

도심하천과 자연하천의 서식처 유형별 어류군집 비교

Comparative Study of Fish Community in the Urban and Nature Stream by Habitat Type

김성원¹ · 이진희¹ · 장창렬¹ · 최준길¹

¹상지대학교 이공과대학 생명과학과

서론

도심하천인 탄천과 자연하천인 홍천강을 대상으로 서식처 유형별 어류군집을 비교하였다. 탄천은 경기도 용인시 기흥구 창덕동에서 발원하여 서울시 송파구 세곡동을 통과한 후 서울시로 진입하여 서울종합운동장 아래에서 한강으로 유입되는 도시 하천으로 한강하류 수질에도 많은 영향을 미치고 있다. 탄천의 중류지역은 1990년대 초부터 형성된 용인시 수지구와 성남시 분당구 등의 인구밀집지역과 성남시 하수종말처리장을 지나면서 상류수역에 비하여 수질의 오염의 정도가 심화되고 있으며, 한강 유입부까지 채널화된 하천으로 생물유지 능력이 감소되어 온 하천 중의 하나이다. 특히 탄천 하류 주요지천인 양재천이 합류되는 서울시 강남구 면허시험장에서 한강유입부까지는 하천 양안 수변대와 고수부지가 시멘트화 되어 있는 BOX형 하천으로 생물 서식처가 거의 상실된 실정이다(배 등, 1997).

홍천강은 강원도 홍천군 서석면 생곡리에서 발원하여 춘천시 남면 가정리에서 북한강과 합류하는 한강의 지류로, 총 연장이 약 120 Km에 달하며 유량이 풍부한 하천이다(양 등, 1991). 홍천강 유역은 대부분이 산지 혹은 농경지로 되어 있으며, 일부 구간에서 주택지와 공장지대를 통과한다. 또한 홍천강 유역에는 레저시설 혹은 유원지가 곳곳에 위치하고 있으며, 2001년 수해로 인하여 하상 토목 공사가 여러 장소에서 이루어 졌다. 이러한 요인들에 인하여 수환경 변화가 일어나고, 특히, 하천생태계에 적지않은 변화가 예상되고 있다.

연구방법

1. 조사지점 및 시기

조사수역은 도심하천(탄천)과 자연하천(홍천강)을 대상으로 실시하였으며, 조사지점은 서식처 유형별로 9개 구간을 선정하였다(Table. 1, 2). 각 조사지점은 Fig. 1, 2와 같다.

1) 조사지점

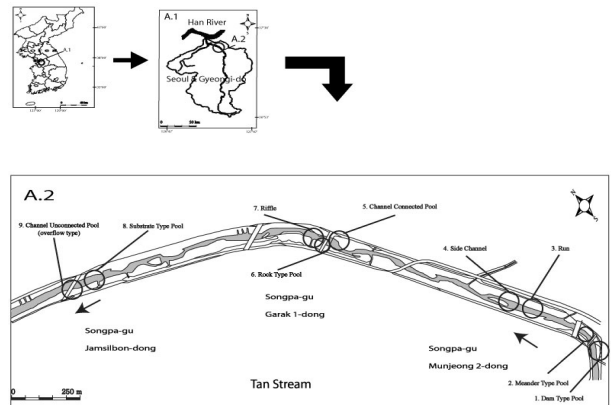


Fig. 1. The map showing the urban stream (Tan Stream) study area.

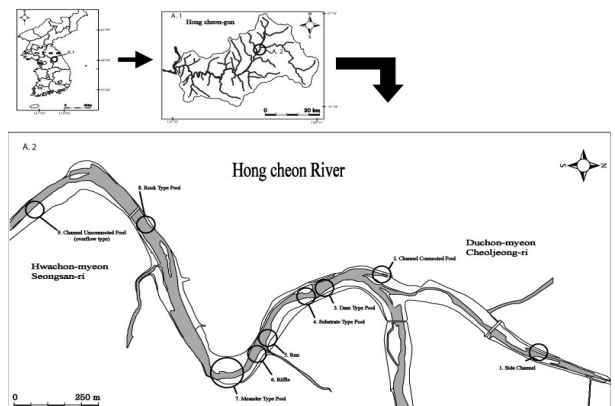


Fig. 2. The map showing the nature stream (Hongcheon River) study area.

Table 1. Urban stream (Tan Stream) study area

Sites	GPS (WGS)	Type
St. 1	N 37°27'13.9" E 127°07'24.3"	Dam Type Pool
St. 2	N 37°28'3.6" E 127°07'23.7"	Meander Type Pool
St. 3	N 37°28'31.7" E 127°07'06.7"	Run
St. 4	N 37°28'28.6" E 127°07'28.6"	Side Channel
St. 5	N 37°29'21.2" E 127°06'34.9"	Channel Connected Pool
St. 6	N 37°29'21.2" E 127°06'27.4"	Rock Type Pool
St. 7	N 37°29'22.6" E 127°06'27.4"	Riffle
St. 8	N 37°29'58.7" E 127°05'07.5"	Substrate Type Pool
St. 9	N 37°30'02.1" E 127°04'57.1"	Channel Unconnected Pool

Table 2. Nature stream (Hongchoen River) study area

Sites	GPS (WGS)	Type
St. 1	N 37°48'37.4" E 127°59'41.7"	Side Channel
St. 2	N 37°47'56.4" E 127°59'29.2"	Channel Connected Pool
St. 3	N 37°47'42.4" E 127°59'22.1"	Dam Type Pool
St. 4	N 37°47'47.4" E 127°59'32.9"	Substrate Type Pool
St. 5	N 37°47'30.8" E 127°59'46.3"	Run
St. 6	N 37°47'34.3" E 127°59'39.3"	Riffle
St. 7	N 37°47'22.9" E 127°59'46.3"	Meander Type Pool
St. 8	N 37°47'14.6" E 127°59'16.2"	Rock Type Pool
St. 9	N 37°46'41.5" E 127°59'14.2"	Channel Unconnected Pool

2) 조사시기

조사시기는 다음과 같다.

1차 조사 : 2009년 8월 6일 ~ 7일

2차 조사 : 2009년 10월 21일 ~ 22일

3차 조사 : 2010년 4월 8일 ~ 9일

2. 조사방법

1) 어류의 채집 및 분류

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 개체는 세밀한 동정을 위해 10% Formalin 용액으로 고정된 후 실험실로 운반하였다. 어류의 동정은 국내에서 발표된 검색표(김과 박, 2002; 김 등, 2005; 김, 1997)를 이용하였고, 분류체계는 Nelson (2006)을 따랐다.

2) 서식지의 물리·화학적 특성분석

수심, 유속, 하상구조는 2009년 8월에 현장에서 조사하였고, 이 중 수심 및 유속은 조사 지점별로 1 m의 간격을 두고 횡단 측량을 실시하였다. 수심은 Total Station (탐콘 DT-209P)을 이용하여 실시하였고, 유속은 Flowmeter Pottable FLO-MATE (2000)을 이용하였다. 하상구조는

Cummins (1962)에 의거하여 현장에서 육안으로 관찰하였다. 수온, pH, EC, DO는 Hach-HQ40d를 이용하였으며, 실험실 내에서 분석이 이루어진 SS, BOD, T-N, T-P 등은 수질공정시험법에 준하여 실시하였다(에코리버 21, 2010).

3) 군집분석

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

결과 및 고찰

1. 조사지 개황

한강의 지류인 탄천(도심하천)의 구간 중 약 5.5 km와 북한강의 지류인 홍천강(자연하천) 구간 중 약 4.5 km를 서식처 유형에 따라 댐형 웅덩이(Dam Type Pool), 사행형 웅덩이(Meander Type Pool), 평여울(Run), 샛강(Side Channel), 개방형 하도습지(Channel Connected Pool), 거석형 웅덩이(Rock Type Pool), 급여울(Riffle), 낙차형 웅덩이(Substrate Type Pool), 폐쇄형 하도습지(Channel Unconnected Pool) 등 미소서식처로 구분하였다. 미소서식처 구분은 자연과 함께하는 하천복원 기술개발연구원(에코리버 21, 2010)의 기준을 따랐으며, 각 미소서식처의 수환경 분석은

다음과 같다(Table 3, 4, 5, 6). 도심하천과 자연하천의 조사 지 현황을 비교한 결과 유속은 도심하천보다 자연하천이 넓은 것으로 확인되었고, 유속은 거의 유사하지만 자연하천이 좀 더 빠른 것으로 확인되었다. 이는 자연하천이 도심하

천보다 여울이 많기 때문인 것으로 판단된다.

서식지의 물리·화학적 특성분석 결과 SS와T-N, T-P는 도심하천에서 다소 높게 분석되었고, 자연하천에서 다소 낮게 분석되었다.

Table 3. Physical factor of the surveyed each sites in the urban stream

Sites	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 : 2				
2	25~30	10~117	0.49	2 : 3 : 3 : 2				
3	50~70	0~73	0.57	2 : 2 : 3 : 3				
4	37~40	12~68	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	1.55	2 : : 3 : 3 : 2				
8	35~40	1~79	1.07	2 : 3 : 3 : 2				
9	37~40	14~40	-	3 : 3 : 4				

*B : 큰돌(Boulder, >256 mm), C : 작은돌(Cobble, 64~256 mm), P : 조약돌(Pebble, 16~62 mm), G : 자갈(Gravel, 2~16 mm), S : 모래(Sand, 0.1~2mm)

Table 4. Physical factor of the surveyed each sites in the natural stream

Sites	River width (m)	Water depth (cm)	Water current (m/sec)	Bottom Structure				
				*B : C : P : G : S				
1	70~80	9~15	-	1 : 4 : 2 : 1				
2	70~100	1~87	0.07	2 : 4 : 3 : 1				
3	80~100	15~106	0.35	1 : 2 : 2 : 5				
4	80~100	47~119	2.16	1 : 2 : 2 : 5				
5	100~150	13~50	0.16	1 : 2 : 2 : 2 : 3				
6	100~150	4~54	1.16	2 : 2 : 3 : 2 : 1				
7	60~80	0~84	0.4	1 : 1 : 4 : 3 : 1				
8	80~100	4~36	0.29	1 : 2 : 3 : 2 : 2				
9	80~100	8~85	-	2 : 4 : 2 : 2				

*B : 큰돌(Boulder, >256 mm), C : 작은돌(Cobble, 64~256 mm), P : 조약돌(Pebble, 16~62 mm), G : 자갈(Gravel, 2~16 mm), S : 모래(Sand, 0.1~2mm)

Table 5. Environmental factors of the surveyed each sites in the urban stream

Sites	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 (수온), DO : Dissolved oxygen (용존산소량), pH : Potential of hydrogen (수소이온농도), SS : Suspended solid (불용성 부유물질), BOD : Biochemical oxygen demand (생물학적 산소요구량), COD : Chemical oxygen demand (화학적 산소요구량), T-N : Total Nitrogen (총 질소), T-P : Total Phosphorus (총 인), EC : Electric conductivity (전기전도도)

Table 6. Environmental factors of the surveyed each sites in the urban stream

Sites	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 (수온), DO : Dissolved oxygen (용존산소량), pH : Potential of hydrogen (수소이온농도), SS : Suspended solid (불용성 부유물질), BOD : Biochemical oxygen demand (생물학적 산소요구량), COD : Chemical oxygen demand (화학적 산소요구량), T-N : Total Nitrogen (총 질소), T-P : Total Phosphorus (총 인), EC : Electric conductivity (전기전도도)

2. 종 조성 및 서식현황

도심하천과 자연하천의 어류상을 비교하면 도심하천은 내성이 강하고 교란된 수환경에 잘 적응하는 종들이 서식하고 있다(Table. 7, 8).

도심하천과 자연하천의 총 종 수를 비교해보면 도심하천에서 7과 17종 315개체, 자연하천에서 6과 21종 1,033개체가 조사되었다. 종 수 차이는 적었으나 개체수, 군집구조 등에 있어서는 현저한 차이를 나타냈다(Table 7, 8). 도심하천은 붕어(*Carassius auratus*), 잉어(*Cyprinus carpio*) 등 총 9종의 내성종이 조사되었고, 민감종은 확인되지 않았다. 자연하천은 붕어(*C. auratus*)와 피라미(*Zacco platypus*) 등 총 2종이 내성종으로 조사되었으며, 민감종은 묵납자루(*Acheilognathus signifer*), 쉬리(*Coreoleuciscus splendidus*) 등 총 14종이 확인되었다.

3. 군집분석

군집분석 결과 댐형 웅덩이의 경우 우점도, 균등도, 풍부도가 도심하천이 자연하천보다 높게 나타났다. 사행형 웅덩이의 경우 모든 지수에서 도심하천이 자연하천보다 높게 나타났으며, 평여울의 경우 우점도, 균등도지수에서 자연하천보다 도심하천이 높게 나타났다. 셋강의 경우 균등도에서 도심하천이 자연하천보다 높게 나타났으며, 개방형 하도습지의 경우 우점도와 균등도가 도심하천에서 높게 나타났다. 거석형 웅덩이는 균등도와 풍부도, 급여울은 우점도, 균등도, 풍부도에서 도심하천이 자연하천보다 높게 나타났다. 낙차형웅덩이와 폐쇄형 하도습지는 우점도에서 도심하천이 자연하천보다 높게 나타났다. 대부분의 조사지점에서 도심하천이 자연하천보다 우점도와 균등도 지수가 높았다. 자연하천과 도심하천 모두 우점도 지수가 낮으며 다양도, 균

Table 7. A list and individual number of fish collected at each sites in the urban stream

Species	Sites									Total	R.A.	Remarks
	1	2	3	4	5	6	7	8	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> 줄물개	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> 버들치		1	1					1		3	1.0	
<i>Opsariichthys 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	
Adrianichthyidae 송사리과												
<i>Oryzias sinensis</i> 대륙송사리					1					1	0.3	
Centrarchidae 검정우럭과												
<i>Micropterus 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 (%)

Table 8. A list and individual number of fish collected at each sites in the nature stream

Species	Sites									Total	R.A.	Remarks	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9				
Cyprinidae 잉어과													
<i>Carassius auratus</i> 붕어							1				1	0.1	
<i>Acheilognathus signifer</i> 묵납자루													E, e
<i>Coreoleuciscus splendidus</i> 쉬리	5	1		1		2	3	1			13	1.3	E
<i>Hemibarbus longirostris</i> 참마자	2	3	4	1		4	2	3	9		28	2.7	
<i>Microphysogobio longidorsalis</i> 배가사리			4	1	6	4	11	3			29	2.7	E
<i>Microphysogobio yaluensis</i> 돌마자	5	40	54	1	19		6		1		126	12.2	E
<i>Pseudogobio esocinus</i> 모래무지	5	13	9		2	4			6		39	3.8	
<i>Pseudopungtungia tenuicorpa</i> 가는돌고기		1									2	0.1	E, e
<i>Pungtungia herzi</i> 돌고기	4	8	5	5	3	9	12	10	6		62	6.0	
<i>Squalidus gracilis majimae</i> 긴물개									4		4	0.4	E
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> 벼들치	1								12		13	1.3	
<i>Opsariichthys uncirostris amurensis</i> 꼬리				5				1			6	0.6	
<i>Zacco platypus</i> 피라미	78	42	20	22	10	27	7	8	3		217	21.0	
<i>Zacco koreanus</i> 참갈겨니	13	199	8	14	20	1	141	47			443	42.9	E
Cobitidae 미꾸리과													
<i>Iksokimia koreensis</i> 참종개	11	2	3		4	6					26	2.5	E
Siluridae 메기과													
<i>Silurus microdorsalis</i> 미유기		1				1			1		2	0.2	E
Amblycipitidae 통가리과													
<i>Liobagrus andersoni</i> 통가리						2					2	0.2	E
Centropomidae 꺾지과													
<i>Coreoperca herzi</i> 꺾지				1	2	2	2	2			9	0.9	E
<i>Siniperca scherzeri</i> 쓰가리								2	1		3	0.3	
Odontobutidae 동사리과													
<i>Odontobutis interrupta</i> 얼룩동사리							1		2		3	0.3	E
<i>Odontobutis platycephala</i> 동사리	1		2		1						4	0.4	E
No. of family	3	3	3	2	4	5	3	2	3		6		
No. of species	10	10	9	9	9	11	11	9	9		21		
No. of individual	125	310	109	51	67	62	188	77	44		1033		

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

등도, 풍부도 지수가 비교적 높게 분석된 거석형 웅덩이가

가장 안정된 군집 구조를 유지하고 있는 것으로 판단된다 (Table 9, 10).

Table 9. Community indices at each sites in the urban stream

Sites	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'	1.16	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

Table 10. Community indices at each station in the nature stream

Sites	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7	St. 8	St. 9
DI	0.73	0.78	0.68	0.71	0.58	0.58	0.81	0.74	0.48
H'	1.38	1.18	1.61	1.56	1.80	1.86	1.06	1.36	1.94
E	0.60	0.51	0.73	0.71	0.82	0.78	0.44	0.62	0.88
RI	1.86	1.57	1.71	2.03	1.90	2.42	1.91	1.84	2.11

적요

도심하천에서 채집된 어류는 총 7과 17종 315개체가 확인되었으며, 자연하천에서 채집된 어류는 6과 21종 1,033개체가 조사되었다. 도심하천에서 출현한 한국 고유종은 치리(*Hemiculter eigenmanni*)와 얼룩동사리(*Odontobutis interrupta*) 2종(11.8%)이었으며, 생태계교란야생동물에 속하는 종인 배스(*Micropterus salmoides*)가 폐쇄형 하도습지에서 출현하였다. 자연하천에서 출현한 한국고유종은 쉬리(*C. splendidus*), 배가사리(*Microphysogobio longidorsalis*) 등 총 13종(61.9%)으로 고유종의 빈도가 높았고, 멸종위기 II 급에 속하는 종인 묵납자루(*A. signifer*)와 가는돌고기

(*Pseudopungtungia tenuicorpa*) 등 2종(9.5%)이 조사되었다. 두 하천의 군집분석을 비교한 결과 도심하천이 자연하천에 비해 우점도와 균등도 지수가 높게 나왔다. 이와 같은 결과는 도심하천과 자연하천이 같은 유형의 서식처이지만

도심하천의 경우 양안 수변대와 제방구축, 하천정비, 고수부지의 시멘트화 등의 원인과 오염원의 유입, 풍부한유기물 때문인 것으로 판단된다.