species belong to 7 families. Korea endemic species were *Hemiculter eigenmanni* and *Odontobutis interrupta*, which showed a ration of 11.8% in collected species. Dominant species was *Z. platypus* and subdominant species was *Carassius auratus*. Dominated species of *C. auratus* was at the dam-type pool, Meander-type pool, run, and rock-type pool, *Pseudogobio esocinus* was side channel, *Rhinogobius brunneus* was riffle, and *Z. platypus* was channel connected pool, substrate-type pool and channel unconnected pool. Length-weight relationship in the population of *Z. platypus* was 3.29. PCA analysis was in to the 3 groups identified. Bary-curtis cluster analysis indicated that the substrate-type pool and channel unconnected pool 65.9% showed the most similar, riffle, and dam-type 30.4% were identified as the most contrast.

1 접수 2010년 12월 7일, 수정(1차: 2011년 2월 8일), 게재확정 2011년 2월 9일

Received 7 December 2010; Revised(1st: 8 February 2011); Accepted 9 February 2011

2 상지대학교 생명과학과 Dept. of Biological Sciences Sangji Univ., Wongju(220-702), Korea(fafega@naver.com)

3 서원대학교 과학교육과 Dept. of Science Education, Seowon Univ., Chungju(361-742), Korea(cottis@chol.com)

a 이 논문은 한국기술연구원(KITC) 에코리버 21(Eco-River 21) 과제의 지원을 받아 연구되었음.

* 교신저자 Corresponding author(cottis@chol.com)

KEY WORDS: TAN STREAM, MICROHABITAT, FISH FAUNA, *Zacco platypus*

서론

우리나라 하천생태계는 인공호 및 소형 저수지의 건설, 고령지 채소밭의 증가, 농업용 보 및 인공 제방 설치, 산간계곡의 사방 댐, 하상의 평탄화, 하상의 직강화, 골재채취, 무분별한 방생, 탄광폐수, 산업폐수, 생활하수 그리고 각종 토목공사 등에 의하여 크게 교란되고 있는 실정이다. 또한 하천은 다양한 생물서식처를 제공함에도 불구하고 산업화에 의한 개발 사업으로 서식처가 파괴되었으며 그 결과 환경변화와 하천생태계의 불완전화 등에 의해 멸종하게 되는 종들이 나타나고 있다(Park and Lee, 2008). 하천생태계는 여러 가지 요인들에 의하여 어류상의 변화를 유발 할 수 있으며 특히 인위적 간섭에 의한 환경 변화가 가장 큰 변화 요인이라 할 수 있다(Rutherford *et al.* 1987). 최근 들어 하천생태계에 관심이 높아지면서 생태적으로 교란된 하천을 복원하고 있으며 하천이 복개된 지역을 중심으로 하천을 복원하거나 인공하천을 만들어 자연형 하천으로 가꾸어 가고 있다(Kim and Aha, 2006). 자연형 하천을 통한 연구는 직강화와 콘크리트로 정비된 하천에서 생태적인 하천의 복원에 큰 역할을 한다고 할 수 있다. 최근 들어 인공적이고 획일적인 하천정비로 인한 문제점들이 노출되면서 인공화된 하천은 원래의 자연스러운 하천상태로 되돌리고자 하는 사회적 기술적 대안들이 다각적으로 모색되고 시험 적용되기에 이르렀으며 선진국에서는 이미 복원운동과 복원 기법이 시행 중이다. 우리나라의 경우 도시화에 따른 도시지역의 유출 특성이 많이 변화함에 따라 이에 따른 호우 시 도달시간의 단축과 침투유량의 증가로 피해를 입고 있는 실정이며 또한 이를 제어하기 위한 소하천의 정비가 지속적으로 이루어지고 있는 실정이다(Woo, 2001). 서식처 유형별 어류군집에 대한 연구는 Lee *et al.*, (2009)에 의해서 이루어졌으며 서식처 유형에 따른 갑천의 어류군집 특성에 대하여 언급하였다. Lee *et al.*, (2009)은 갑천의 자연형 구간 10개 지점 중 서식처 유형이 뚜렷한 7개 지점을 선정하였다. 도시하천에 속하는 탄천은 수질오염과 하천 개수로 인위적인 교란이 심화된 상태이다. 경기도 용인시 기흥구 창덕동에서 발원된 탄천은 서울시 송파구 세곡동의 대곡교를 지나 서울시로 진입하여 서울종합운동장 아래에서 한강으로 유입되는 도시 하천으로 한강하류 수질에도 큰 영향을 미치고 있다. 탄천의 중류지역은 1990년대 초부터 형성된 용인시 수지구와 성남시 분당구 등의 인구밀집지역과 성남시 하수종말처리장을 지나면서부터 상류지역에 비해 수질오염의 정도가 심

화되고 있으며 한강 유입부까지 채널화된 하천으로 생물유지 능력이 감소되어 온 하천 중의 하나이다. 특히 탄천 하류의 주요지천인 양재천이 합류되는 서울시 강남 면허시험장에서 한강 유입부까지는 하천양안 수변대와 고수부지가 시멘트와 되어 있는 Box형 하천으로 생물 서식처가 거의 상실된 실정이다(Bae *et al.*, 1997). 탄천은 자연상태의 하천으로 서식처가 복원되어야 어류의 종다양성이 증가하고 안정적인 어류 군집을 유지할 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 본 연구는 탄천의 서식처 유형별 9개 지점을 대상으로 어류 군집의 생태적 특성을 밝히고, 생물 서식처 조성 시 필요한 기초자료를 제공하고자 수행되었다.

재료 및 방법

1. 조사지점 및 시기

조사지점은 각 서식처 유형을 달리하는 탄천 9개 지점을 선정하였으며, 각 지점의 행정구역 명칭과 조사 지점명은 다음과 같다(Figure 1, Table 1).

현장조사 기간은 2009년 8월부터 2010년 4월까지 총 3회에 걸쳐 실시하였으며 조사 시기는 다음과 같다(1차 조사; 2009년 08월 06일 ~ 07일, 2차 조사; 2009년 10월 21일 ~ 22일, 3차 조사; 2010년 04월 08일 ~ 09일).

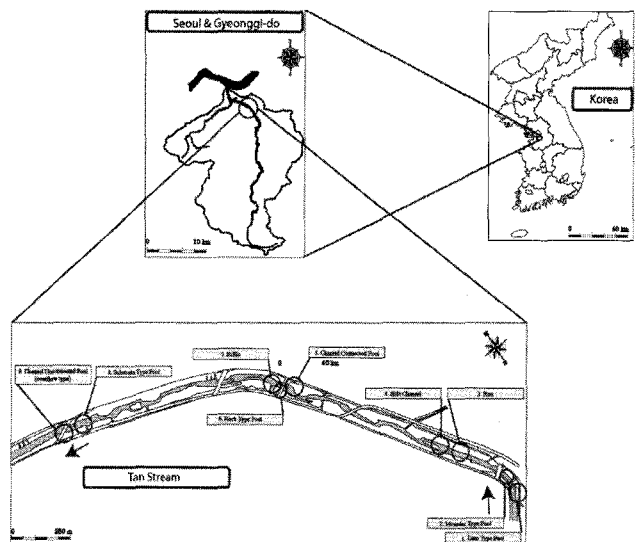


Figure 1. The map showing the Tan Stream study area

Table 1. Tan Stream study area

Site	Prefecture	GPS	Type
St. 1	Munjeong 2-dong, Songpa-gu, Seoul, Korea	N 37°27'13.9" E 127°07'24.3"	Dam Type Pool
St. 2	Munjeong 2-dong, Songpa-gu, Seoul, Korea	N 37°28'3.6" E 127°07'23.7"	Meander Type Pool
St. 3	Munjeong 2-dong, Songpa-gu, Seoul, Korea	N 37°28'31.7" E 127°07'06.7"	Run
St. 4	Munjeong 2-dong, Songpa-gu, Seoul, Korea	N 37°28'28.6" E 127°07'28.6"	Side Channel
St. 5	Munjeong 2-dong, Songpa-gu, Seoul, Korea	N 37°29'21.2" E 127°06'34.9"	Channel Connected Pool
St. 6	Munjeong 2-dong, Songpa-gu, Seoul, Korea	N 37°29'21.2" E 127°06'27.4"	Rock Type Pool
St. 7	Garak 1-dong, Songpa-gu, Seoul, Korea	N 37°29'22.6" E 127°06'27.4"	Riffle
St. 8	Jamsilbon-dong, Songpa-gu, Seoul, Korea	N 37°29'58.7" E 127°05'07.5"	Substrate Type Pool
St. 9	Jamsilbon-dong, Songpa-gu, Seoul, Korea	N 37°30'02.1" E 127°04'57.1"	Channel Unconnected Pool

2. 조사방법

1) 채집 및 동정

어류의 채집은 정량조사를 위하여 투망(5×5 mm)과 족대(4×4 mm)를 각각 15회, 40분간 실시하였다. 채집된 어류는 현장에서 동정 후 생태계 보전을 위해 대부분 방류하였고, 일부 세밀한 동정을 요하는 개체만 10% Formalin 용액으로 고정한 후 실험실로 운반하였다. 어류의 동정은 국내에서 발표된 검색표(Kim and Park, 2002; Kim *et al.*, 2005; Kim, 1997)를 이용하였고, 분류체계는 Nelson(2006)을 따랐다.

2) 서식지의 물리·화학적 특성분석

서식지 내 물리·화학적 특성분석은 현장조사와 실험실로 구분하였다. 수심, 유속, 하상구조는 2009년 8월에 현장에서 조사하였고, 이 중 수심 및 유속은 조사 지점별로 1 m의 간격을 두고 횡단 측량을 실시하였다. 수심은 Total Station (타콘 DT-209P)을 이용하여 실시하였고, 유속은 Flowmeter Pottable FLO-MATE(2000)을 이용하였으며, 하상구조는 Cummins (1962)에 의거하여 현장에서 육안으로 관찰하였다. 화학적 특성은 2009년 8월, 10월, 2010년 4월 등 총 3차례에 걸쳐 현장에서 수온, pH, EC, DO 등을 측정하였으며, 실험실에서는 SS, BOD, T-N, T-P 등을 분석하였다. 현장조사에서 실시한 수온, pH, EC, DO는 Hach-HQ40d를 이용하였으며, 실험실 내에서 분석이 이루어진 SS, BOD, T-N, T-P 등은 수질공정시험법에 준하여 실시하였다.

3) 군집분석

군집분석은 각 조사지점에서 개체수를 기준으로 우점도 (McNaughton, 1967), 다양도(Margalef, 1958), 균등도 (Pielou, 1966) 및 종풍부도(Margalef, 1958)를 산출하였다.

4) 전장-체장 상관관계

각 조사지점에서 지표종으로 선정한 피라미(*Zacco platypus*)에 대하여 전장-체장 상관관계를 이용하여 피라미 개체군의 성장정도를 평가하였다. 어류의 성장도와 비만도 분석은 주어진 환경에서 어류의 건강상태나 생식능력의 정도를 파악할 수 있을 뿐만 아니라 서식환경의 서식처 등급, 수질 및 피식자 이용능력 등의 다양한 정보를 제공하는 지표로서 이용된다(Anderson and Gutreuter, 1983; Busacker *et al.*, 1990; Ney, 1993).

5) 비만지수

성장도와 함께 비만지수는 어류의 건강성 및 개체군 평가에서 광범위하게 사용되어 왔다. 높은 비만지수는 일반적으로 어류에 있어 풍부한 먹이원 유용을 반영하는 높은 에너지 축적으로 설명되고 있다. 이는 특히 생활하는 하수 및 유기물 오염에 인한 지역에 서식하는 어류에 많이 나타나기도 한다(Adams *et al.*, 1992; Colinvaux, 1993). 반면에 영양결핍, 질병 또는 중금속에 의한 수질오염과 같은 경우 어류에 작간접적으로 영향을 주어 결과적으로 낮은 비만지수를 보이기도 한다(Möller, 1985; Miller *et al.*, 1992; Adams, 2002). 특히 오염원으로 인한 질병을 어류의 섭식

활동을 교란하여 빈약한 먹이섭취를 유도하며 체내에서 면역시스템 내에서 추가적 에너지 소모를 통해 체중감소로 이어져 상대적으로 낮은 비만지수를 나타낸다(Sindermann, 1990; Schmitt and Dethloff, 2000). 비만지수(condition factor, K 또는 CF)를 Anderson and Neumann(1966)를 따랐다. $K = W/TL^3$, $W = \text{weight}$, $TL = \text{total length}$

6) 유사도 분석(Bary- Curtis similarity)

유사도 분석은 Bary and Curtis의 식을 이용하였다(1957).

결과 및 고찰

1. 조사지 개황

한강의 지류인 탄천의 구간중 약 5.5 km를 서식처 유형

에 따라 댐형 웅덩이(Dam-type pool, St. 1), 사행형 웅덩이(Meander-type pool, St. 2), 평여울(Run, St. 3), 샛강(Side channel, St. 4), 개방형 하도습지(Channel connected pool, St. 5), 거석형 웅덩이(Rock-type pool, St. 6), 급여울(Riffle, St. 7), 낙차형 웅덩이(Substrate-type pool, St. 8), 폐쇄형 하도습지(Channel unconnected pool, St. 9) 등 미소서식처로 구분하였다. 미소서식처 구분은 자연과 함께하는 하천복원 기술개발연구원(Ecoriver 21, 2008)의 기준을 따랐으며 각 미소서식처의 수환경 분석은 다음과 같다(Table 2, 3). 유힬은 25~30 m로 댐형 웅덩이와 사행성 웅덩이에 다소 깊었고 평여울에서 가장 낮았다. 수심은 댐형 웅덩이와 사행성 웅덩이에서 깊었고 급여울에서 40 cm 이하로 낮았다. 유속은 급여울(1.07 m/sec)과 샛강(0.36~0.86 m/sec)로 빨랐고 그 외 조사 수역은 0.7 m/sec로 느렸다. 하상구조는 대부분 조사 수역에서 조약돌(pebble), 자갈(gravel), 모래(sand) 등이 풍부하였다. 용존산소(DO)는 7.5~11.1 mg

Table 2. Physical factor of the surveyed each site in the Tan Stream

Station	River width (m)	Water depth (cm)	Water current (m/sec)	Bottom Structure					
				*B	C	P	G	S	
1	25~30	15~109	0.17	2	3	3	3	2	
2	25~30	10~117	0.49	2	3	3	3	2	
3	50~70	0~73	0.57	2	2	3	3	3	
4	37~40	12~68	0.36~0.86				3	3	4
5	35~40	11~29	0.15				2	4	4
6	60~71	1~54	0.68	2		3	3	2	
7	30~35	0~37	0.3~1.55	2		3	3	2	
8	35~40	1~79	1.07	2	3	3	3	2	
9	37~40	14~40	-				3	3	4

*B : 큰 돌(Boulder, >256 mm), C : 작은 돌(Cobble, 64~256 mm), P : 조약돌(Pebble, 16~62 mm), G : 자갈(Gravel, 2~16 mm), S : 모래(Sand, 0.06~2mm)

Table 3. Environmental factors of the surveyed each site in the Tan Stream

Site	WT (°C)	DO (mg L ⁻¹)	pH	SS (mg L ⁻¹)	BOD (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	T-N (mg L ⁻¹)	T-P (mg L ⁻¹)	EC (ms/cm)
1	14.1~26.2	7.5~9.7	7.6~9.0	2.4~16.6	5~8.2	8.8~11.6	4.8~12.6	0.5~0.8	444.7~522.0
2	13.4~25.9	8.0~9.3	7.5~7.8	5.2~29.6	1~8	10.8~15.6	4.2~11.8	0.6~0.8	439~512.0
3	13.9~27.7	8.0~10	7.5~8.1	7.6~8.2	1.6~2.8	7.0~10.4	4.1~11.2	0.5~0.7	432.0~495.0
4	14.5~28.4	9.1~11.1	7.5~7.8	6.8~8.4	3.1~4.4	7.2~10.4	5.2~10.4	0.6~0.7	492.0~532.0
5	13.4~27.9	9.4~9.9	7.7~8.1	4.8~6.0	0.8~3.0	5.6~7.8	1.3~3.5	0.2~0.6	330.4~433.0
6	13.9~28.5	9.2	7.4~8.0	1.2~5.6	0.4~4.2	6.4~9.6	4.2~10.4	0.5~0.7	436.0~485.0
7	14.5~27.1	9.3~9.4	7.3~8.4	7.2~21.6	1.2~4.2	7.8~10.4	5.6~11.6	0.5~0.7	486.0~532.0
8	13.4~26.5	8.8~9.4	7.4~8.6	3.6~4.8	1.6~8.8	7.4~12.4	7.1~16.2	0.2~1.1	532.0~594.0
9	8.2~26.5	9.2~10.0	7.7~9.0	9.2~30.4	1.6~4.2	9.4~16.8	2.1~9.6	0.2	156.7~1055.0

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

L-1로 전 조사 구역에서 어류가 서식하기에 적합한 상태를 유지하고 있었고 pH는 7.4~9.0으로 다소 강한 알칼리성 상태를 유지하고 있었다. 불용성 부유물질(SS)는 1.2~30.4 mg L-1로 다소 높은 상태를 유지하고 있었고 폐쇄형 하도습지 내에서 가장 높았다. BOD는 0.4~8.8 mg L-1로 개방형 하도습지 내에서 0.4 ~ 3.0 mg L-1로 가장 낮았다. 이는 유기물 유입량이 다른 조사 구역에 비해 적은 상태에서 하천 생물에 의해 유기물이 다소 분해 및 흡수가 된 것으로 생각된다. COD는 5.6~16.8 mg L-1로 다소 높았고 총 질소(T-N)와 총 인(T-P)도 높은 상태를 유지하고 있었다. 이는 상류역에서 비점오염원인 생활하수, 농경지 비료 성분, 축산 폐수 등이 유입과 하수처리수의 영향을 받고 있기 때문인 것으로 생각된다. 전기전도도(EC)는 432~1055 ms/cm로 높았다.

2. 종 조성 및 서식현황

조사 기간 동안 출현한 어종은 총 7과 17종 315개체가 확인되었다(Table 4). 조사지점별로 출현 종수를 살펴보면 댐형 웅덩이(St. 1)에서 6종 20개체가 확인되었고, 사행형 웅덩이(St. 2)에서 8종 32개체, 평여울(St. 3)에서 5종 7개체, 셋강(St. 4)에서는 4종 23개체, 개방형 하도습지(St. 5)는 4종 19개체, 거석형 웅덩이(St. 6)에서 6종 24개체, 급여울(St. 7)은 2종 23개체, 낙차형 웅덩이(St. 8)에서는 8종 66개체, 폐쇄형 하도습지(St. 9)에서 8종 101개체가 조사되었다. 조사지점 중 St. 2, 8, 9에서 8종으로 가장 많은 종수가 확인되었으며 반면 St. 7에서 2종 23개체로 가장 빈약하였다. 탄천은 여울부에 서식하는 어류가 매우 빈약하였는데 이는 수환경 교란으로 여울부가 어류 서식지로 안정적인 미소서식처로 이용되지 못하는 것으로 판단된다. 반면 하도내 폐쇄형 웅덩이가 보다 다양한 어류가 서식하는 미소서식처로 변화하였다. 갑천(Lee et al., 2000)에서는 미소서식처 중 소, 징검여울, 댐형 웅덩이 등에서 출현종과 출현개체수가 풍부하였고 폐쇄형 웅덩이에서 출현종과 출현 개체수가 가장 빈약하여 탄천과 큰 차이를 나타내었다. 인위적인 교란이 없이 자연성이 잘 보존된 갑천은 유속이 빠른 징검여울, 여울부와 접하는 소, 여울부와 접하는 댐형 웅덩이 등이 다양한 어류가 서식하기에 적합한 미소서식처로 이용되고 있으나 탄천은 수질오염과 인위적인 교란이 심하게 발생하였던 구역으로 차리가 발생한 것으로 판단된다.

출현한 어종 잉어과(Cyprinidae) 어종이 11종(64.7%)이 출현하였고, 종개과(Balitoridae), 미꾸리과(Cobitidae), 송사리과(Adrianichthyidae), 검정우럭과(Centrachidae), 동사리과(Odontobutidae), 망둑어과(Gobiidae) 등이 각각 1종(5.6%) 씩 확인되었다(Figure 2). 출현한 어종 중 한국 고유

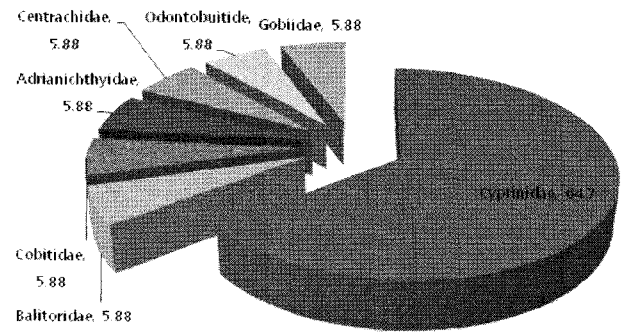


Figure 2. Percentage of family in the Tan Stream

종은 치리(*Hemiculter eigenmanni*), 얼룩동사리(*Odontobutis interrupta*)로 총 2종이 나타났으며, 생태계 교란 야생 동식물 중이며 국외도입종인 베스(*Micropterus salmoides*)가 1개체(0.3%)가 확인되었다.

탄천에서 출현한 어종 중 개체 수 비율이 가장 높은 어종은 피라미(*Zacco platypus*)로 113개체(35.9%)를 차지하였고 다음으로는 붕어(*Carassius auratus*) 92개체(29.2%), 밀어(*Rhinogobius brunneus*) 37개체(11.7%) 등의 순으로 나타났다(Figure 3). 탄천의 9개 구간 중 붕어가 댐형 웅덩이(St. 1), 사행형 웅덩이(St. 2), 평여울(St. 3), 셋강(St. 4), 개방형 하도습지(St. 5), 거석형 웅덩이(St. 6), 낙차형 웅덩이(St. 8), 폐쇄형 하도습지(St. 9) 등 8개 구간에서 확인되었으며, 피라미는 댐형 웅덩이(St. 1), 사행형 웅덩이(St. 2), 셋강(St. 4), 개방형 하도습지(St. 5), 낙차형 웅덩이(St. 8), 폐쇄형 하도습지(St. 9) 등 6개 구간에서 나타났다. 탄천의 우점종으로 확인된 피라미는 우리나라 담수어류 중 하천 중하류에서 가장 흔히 볼 수 있는 어종이다. 아우점종으로 나타난 붕어는 수초대가 발달되어 있는 정수역에 흔히 나타나며 오염에 대한 내성도가 강한 어종으로 알려져 있다. 탄천은 수초대가 잘 발달되어 있으며 상류지역에 위치해 있는

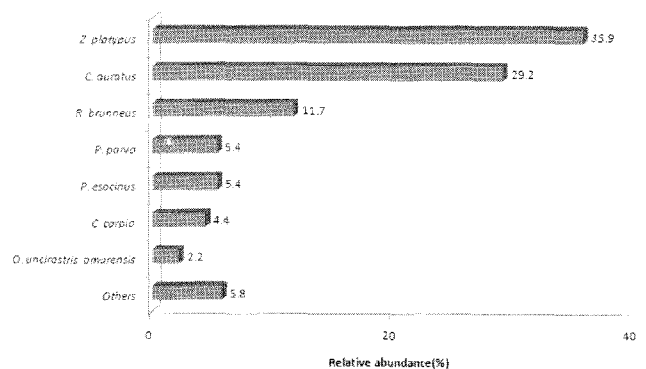


Figure 3. Relative abundance of the fish species collected in the Tan Stream

Table 4. A list and individual number of fish collected at each site in the Tan Stream

Species	Stations									Total	R.A.	Remarks
	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7	St. 8	St. 9			
Cyprinidae 잉어과												
<i>Carassius auratus</i> 붕어	7	16	2	4	2	10		20	31	92	29.2	
<i>Cyprinus carpio</i> 잉어	3	2				4		1	4	14	4.4	
<i>Rhodeus notatus</i> 떡납줄갱이								1		1	0.3	
<i>Gnathopogon strigatus</i> 줄몰개	2									2	0.6	
<i>Hemibarbus labeo</i> 누치	1	1								2	0.6	
<i>Pseudogobio esocinus</i> 모래무지		1	2	9		2	1	2		17	5.4	
<i>Pseudorasbora parva</i> 참붕어		1				2		3	11	17	5.4	
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> 벵들치		1	1					1		3	1.0	
<i>Opsarichthys uncirostris amurensis</i> 꼬리								7		7	2.2	
<i>Zacco platypus</i> 피라미	5	9		4	14			31	50	113	35.9	
<i>Hemiculter eigenmanni</i> 치리						1				1	0.3	E
Balitoridae 종개과												
<i>Orthrias nudus</i> 대륙종개									1	1	0.3	
Cobitidae 미꾸리과												
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i> 미꾸리					2				1	3	1.0	
Adrianchthyidae 송사리과												
<i>Oryzias sinensis</i> 대륙송사리					1					1	0.3	
Centrarchidae 검정우럭과												
<i>Microterus salmoides</i> 배스									1	1	0.3	
Odontobutidae 동사리과												
<i>Odontobutis interrupta</i> 얼룩동사리			1						2	3	1.0	E
Gobiidae 망둑어과												
<i>Rhinogobius brunneus</i> 밀어	2	1	1	6		5	22			37	11.7	
No. of family	2	2	3	2	3	2	2	1	5	7		
No. of species	6	8	5	4	4	6	2	8	8	17		
No. of individual	20	32	7	23	19	24	23	66	101	315		

E : Korea endemic species, R.A. : Relative abundance (%)

하수처리장에서 배출수가 유입되고, 정수역이 많아 내성이 강한 붕어가 서식하기 좋은 지역으로 판단된다.

생태계 교란 야생 동·식물종인 배스가 폐쇄형 하도습지 (St. 9)에서 출현하였는데 이를 지속적으로 방치할 경우 생태계 교란요인으로써 작용할 수 있을 것으로 판단된다. 개체수 구성비가 1.0%이하로 낮게 나타난 어종은 떡납줄갱이 (*Rhodeus notatus*), 누치(*Hemibarbus labeo*), 줄몰개(*Gnathopogon strigatus*) 등을 포함하여 총 10종으로 확인되었다.

3. 우점종

탄천의 우점종과 아우점종을 살펴본 결과 우점종으로는 피라미로 확인되었으며 아우점종으로는 붕어로 나타났다. 이와 같은 결과는 탄천의 경우 대부분의 지점의 유속이 느리며 수초대가 잘 발달되어 있으며 오염이 되어 있어 내성이 민감한 종보다 내성이 강한 종이 좀 더 서식하기 적합하다고 판단된다. 지점별 우점종을 살펴보았을 때 다음과 같은 결과가 나타났다. St. 1에서 붕어가 우점종으로 확인되었으며, 아우점종으로는 피라미가 확인되었다. 이는 댐형 웅덩이 상류 쪽에서 배출수가 유입되고 있었으며 유속이 완만하여 내성이 강한 붕어가 서식하기 적합한 환경으로 판단된다. St. 2에서 댐형 웅덩이와 마찬가지로 붕어가 우점종으로 확인되었으며 아우점종 역시 댐형 웅덩이와 같은 결과가 나타났다. 사행형 웅덩이에서 댐형 웅덩이와 똑같은 결과가 나타난 이유는 댐형 웅덩이와 사행형 웅덩이가 연결되어 있으며 역시 배출수의 유입으로 내성이 강한 종이 민감한 종보다 서식하기 적합한 환경을 갖추고 있기 때문인 것으로 판단된다. St. 3의 경우 붕어와 모래무지(*Pseudogobio esocinus*)가 같은 개체수로 확인되었는데 Bio-mass로 확인한 결과 붕어가 우점종으로 확인되었으며 아우점종으로는 모래무지로 확인되었다. 이와 같은 결과가 나타난 이유로는 붕어는 유속이 완만하며 수초대가 잘 발달되어 있는 곳을 선호하는 특성이 있는데 평여울의 경우 유속이 완만하며 수초대가 잘 형성되어 있어 붕어가 서식하기 적합한 환경으로

판단되며 모래무지는 하상구조가 모래로 형성되어 있는 곳을 선호하는 특성이 있다. 평여울의 하상구조는 모래가 풍부한 구조를 하고 있어 모래무지가 서식하기 적합한 것으로 판단된다. St. 4를 살펴본 결과 우점종으로 모래무지로 확인되었으며 아우점종으로는 밀어로 나타났다. 모래무지가 우점종으로 나타난 이유는 셋강은 평여울과 연결되어 있으며 평여울과 마찬가지로 모래가 풍부한 하상구조를 띄고 있어 모래무지가 우점종으로 나타난 것으로 판단되며 밀어의 경우 하천의 종류와 종류의 여울, 하류까지 고루 퍼져서 사는 특성이 있다. 셋강의 경우 급여울과 비슷한 서식 환경을 가지고 있어 밀어가 서식하기 적합하다고 판단된다. St. 5에서 우점종은 피라미로 확인되었으며 아우점종으로는 붕어로 나타났다. 피라미의 경우 우리나라 담수어류 중 하천 중하류에서 가장 흔히 볼 수 있는 어종이다. St. 6의 경우 우점종은 붕어로 나타났으며 아우점종의 경우 잉어 (*Cyprinus carpio*)로 확인되었다. 거석형 웅덩이의 경우 급여울과 비슷한 환경을 가지고 있으며 수초대가 빈약하게 형성되어 있어 붕어와 잉어같이 정수역을 선호하는 어종이 서식하지 부적합한 환경이지만 다리 밑에 부분적으로 정수역을 선호하는 소가 형성되어 있어 서식하는 것으로 판단된다. St. 7의 경우 거석형 웅덩이와 연결되어 있으며 우점종으로는 밀어로 확인되었다. St. 8에서는 피라미가 우점종으로 나타났으며 아우점종으로 붕어로 확인되었다. 폐쇄형 웅덩이의 경우에도 우점종으로는 피라미가 아우점종으로는 붕어로 나타났었다(Table 5).

4. 군집분석

탄천의 우점도, 다양도, 균등도, 종 풍부도 지수를 통한 군집분석 결과는 Table 6와 같이 나타났다. 우점도 지수는 특정종이 우세한 정도를 나타낸 것으로 St. 7에서 1.00으로 가장 높게 나타났으며, St. 4, St. 6에서 0.64의 값으로 가장 낮게 확인되었다. 다양도 지수는 군집 내의 종의 종 풍부도의 정도와 개체수의 상대적 균형을 나타내는 것으로 1.61의

Table 5. Dominant species and Sub-dominant species at each site in the Tan Stream

Site	Dominant species	Sub-dominant species
St. 1	<i>Carassius auratus</i> (35.0%)	<i>Zacco platypus</i> (25.0%)
St. 2	<i>Carassius auratus</i> (50.0%)	<i>Zacco platypus</i> (28.1%)
St. 3	<i>Carassius auratus</i> (28.6%)	<i>Pseudogobio esocinus</i> (26.1%)
St. 4	<i>Pseudogobio esocinus</i> (39.1%)	<i>Rhinogobuis brunneus</i> (26.1%)
St. 5	<i>Zacco platypus</i> (73.7%)	<i>Carassius auratus</i> (10.5%)
St. 6	<i>Carassius auratus</i> (41.7%)	<i>Rhinogobuis brunneus</i> (20.8%)
St. 7	<i>Rhinogobuis brunneus</i> (95.7%)	<i>Pseudogobio esocinus</i> (4.3%)
St. 8	<i>Zacco platypus</i> (47.0%)	<i>Carassius auratus</i> (30.3%)
St. 9	<i>Zacco platypus</i> (49.5%)	<i>Carassius auratus</i> (30.7%)

Table 6. Community indices at each site in the Tan Stream

site	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7	St. 8	St. 9
DI	0.71	0.86	0.75	0.64	0.84	0.64	1.00	0.77	0.80
H'	1.61	1.42	0.99	1.33	0.85	1.54	0.18	1.39	1.29
E	0.82	0.65	0.95	0.97	0.62	0.87	0.26	0.67	0.62
RI	1.76	1.48	1.44	0.97	1.02	1.62	0.32	1.67	1.52

값을 나타낸 St. 1에서 가장 높게 확인되었으며, St. 7에서 0.18의 값으로 가장 낮은 값으로 분석되었다. 균등도 지수는 군집내의 종의 균일한 정도를 나타내는 것으로 St. 4이 0.97의 값으로 가장 높게 분석되었으며, St. 7에서 가장 낮은 분석 결과가 나타났다. 종 풍부도 지수는 총 개체수와 총 종수만을 가지고 군집의 상태를 표현하는 지수로 St. 1에서 1.76의 값으로 가장 높게 확인되었으며, St. 7에서 0.32로 가장 낮은 값으로 분석되었다. 탄천을 전체적으로 군집 분석을 한 결과 우점도 지수가 낮으며 다양도, 균등도와 종 풍부도 지수가 높은 값으로 분석된 St. 6가 가장 어류가 서식하기에 적합한 환경으로 판단되며 St. 7에서 군집의 안정성이 낮았다.

5. Length-Weight Relationship

피라미가 전 조사 구역에서 가장 풍부한 우점종으로 출현하였으며 탄천에서 있어 본 종의 생육상태를 파악하고자 성장도와 비만도를 측정하였다. 이에 사용된 어류는 전장 8 cm 이상 되는 것을 이용하였으며 각 조사 시기마다 30마리씩 분석하였다. 탄천의 지표종인 피라미의 성장도와 비만도를 분석한 결과 회귀계수 b 값이 3.29의 값으로 나타나 양호한 것으로 확인되었으며, 회귀계수 b 값이 3.0보다 높게 나타난 것을 보아 탄천의 피라미 개체군이 안정적인 생활을 하고 있음을 알 수 있었다(Figure 4). 또한 피라미 개체군의 비만 지수를 분석한 결과 비만 지수 기울기 값이 0.0027의

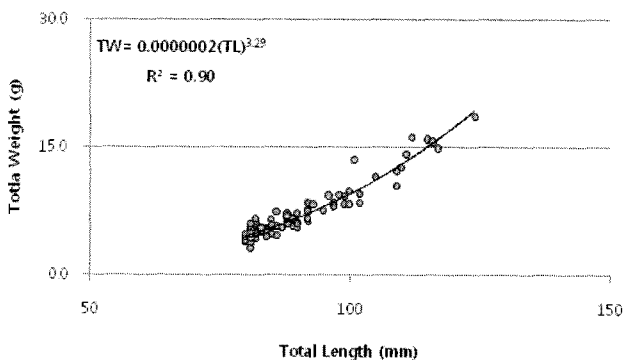


Figure 4. Length-Weight relationship for *Zacco platypus* population collected in the Tan Stream

양의 값을 보이며 안정된 개체군을 보였는데, 이는 수환경이 피라미가 서식하기에 안정적이라는 것을 의미하는 것으로 판단된다(Figure 5). 황성호의 피라미 개체군은 b 값이 3.35 이었고 댐 유입하천에서 3.09, 댐 하류부에서는 3.15 (장 등, 2007) 이었다. 탄천의 경우 황성담호에 비해서는 낮았으나 섬강 본류역인 댐 유입부와 하류부 높았다. 섬강 본류역 보다 b 값이 높았는데 탄천은 섬강에 비해 유기물량이 풍부하여 피라미 생육에 긍정적으로 작용한 것으로 판단된다.

6. PCA 분석

탄천에 대해 서식처 별 PCA 분석 결과 3개의 Group으로 확인되었다. Group I은 급여울, 평여울, 거석형 웅덩이로 확인되었는데 이는 3개의 지점이 여울의 형태를 갖추고 있어 비슷한 어종이 확인되어 하나의 Group을 형성한 것으로 판단된다. Group II는 셋강, 사행형 웅덩이, 댐형 웅덩이로 나타났으며, 이는 3개의 지점이 하상구조가 비슷한 형태를 가지고 있어 어종이 유사하게 나타나 하나의 Group이 된 것으로 판단된다. 마지막 Group III에서는 낙차형 웅덩이, 폐쇄형 하도습지, 개방형 하도습지로 확인되었으며, 3개의 지점 역시 하상구조가 비슷하여 하나의 Group이 된 것으로 판단된다(Figure 6).

7. Bray-Curtis Cluster 분석

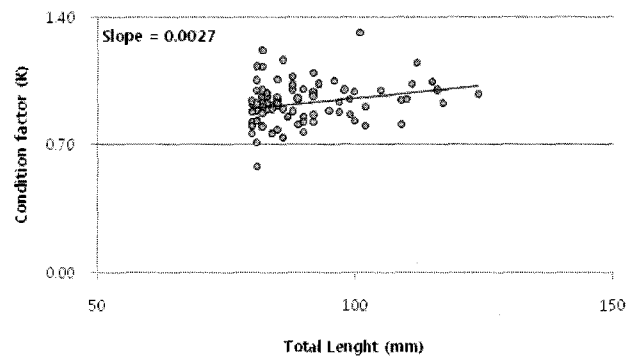


Figure 5. Condition factor (K) for *Zacco platypus* population collected in the Tan Stream

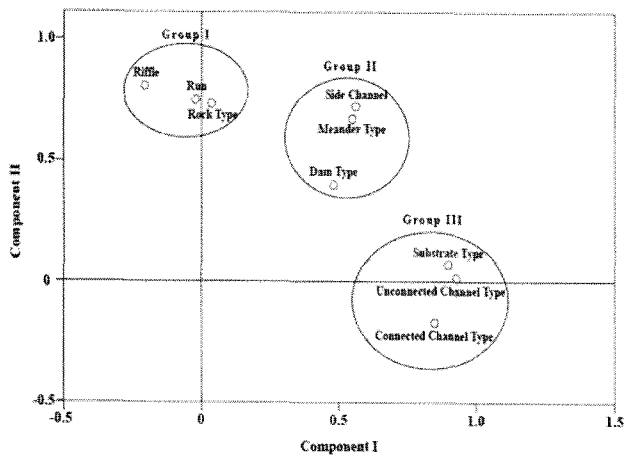


Figure 6. Frist two axes of principal components analysis 9 sampling sites in Tan Stream by PCA

탄천의 서식처 별 Bray-Curtis Cluster 분석을 실시하였다. 탄천에 대한 서식처 별 유사도를 분석한 결과 유사도가 가장 높은 지점은 St. 8과 St. 9가 65.9%로 나타나 가장 비슷한 어류상을 가지고 있는 것으로 확인되었으며, 그 다음으로는 St. 1과 2가 61.5%, St. 1과 8은 59.1%의 유사성을 보였다. 반면 St. 1과 7에서 30.4%의 유사성을 보이면서 대조적인 양상을 나타내었다(Figure 7).

인용문헌

Adams, S.M.(2002) Biological indicators of aquatic ecosystem stress. American Fisheries Society, Benthesda, Maryland.

Adams, S.M., W.D. Crumby, M.S. Greeley, Jr. L.R Shugart and C.F. Saylor(1992) Responess of fish populations and communities to pulp mill effluents : a holistic assessment. *Ecotoxilogy and Environment* 243: 347-360.

Anderson, R. and S. Gutreuter(1983) Length, weight and associated structural indices. In: *Fisherises technuques*. L. Nielsen and D. Johnson (Eds). American Fisherise Society, Benthesda, Md, pp. 283-300.

Anderson, R.O. and R.M. Neumann(1996) Length, weight, and associated structural indices. Pages 447~482 in B.R. Murphy and D.W. Willis, editor. *Fisheries Society*, Bethesda, Maryland.

Bae, K.S., B.K. Koo, S.K. Han, J.Y. Shin and S.B. Park(1997) An Ecological Study on the Aquatic Animal Community in Tan Stream, Seoul. *Kor. J. Env. Hlth. Soc.*, 23(4): 1-8. (In Korean with English abstract)

Bary, J.R. and J.T. Curtis(1957) And ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Eco. Monogr.* 27: 325-349.

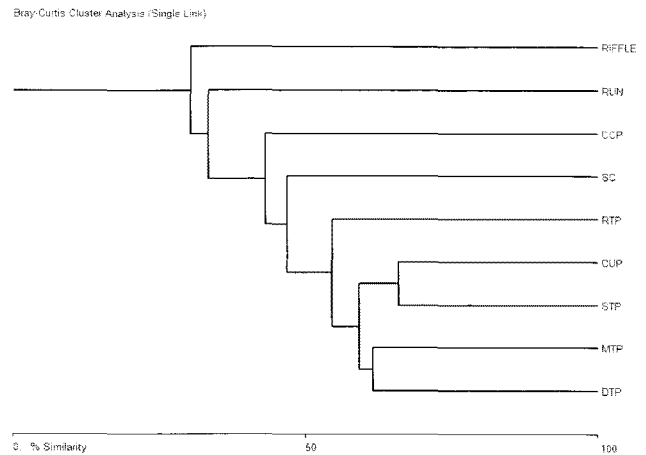


Figure 7. Bray-Curtis similarity diagram between the sampling sites in the Tan Stream

Busacker, G.P., I.R. Adelman and E.M. Goolish(1990) Growth, In: Schreck C.B., Moyle P.B. (Eds) *Methods for fish biology*. American Fisheries Society, Bethesda Md, pp. 363-387.

Colinvaux, P.(1993) *Ecology*, Vol. 2. Wiley, New York.

Cummins, K.W.(1962) An evaluation of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special emphasis on lotic waters. *Am midl. Nat.* 67: 477-504.

Jang, Y.S., J.S. Choi, K.Y. Lee, J.W. Seo and B.C. Kim(2007) Length-weigh Relationship and Condition Factor of *Zacco platypus* in the Lake Hoengseong. *Korean J. Limnol.* 40(3): 412-418. (In Korean with English abstract)

Kim, H.B. and K.S. Ahn(2006) An Assessment on Vegetation and Fish Diversity in Natural Urban Stream. *Journal of Korean Wetlands Society* 8(2): 53-64. (In Korean with English abstract)

Kim, I.S. and Y.J. Park(2002) *Freshwater Fishes of Korea*. Kyohak Press Co., Seoul, 465pp. (In Korean)

Kim, I.S.(1997) *Illustrated Encyclopedia of Fauna & Flora of Korean Vol. 37 Freshwater Fishes*. Ministry of Education, 518pp. (In Korean)

Kim, I.S., Y. Choi, C.L. Lee, Y.J. Lee, B.J. Kim and J. H. Kim(2005) *Illustrated Book of Korean Fishes*. Kyohak Press Co., Seoul, 515pp. (In Korean)

Lee, D.J., H.K. Byeon and J.K. Choi(2009) Characteristics of Fish community in Gap Stream by Habitat Type. *Korean J. Limnol.*, 42(3): 340-349. (In Korean with English abstract)

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

McNaughton, S.J. (1967) Relationship among functional properties of California Grassland. *Nature* 216: 114-168.

Miller, P.A, K.R. Munkittrick and D.G. Dixon(1992) Relationship

- between concentrations of copper and zinc in water, sediment, benthic invertebrates, and tissues of white sucker (*Catostomus commersoni*) at metal-contaminated sites. *Can. J. Fish Aquat. Sci.* 49: 978-984.
- Möller, H.(1985) A critical review on the role of pollution as a cause of fish disease. Ellis A.E. editor. *Fish and Shellfish Pathology*. Academic Press, New York.
- Nelson, J.S.(2006) *Fishes of the world* (4th ed.). Jhon Wiley and sons, New York, 467pp.
- Ney, J.J.(1993) Practical use of biological statistics. Pages 137~158 in C.C. Kohler and W.A. Hubert, editor. *Inlant fisheries management of North American Fisheris Society*. Bentheda, MD. USA.
- Park, S.A. and M.W. Lee(2008) Stream Restoration Guidelines by Evaluation of Fish Habitata and Introducing of the Keystone Species (Geo-seok Stream and Cheonglim Wetland in Upper Stream of Buan Dam). *J. Korean Env. Res. & Reveg. Tech.* 11(4): 24-36. (In Korean with English abstract)
- Pielou, E.C.(1966) The measurement of diversity in different types of biological collections. *J. Theoret. Biol.* 13: 131-144.
- Rutherford, D.A., A.A. Echelle and O. Maughan(1987) Changes in the fauna of the little river drainage, south-eastern Oklahoma, 1948-1955 to 1981-1982 : Test of the hyphothesis of environmental degradation. *Community and evolutionary of north American stream fishes*. Univ. of Okahoma. pp. 178-183.
- Schmitt, C.J. and G.M. Dethloff(2000) Biomonitoring of environmental status and trends (BEST) program : selected method for mornitoring chemical contaminant and their dffedts in aquatic ecosystem. U.S. Geological Survey, Biological Resources Division, Information and Technology Report, USGS/BRD/ITR-2000-2005.
- Sindermann, C.J.(1990) *Principle disease of marine fish and shellfish*. 2nd ed. Vol. 1. Academic Press, New York.
- Woo, S.W.(2001) A Survey Study on the Evaluation of Instream flow at Natural Recovery Stream. Master's degree paper Uinv. of Dong-Eui, Pusan. pp. 1-8. (In Korean with English abstract)