

자연형 도시하천의 식생 및 어류 다양성과 특성 평가

An Assessment on Vegetation and Fish Diversity in Natural Urban Stream

김 홍 배*⁺ / 안 경 수**

Kim, hong bae*⁺ / Ahn, kyung soo**

:: Abstract ::

A study on the restoration process of a stream ecosystem and the water quality renovation technique by removing algae, vegetation and fish monitoring as evaluating the removal of the algae by dietetic characteristics of fishes were performed on Sangdong stream in the B city after stream restoration it to the artificial stream as the cases, restoring urban stream into close-to-nature stream are being increased domestically with the aim of ecological city.

As a result, restoration and rehabilitation of the fundamental stream ecosystem was well maintained 4 years later the reclamation at the moment and total 93 diagnosis which were all vascular plant phylum including 44 families, 73 genuses, 79 species and 14 varieties in flora and vegetation community were observed.

3 families, 8 species and 354 populations in total among Fishes were found and *Pseudorasbora Parva*, *Cyprinus Carpic* and *Carassius Auratus* strongly resistant to water pollution were dominantly appeared in order of 50.5% of *Pseudorasbora Parva* 21.2% of *Cyprinus Carpic*, 20.9% of *Carassius Auratus*, 7.1% of *Macropodus chinensis* and 0.3% of *Misqurnus anguillicaudatus* according to relative richness index.

It turned out to be that *Cyprinus Carpic* ingests algae over 90% and *Carassius Auratus* takes it over 30% according to the analysis about the alimentary object of the fishes as a consequences of algae's excrescent from characteristics of the tested experimental stream.

It is reported that a *Cyprinus Carpic*, about 34 cm in length, ingested wet-weight 43.2g algae on the rough analysis toward the sample which makes us recognize how effective a macro community *Cyprinus Carpic* is for removing algae.

+ To whom corresponds should be addressed. ksnpu010@hanmail.net

* 정회원·인천대학교 토목환경시스템공학과 박사수료

** 정회원·인천대학교 토목환경시스템공학과 교수·공학박사

As a consequence of this research, the effect of stream ecosystem characteristics and water quality purification could not be expected by aquatic plants and trees which were eliminated at experimental stream. From now on, a close-to-nature stream should be formed of ecological hydraulic and hydrologic engineered modeling from the beginning so that it can perform the water quality purifying function .

It is determined that the structure of food chain will be abundantly influenced by the induction of oversized macro community like *Cyprinus Carpic* because a biomass of a consumer of higher order is increased. It is estimated that the removal algae by fishes is not effective despite in some cases of dietetic characteristics so much more studies should be executed in the future.

Keywords: stream ecosystem, algae, vegetation, artificial stream, close-to-nature stream, *Pseudorasbora Parva*, *Cyprinus Carpic*, *Carassius Auratus*, *Macropodus chinensis*, *Misgurnus anguillicaudatus*.

.....
:: 요 지 ::

최근 들어 국내에서도 생태도시를 지향하면서 도시하천을 자연형 하천으로 복원시키고 있는 사례가 증가하고 있어 B시의 상동천을 대상으로 하여 인공하천으로 조성 한 후 식생 및 어류생태계의 모니터링과 어류의 습식에 의한 조류의 제거 특성을 평가하고 하천생태계의 복원과정과 조류의 제거로 인한 수질개선방안을 연구하였다.

그 결과 기초적인 하천생태계는 조성된 후 4년이 지난 시점에서 건전하게 재생·복원되고 있었으며, 식물상 및 식생군락은 모두 관속식물 문으로 44과 73속 79종 14변종으로 총 93분류군이 관찰되었다.

어류는 총 3과 8종 354개체로 일반적으로 수질오염에 내성이 강한 참붕어, 잉어, 붕어 등이 우점하여 출현하였으며 상대풍부도를 비교할 시 참붕어가 50.5%, 잉어 21.2%, 붕어 20.9%, 버들매치 7.1%, 미꾸라지 0.3% 순으로 나타났다. 실험하천 특성상 조류의 이상 증식에 따른 어류의 식이물체에 대한 분석 결과 조류를 잉어(*Cyprinus Carpic*)는 90%이상, 붕어(*Carassius Auratus*)는 30% 이상 섭취하는 것으로 판명 되었다. 표본에 대한 개략적 분석에서 체장 약 34cm 개체의 잉어가 습중량 43.2g의 조류를 섭취한 것으로 조사되었는데 이는 대형개체의 잉어가 조류의 제거에 어느 정도 효과가 있는 것을 알 수 있었다.

본 연구결과 실험하천의 수목과 수생식물은 조성 당시에 임의로 식재되어 하천생태계의 식생 특성과 수질정화 효과를 크게 기대 할 수 없었으며 앞으로 자연형 하천은 조성 당시부터 생태하천공학적인 수질 및 수리 모델링에 의하여 설계한 후 조성이 이루어져야 수질정화기능을 수행할 수 있으며 어류생태계는 잉어를 비롯한 대형개체의 도입으로 인하여 고차 소비자의 생체량이 증가함으로써 먹이사슬의 구조에 많은 영향을 미칠 것으로 판단되었으며 어류에 의한 조류제거는 일부 식이특성에 따라 습식하는 것으로 밝혀졌으나 큰 효과는 없는 것을 알 수 있었고 앞으로 더 많은 연구가 필요한 것으로 판단되었다.

핵심용어: 하천생태계, 조류, 식생, 인공하천, 자연형 하천, 참붕어, 잉어, 붕어, 버들매치, 미꾸라지

1. 서론

하천은 조성된 후 물의 흐름에 따라 다양한 형태와 식생, 어류 등 하천생태계의 재생·복원(rehabilitation & restoration)이 이루어진다. 하천변(riparian zone)은 육지에서 가장 다양하고 동적인 생물 서식지이며 육상생태계와 수생생태계의 중간 지대로서 서로 다양한 상호 작용이 나타나며 습지(wetland)는 지구상에서 가장 영양 물질이 풍부하고 생산성이 높은 생태계로 인식되고 있으며 여러 가지 생태적 기능을 제공해 주는 것으로 알려져 있다(Mulamooti *et al.*, 1979).

하천변 식생을 구성하고 있는 다양한 식생은 종자의 생산, 발아, 성장, 정화 등 하천변의 다양한 교란 현상과 수생환경에 적응되어 있으며 어류는 각종 동물간의 경쟁, 먹이연쇄, 하천정화 및 오염 등 다양하게 관계하고 있으며, 자연습지시스템은 우리사회에 많은 이익을 주는데 이 기능은 생명체의 지지, 수문학적 완충기능, 수질개선 기능 등 3가지로 분류할 수 있다(김 등, 2003).

유역생태계에서의 하천의 기능은 침식, 범람, 퇴적 등에 따른 지형의 변화, 수로의 변경 등 다양하게 나타나며 이는 하천의 역동성(dynamic)으로서 이는 물 흐름에 의한 물리적 현상과 생물, 특히 개척자식물의 복합적인 현상이다. 하천생태계에서 식생은 1차 생산자이며 수질, 유량, 유역내의 환경요인의 변화를 알 수 있는 척도이고 수질정화 기능은 아주 중요한 역할이다(이팔홍, 2006)

우리나라도 최근에는 하천생태계에 관심이 높아져 생태적으로 교란된 하천을 복원(Restoration)하고 있으며 하천이 없고 복개된 지역을 중심으로 기존의 하천을 복원하거나 인공하천(Artificial stream)을 만들어 자연형 하천으로

가꾸어 가고 있으며. 이러한 도시하천은 유지용수 확보가 대단히 어려워 대부분이 인근 도시지역의 하수처리장 방류수를 재이용 하고 있으나 하수처리장에서 질소와 인의 미처리 방류로 인하여 인간의 활동 및 어류나 식생 등 하천생태계에도 악 영향을 미치고 있다.

본 연구의 목적은 최근 들어 국내에서도 생태적인 도시를 지향하면서 도시하천을 자연형 하천으로 복원시키고 있는 사례가 증가되고 있으며 이에 따라 신도시를 조성하면서 인공적으로 자연형 도시하천을 만들어 많은 시민들이 이용하고 있는 B시의 상동천을 대상으로 하여 인공하천으로 조성 한 후 식생 및 어류 생태계의 다양성의 모니터링과 어류의 습식에 의한 조류(algae)의 제거 특성을 평가하여 하천생태계의 복원과정과 조류의 제거로 인한 수질개선방안을 연구하고자 수행 하였다.

2. 연구내용 및 방법

2.1 하천의 물리적 현황

Table 2.1과 같이 상동천은 부천시 원미구 송내동 송내고등학교 인근 공원에서 발원하여 상동신도시를 거쳐 굴포천으로 유입된다. 하천 길이는 5.5km의 소하천으로 하천경사는 상류에서부터 하류까지 1/400~1/2,500 내외로 아주 완만하며 평균 하천 폭이 1.5m에서 8.5m 정도이고 유량은 0.143~0.283m³/s, 유속은 하천바닥에 부유 물질이 가라앉지 않도록 0.31~0.39m/s 내외, 수심은 어류 등 서식환경을 고려하여 0.192~0.24m으로 2003년도에 인공적으로 조성되었으며 Table 2.2에서와 같이 하천유지용수는 하수처리장 방류수를 입상황생물막법으로 고도 처리하여 재이용하는 전형적인 자연형 도시하천이다.

Table 2.1. 상동천의 물리적 현황

하 천 구 간	실험구간	종단구배	하천변 폭	하천단면 폭	하상재료
상동천(A)	발원지	1/400	20~35m	2.3~6.0m	조약돌, 모래
상동천(B)	제2구간 분류지점	1/1,000	20~35m	1.2~6.5m	조약돌, 모래
상동천(C)	제1구간 분류지점	1/2,500	20~35m	1.2~8.5m	모래, 실트

Table 2.2. 상동천 및 G 하수처리장현황

구분		본류(A)	제2지류(B)	제1지류(C)	처리공법
평균하폭 (m)		3.82	1.86	1.92	SBF(Super Bio Filter) (입상항생물막법)
평균수심 (m)		0.19	0.20	0.24	
평균유속(m/sec)		0.39	0.39	0.31	
유량	(m ³ /sec)	0.283	0.145	0.143	
	(m ³ /day)	24,451	12,528	12,355	
계획공급량(m ³ /day)		25,000	12,500	12,500	

2.2. 식생(vegetation) 조사

식생은 Fig. 2.1과 같이 상동천을 대상으로 조사구의 설정 및 샘플링은 종단과 횡단의 미지형 단위에 따른 식생의 분포 특성을 체계적으로 규명하기 위하여 층화추출법(stratified sampling)¹⁾을 적용하여 지점을 선정하였으며 조사지점에서 횡단 상으로 대상조사구(belt transect)를 설치하고 식생 층의 높이를 고려하여 4m²로 정방형 조사구를 설정하였고 각 조사구마다 하상경사, 유속, 수심, 하상저질 등 식생분포에 직접적인 영향을 미치는 입지환경요인을 정량적, 정성적으로 측정 하였다.

식생요인은 조사구내 종조성을 파악한 다음 절대하천식물²⁾인 갯벼들과 달뿌리풀의 피도백분율을 측정하였으며 다른 식생은 기타 식생으로 구분하여 피도를 측정하였다. 하천생태계의 수변환경 조사는 2005년 4월 6일부터 2005년 6월 29일까지 2회의 예비조사와 3회의 본 조사를 실시하였으며 조사지점은 Table 2.3과 같다.

식생조사 자료는 6개 조사구 자료를 자료행렬 표로 정리하였으며 식생군집의 분류는 조사구간 종조성의 유사성과 비유사성에 근거하여 정량적인 자료의 분석에 적합한 유클리드언 거리지수(Euclidean distance)를 사용한 비가중산술평균

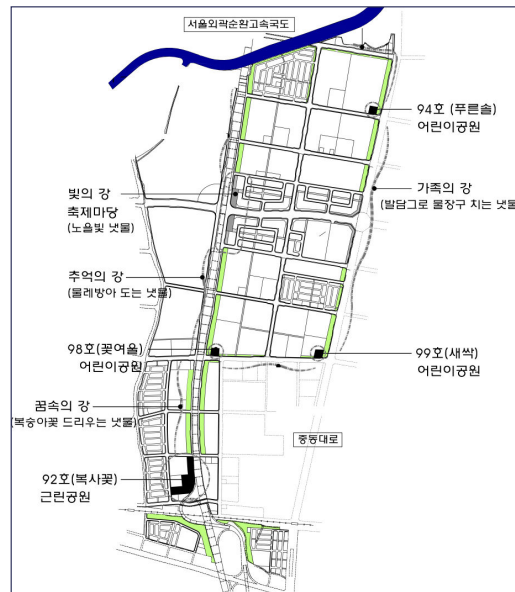


Fig. 2.1. 상동천 위치도

법(UPGMA)으로 군집분석을 수행하였으며 조사지점별 수변식물 및 수중식물의 종류 및 분포양상을 기재하였고, 조사 지점별 하천식생단면도를 작성하였다.

2.3 어류(fish) 조사

어류의 채집은 투망(망목 8mm×8mm)과 족대(망목 3mm×3mm)를 이용하여 실시하였으며

1) 식물군집 생태학에서 일반적으로 사용하는 표본추출(sampling)기법으로 조사구 구분은 선행적인 답사나 항공사진 등으로 조사지의 환경을 먼저 시행하고 일차적으로 식물의 생육 형이나 방위, 경사, 경관과 같은 입지환경의 차이 또한 식생전이과정의 차이로 크게 구분하고 이차적으로 우점종이나 주요 식생 형에 따라 조사구를 나누는 방법이다(kent, M. and P. coker. 1994)

2) 절대하천식물종(obligatory riparian wetland species)은 Reed가 미국의 수생식물 목록을 작성하면서 사용한 개념으로 습지생태계에 절대적으로 생존을 의존하고, 확률적으로 99%이상이 분포하는 종을 의미한다(Reed, 1995, Committee on Characterization of Wetlands)

Table 2.3. 식생 조사 지점

지점	구분	위치	비고
St. 1		상동천 발원지(상동고교 부근)	식생
St. 2		상동천 상류(풍림 APT 부근)	식생, 육수
St. 3		상동천 중류(호수공원 부근)	식생, 육수
St. 4		상원초등학교	식생
St. 5		쌍용 건설	식생
St. 6		골포천 (골포천 유입부)	식생, 육수

채집된 어류는 최 등(1990), 김과 박(2002) 등의 검색표를 이용하여 동정 하였다. 출현종의 식생조사는 채집된 주요어종 중 생체량이 크고 우점 하는 각 어종을 대상으로 평균크기(체장)를 나타내는 5개체를 표본으로 선정하여 섭취물의 중량, 식이물의 구성 등을 조사하였다.

3. 연구결과 및 고찰

3.1 식물상 및 식생군락(Flora & Vegetation Community)

조사대상 하천인 상동천은 부천 상동지구의 도심지를 흐르는 인공하천으로 하천을 따라 산책로가 조성되어 있으며 곳곳에 공원이 조성되어 있다. 공원과 인접된 지역의 호안은 돌쌓기나 석축옹벽의 형태를 띠고 있어 빈약한 식물상 및 식생군락(Flora & Vegetation Community)을 나타내고 있다.

본 지역의 식생 현황으로는 수변 곳곳에 노랑꽃창포가 열 식으로 식재되어 있고 호안은 야자수망태공법을 이용한 갈대가 식재되어 있으며 그 외 줄, 부들 등이 식재되어 있다. 대부분이 조경식재에 의한 종들이 분포하고 있으며 자연식생은 호안으로 고마리, 개구리자리, 뿌리뱅이, 딱새풀,

소리쟁이 등이 소군락을 형성하며 분포하고 있다. 수변을 따라 갯나무, 소나무, 뱀나무, 메타세쿼이아, 자작나무, 철쭉꽃 교목과 관목류가 식재되어 있으며 하층에는 잔디가 조성되어 있다. 그 외 뿌리뱅이, 방가지뚱, 개망초, 서양민들레, 뽕딸기, 딱지꽃, 누운주름잎, 골풀, 냉이, 황새냉이 등이 출현하고 있다.

조사지역의 출현하는 식물상은 모두 관속식물문으로 44과 73속 79종 14변종으로 총 93분류군이 관찰되었다.

3.1.1 식물상 및 식생군락의 특성

본 조사대상 하천의 식생은 대부분이 조경식재되어 있으며 자연식생은 분포하지 않고 있다. 대부분 하천 주변으로 잔디가 식재되어 있으며 하천내와 호안으로 갈대, 줄, 갯버들 등이 식재되어 있다. 한편 발원지로부터 동측으로 분지한 줄기는 식생이 없는 인공구조물(인도의 보도블록)지대를 통과하고 있고 유속이 느린 정체수역을 형성하고 있어 조류의 응집이 높은 것으로 나타났다. 따라서 빛을 차단하고 유기물의 흡착, 분해능력이 높은 부레옥잠 등 부엽식물과 연, 줄, 갈대와 같은 정수식물을 식재하는 것이 바람직할 것으로 판단되었다.

Table 3.1. 조사지역의 식물목록

구분		과	속	종	변종	분류군		
속새아문	속새강	1	1	1	-	1		
양치식물아문	나자식물강	구과식물아강	4	4	6	-	6	
		단자엽식물아강	10	17	19	4	23	
	피자식물강	쌍자엽식물아강	이판화군	21	34	36	9	45
			합파화군	8	17	17	1	18
합계		44	73	79	14	93		

Table 3.2. 조사지역(하천) 주변의 식물 목록(1)

학명	국명	생활형
괘이밥과 (Oxalidaceae)		
<i>Oxalis corniculata</i> L.	괘이밥	G
회양목과 (Buxaceae)		
<i>Buxus microphylla</i> var. <i>koreana</i> NAKAI	회양목	N
단풍나무과 (Aceraceae)		
<i>Acer palmatum</i> THUNB.	단풍나무	M
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i> (PAXTON) KOM.	당단풍	M
제비꽃과 (Violaceae)		
<i>Viola mandshurica</i> W. BECKER	제비꽃	H
<i>Viola yedoensis</i> MAKINO	호제비꽃	H
바늘꽃과 (Onagraceae)		
<i>Oenothera odorata</i> JACQ.	달맞이꽃	H
<i>Oenothera lamarckiana</i> SER.	큰달맞이꽃	H
산형과 (Umbelliferae)		
<i>Oenanthe javanica</i> (BL.) DC.	미나리	H
진달래과 (Ericaceae)		
<i>Rhododendron schlippenbachii</i> MAX.	철쭉꽃	M
앵초과 (Primulaceae)		
<i>Androsace umbellata</i> (LOUR.) MERR.	봄맞이	H
물푸레나무과 (Oleaceae)		
<i>Chionanthus retusa</i> LINDL. et PAXTON	이팝나무	M
<i>Forsythia koreana</i> NAKAI	개나리	N
<i>Syringa dilatata</i> NAKAI	수수꽃다리	M
꽃고비과 (Polemoniaceae)		
<i>Phlox subulata</i> L.	지면패랭이꽃	H
현삼과 (Scrophulariaceae)		
<i>Mazus miquelii</i> MAKINO	누운주름잎	H
<i>Veronica persica</i> POIR.	큰개불알풀	Th
질경이과 (Plantaginaceae)		
<i>Plantago asiatica</i> L.	질경이	H
인동과 (Caprifoliaceae)		
<i>Lonicera japonica</i> THUNB.	인동	N
국화과 (Compositae)		
<i>Erigeron annuus</i> (L.) PERS.	개망초	Th
<i>Erigeron canadensis</i> L.	망초	Th
<i>Senecio vulgaris</i> L.	개쑥갓	Th
<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i> (PAMPAN.) HARA	쑥	H
<i>Cephalonoplos segetum</i> (BUNGE) KITAMURA	조뱅이	Th
<i>Taraxacum officinale</i> WEBER	서양민들레	H
<i>Ixeris polycephala</i> CASS.	별씀바귀	Th
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	방가지뚥	Th

주) M: 대형지상식물(Megaphanerophytes, Mesophanerophytes, Microphanerophytes),
 N: 소형지상식물(Nanophanerophytes), E: 착생식물(Epiphytes), CH: 지표식물(Chamaephytes),
 H: 접지식물(Hemicryptophytes), G: 지중식물(Geophytes), HH: 수생식물(Hydrophytes),
 Th: 일년생식물(Therophytes), 귀 - 귀화식물

Table 3.3. 조사지역(하천) 주변의 식물 목록(2)

학명	국명	생활형
속새과 (Equisetaceae)		
<i>Equisetum arvense L.</i>	쇠뜨기	G
은행과 (Ginkgoaceae)		
<i>Ginkgo biloba L.</i>	은행나무	M
주목과 (Taxaceae)		
<i>Taxus cuspidata S. et Z.</i>	주목	M
소나무과 (Pinaceae)		
<i>Pinus koraiensis S. et Z.</i>	잣나무	M
<i>Pinus strobus L.</i>	스트로브잣나무	M
<i>Pinus densiflora S. et Z.</i>	소나무	M
낙우송과 (Taxodiaceae)		
<i>Metasequoia glyptostroboides HU et CHENG</i>	메타세쿼이아	M
부들과 (Typhaceae)		
<i>Typha orientalis PRESL</i>	부들	HH
<i>Typha angustata BORY et CHAUB</i>	애기부들	HH
가래과 (Potamogetonaceae)		
<i>Potamogeton crispus L.</i>	말즘	HH
<i>Potamogeton oxyphyllus MIQ.</i>	말	HH
나자스말과 (Najadaceae)		
<i>Najas graminea DEL.</i>	나자스말	Th
벼과 (Gramineae)		
<i>Alopecurus aequalis var. amurensis (KOM.) OHWI</i>	뚝새풀	Th
<i>Agropyron tsukushiense var. transiens OHWI</i>	개밀	Th
<i>Bromus japonicus THUNB.</i>	참새귀리	Th
<i>Poa sphondylodes TRIN.</i>	포아풀	H
<i>Zizania latifolia TURCZ.</i>	줄	HH
<i>Phragmites communis TRIN.</i>	갈대	G
<i>Phragmites japonica STEUD.</i>	달뿌리풀	G
<i>Zoysia japonica STEUD.</i>	잔디	H
<i>Setaria viridis (L.) BEAUV.</i>	강아지풀	Th
사초과(Cyperaceae)		
<i>Cyperus serotinus ROTTB.</i>	너도방동사니	H
<i>Cyperus amuricus MAX.</i>	방동사니	Th
개구리밥과 (Lemnaceae)		
<i>Spirodela polyrhiza (L.) SCHLEID.</i>	개구리밥	HH
닭의장풀과 (Commelinaceae)		
<i>Commelina communis L.</i>	닭의장풀	Th
물옥잠과 (Pontederaceae)		
<i>Eichhornia crassipes SOLM.-LAUB.</i>	부레옥잠	HH
골풀과 (Juncaceae)		
<i>Juncus effusus var. decipiens BUCHEN.</i>	골풀	H
붓꽃과 (Iridaceae)		
<i>Iris pseudoacorus L.</i>	노랑꽃창포	G
<i>Iris ensata var. spontanea (MAK.) NAKAI</i>	꽃창포	G
<i>Iris nertschinskia LODD.</i>	붓꽃	G
버드나무과 (Salicaceae)		
<i>Populus tomentiglandulosa T. LEE</i>	은사시나무	M
<i>Salix koreensis ANDERSS.</i>	버드나무	M
<i>Salix gracilistyla MIQ.</i>	갯버들	M

Table 3.4. 조사지역(하천) 주변의 식물 목록(3)

학명	국명	생활형
자작나무과 (Betulaceae)		
<i>Betula costata</i> TRAUTV.	거제수나무	M
<i>Betula platyphylla</i> var. japonica HARA	자작나무	M
삼과 (Cannabinaceae)		
<i>Humulus japonicus</i> S. et Z.	환삼덩굴	Th
마디풀과 (Polygonaceae)		
<i>Rumex acetocella</i> L.	애기수영	H
<i>Rumex crispus</i> L.	소리쟁이	H
<i>Rumex conglomeratus</i> MURR.	목발소리쟁이	H
<i>Persicaria thunbergii</i> H. GROSS	고마리	Th
<i>Persicaria hydropiper</i> (L.) SPACH	여뀌	Th
<i>Polygonum aviculare</i> L.	마디풀	Th
명아주과 (Chenopodiaceae)		
<i>Chenopodium glaucum</i> L.	취명아주	Th
<i>Chenopodium album</i> var. centrорubrum MAKINO	명아주	Th
석죽과 (Caryophyllaceae)		
<i>Cerastium holosteoides</i> var. hallaisanense MIZUSHIMA	점나도나물	Th
<i>Stellaria aquatica</i> SCOP.	쇠별꽃	H
<i>Dianthus sinensis</i> L.	패랭이꽃	H
수련과 (Nymphaeaceae)		
<i>Nymphaea tetragona</i> var. angusta CASP.	수련	HH
붕어마름과 (Ceratophyllaceae)		
<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	붕어마름	HH
미나리아재비과 (Ranunculaceae)		
<i>Ranunculus sceleratus</i> L.	개구리자리	Th
목련과 (Magnoliaceae)		
<i>Magnolia kobus</i> A.P. DC.	목련	M
양귀비과 (Papaveraceae)		
<i>Chelidonium majus</i> var. asiaticum (HARA) OHWI	애기똥풀	Th
십자화과 (Cruciferae)		
<i>Lepidium apetalum</i> WILLD.	다닥냉이	Th
<i>Cardamine flexuosa</i> WITH.	황새냉이	Th
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) MEDICUS	냉이	Th
범의귀과 (Saxifragaceae)		
<i>Aceriphyllum rossii</i> ENGL.	돌단풍(돌나리)	E
<i>Saxifraga stolonifera</i> MEERB.	바위취	E
장미과 (Rosaceae)		
<i>Duchesnea chrysantha</i> (ZOLL. et MORR.) MIQ.	뱀딸기	H
<i>Potentilla fragarioides</i> var. major MAX.	양지꽃	H
<i>Potentilla chinensis</i> SER.	딱지꽃	H
<i>Geum japonicum</i> THUNB.	뱀무	H
<i>Prunus serrulata</i> var. spontanea (MAX.) WILS.	벚나무	M
콩과 (Leguminosae)		
<i>Lespedeza bicolor</i> TURCZ.	싸리	N
<i>Vicia angustifolia</i> var. segetilis K. KOCH.	살갈퀴	H
<i>Vicia amoena</i> FISCH.	갈퀴나물	H
<i>Trifolium repens</i> L.	토끼풀	CH

3.2 어류(Fish)

Table 3.5와 같이 상동천은 인공하천으로 하상은 대부분 호박돌과 자갈, 굵은 모래 등으로 이루어져 있으며, 수변은 돌망태호안, 갈대, 부들, 노랑꽃창포 등 수변식물이 식재되어 있다.




조사 결과 출현종은 총 3과 8종으로, 일반적으로 수질오염에 내성이 강한 것으로 알려진 참붕어, 잉어, 붕어 등이 우점 하여 출현한다. 1, 2차 조사에서 서식이 확인된 총 2과 5종 354개체의 상대 풍부도를 비교 시 참붕어가 179개체 50.5%로 매우 높게 나타났으며, 다음으로 잉어 75개체 21.2%, 붕어 74개체 20.9%, 버들매치 25개체 7.1%, 미꾸라지 1개체 0.3%의 순으로 나타났다. 한편 1, 2차 조사에서 출현한 종은 2과 5종으로 굴포천으로 부터 유입되었을 것으로 판단되는 어종들이 출현하였으나 3차 조사시기인

6월 초부터 잉어의 인위적인 이입이 진행되어 현재는 대형개체의 잉어가 전 수역에 걸쳐 다수 출현하고 있다.

현지조사에서 20cm~40cm에 이르는 개체가 상류로부터 중류구간에 10~50여개체가 무리지어 구간별로 분포하고 하류로 갈수록 소수개체가 분포하는 것이 육안으로 관찰되었다. 한편 죽대를 이용한 조사에서 1, 2차 조사에서 출현하지 않은 피라미, 살치, 송사리 등이 함께 이입되어 분포하는 것으로 조사되었다.

출현종은 대부분 우리나라 하천과 저수지에서 주로 분포하는 종으로 수질오염에 내성이 강한 종들로 알려져 있다. 우점종으로 출현하는 참붕어의 경우 개체가 작고 수질오염에 대한 내성이 강하여 본 수역에서 높은 우점도를 유지할 것으로 판단된다.

Table 3.5. 조사지점 하천현황

구 분	St. 1	St. 2	St. 3
하 상 구 조	호박돌, 모래	호박돌, 모래	모래, 실트
하 폭 / 유 폭	7~10m / 2~4m	7~10m / 2~4m	35~40m / 20~25m
수 심 / 수 색	0.2~0.8m / 약간 맑음	0.2~0.8m / 약간 맑음	0.2~1m 이상 / 약간 탁함
비 고	산책로 형성	산책로, 공원형성	굴포천 유입부
전 경			

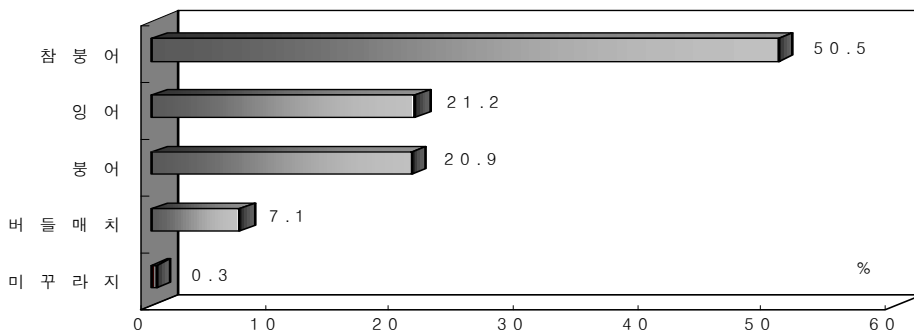


Fig. 3.1. 출현종별 상대풍부도(RA) 비교(1,2차조사)

Table 3.6. 조사지점별 출현어류 목록

출현종	지점	St.1		St.2		St.3		Total	RA(%)	3차
		1차	2차	1차	2차	1차	2차			
Cyprinidae 잉어과										
<i>Cyprinus carpio</i> 잉어			47		27		1	75	21.2	약 300*
<i>Carassius auratus</i> 붕어		11	35	4	18	3	3	74	20.9	
<i>Pseudorasbora parva</i> 참붕어		24	59	31	51	5	9	179	50.5	
<i>Abbottina rivularis</i> 버들매치		1	21	1			2	25	7.1	
<i>Zacco platypus</i> 피라미										12
<i>Hemiculter leucisculus</i> 살치										5
Adrianichthyidae 송사리과										
<i>Oryzias sinensis</i> 대륙송사리										37
Cobitidae 미꾸리과										
<i>Misgurnus mizolepis</i> 미꾸라지		1						1	0.3	
합	계	37	162	36	96	8	15	354	100.0	354
종	수	4	4	3	3	2	4	5		4종

* 3차조사는 1, 2지점에서 잉어의 육안관찰 및 추가로 채집된 개체수

3.2.1 주요 어류의 식이 특성

하천생태계 조사결과 우점 하여 서식하는 것으로 나타난 잉어, 참붕어, 붕어, 버들매치 4종을 대상으로 평균체장을 가진 5개체씩을 표본으로 하여 식성을 조사한 결과 조류를 가장 많이 섭취하는 것은 잉어로 나타났으며 붕어의 경우 소량의 조류가 그리고 참붕어, 버들매치는 부착조류 보다는 저서생물인 깔다구류의 섭식이 많은 것으로 조사되었다.

어류는 장 길이에 의해 식이습성을 알 수 있는데 초식성어류는 세포벽의 펙틴성분을 녹이기 위하여 육식성 어종의 장 길이에 비하여 5~10배 길다. 잉어는 잡식성 어종으로 부착조류, 수서곤충, 실지렁이 등을 섭식하는 것으로 알려져 있으나 체장 30cm 개체의 장 길이가 약 50cm에 이르는 것을 볼 때 초식성에 가까운 것으로 판단된다. 체장 29cm~36cm의 잉어 표본 5개체를 대

상으로 장의 내용물을 개략적으로 분석한 결과 대부분 조류로 이루어진 것으로 조사되었다.

Fig. 3.2에서와 같이 내용물의 소화 상태를 보기 위하여 위로부터 항문에 이르는 구간을 4등분하여 현미경을 통한 관찰을 실시한 결과 장의 끝 부분에서도 조류는 세포벽 뿐 만아니라 응집된 형태 그대로 남아있어 소화를 통한 분해의 효율은 적은 것으로 사료된다. 잉어는 먹이를 섭취할 때 주둥이를 길게 내밀어 흡입하여 먹는 습성 (food sucker)을 가진 어류로 조류의 선택적 섭취 보다는 섭식과정에서 빨리 들어간 것으로도 판단할 수 있다.

표본에 대한 개략적 분석에서 체장 약 34cm 개체의 잉어가 습중량 43.2g의 조류를 섭취한 것으로 조사되었는데 이는 대형개체의 잉어가 조류의 제거에 어느 정도 효과가 있음을 알 수 있었다.

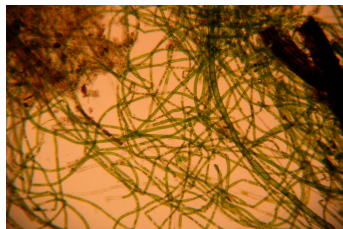


Fig. 3.2. 잉어의 식이물 조사

Table 3.7. 어종별 식이물 구성

어종	식이물 구성	체장
<i>Cyprinus carpio</i> 잉어	조류 90%이상, 기타 10%	29cm~36cm
<i>Carassius auratus</i> 붕어	조류 30%, 기타 70%	15cm~25cm
<i>Pseudorasbora parva</i> 참붕어	깔다구류 90%이상, 기타 10%	4cm~6cm
<i>Abbottina rivularis</i> 버들매치	깔다구류 80%이상, 기타 10%	6cm~8cm

4. 결 론

본 연구결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 인공적으로 조성된 자연형 도시하천인 상동천의 기초적인 하천생태계의 재생·복원(Rehabilitation & Restoration)의 식생 모니터링 결과 상동천은 조성된 후 4년이 지난시점에서 하천생태계는 건전하게 재생·복원(Rehabilitation & Restoration)되고 있었으며, 식물상 및 식생군락(Flora & Vegetation Community)은 모두 관속 식물 문으로 44과 73속 79종 14변종으로 총 93분류군이 관찰되었으며 특히, 하천주변 잔디나 수목 등의 활착으로 수변 완충지대(Riparian Buffer Zone)의 역할로 비점오염원 등 수질오염물질 저감효과가 예상되었다. 그러나 이는 인위적인 조성 결과로서 금번 모니터링으로서는 수목과 정화식물에 의한 하천수질정화 기능을 파악할 수 없었다.
- (2) 어류(Fish)는 총 3과 8종 354개체로 일반적으로 수질오염에 내성이 강한 참붕어, 잉어, 붕어 등이 우점 하여 출현하였으며 상대풍부도를 비교할 시 참붕어가 50.5%, 잉어 21.2%, 붕어 20.9%, 버들매치 7.1%, 미구라지 0.3% 순으로 나타났다. 실험하천 특성상 조류(Algae)의 이상 증식에 따른 어류의 식이물에 대한 분석 결과 조류(Algae)를 잉어(*Cyprinus Carpio*)는 90%이상, 붕어(*Carassius Auratus*)는 30% 이상 섭취하는 것으로

판명 되었다. 표본에 대한 개략적 분석에서 체장 약 34cm 개체의 잉어가 습중량 43.2g의 조류(Algae)를 섭취한 것으로 조사되었는데 이는 대형개체의 잉어가 조류(Algae)의 제거에 어느 정도 효과가 있는 것을 알 수 있었다.

결론적으로 수생식물을 이용한 수질개선은 부레옥잠, 생이가래, 미나리 등 습지조성 등의 생태수리학적 모델링에 의한 하천조성이 이루어져야 기대할 수 있는 효과가 있으며 인공하천인 상동천의 경우 자연형 도시하천으로 잉어를 비롯한 대형개체의 도입으로 인하여 고차 소비자의 생체량이 증가함으로써 먹이사슬의 구조에 많은 영향을 미칠 것으로 판단되었으며 어류에 의한 조류제거방법에는 큰 효과는 없는 것을 알 수 있었고 앞으로 더 많은 연구가 필요한 것으로 판단되었다.

감사의 글

본 연구는 부천시와 한국토지공사의 지원으로 상동천수질개선공법연구의 일부분으로 수행하였으므로 감사드립니다.

참고문헌

경원대학교, 한국건설기술연구원 (1995). “수변 식생조사와 실험하천에서의 식생 호안재 선정 및 적용.”
 고경식, 김윤식 (1989). 원색한국식물도감, 아카데미서적.
 국립환경연구원 (2000). 수질관련 기준 비교분석.
 김익수, 강언중 (1993). 원색한국어류도감, 아카

- 데미서적
- 김성철, 이철영 (2001). "현황분석을 통한 도시 소하천의 생태하천 계획요소에 관한 연구" : 울산광역시 무거·여천천을 중심으로, 한국환경과학회지, 제13권(제9호), pp. 747~757, 한국물환경학회지, 16(3), pp. 335~344.
- 김완중, 김영철, "사상성 조류매트를 이용한 농어촌 소하천수의 영양염류 제거 특성에 관한 연구" .
- 김재우 (1999). "중소하천의 자연형 복원에 관한 연구" , 한양대학교 석사학위 논문.
- 김준민, 김철수, 박봉규 (1987). 식생 조사법, 일신사, p. 170.
- 김홍배 (2003). "도시하천유지용수 개발을 위한 하수처리수의 재이용 공정 연구" 서울시립대학교 석사학위 논문.
- 김혜주, 김두하 (2000). "자연형 하천조성에서의 생물공학적 공법" EPLA(한국환경계획조성협회기술지), Vol 1, pp. 68~74.
- 농림부, 건국대학교, 203, "부착조류 시스템을 이용한 농촌유역 수질개선 기법 개발 연구 보고서" .
- 박정규 (2004). "주원천 유역의 수질개선을 위한 생태하천 조성" , 환경관리학회지 제10권 제1호, pp. 63~70.
- 박정호, 김호준 (2006). 안산시 고잔 습지의 저서성 대형무척추동물과 수생식물 군집에 관한 생태학적 연구, 한국습지학회 논문집, pp. 355~364.
- 이규송, 김성 (1997). 인제양양소권역내 식생 분석, 제 2차 전국자연환경 조사 보고서, p.26.
- 이팔홍, 김철수, 김태근, 오경환 (2006). 금호강 황정습지의 식생 구조, 한국습지학회 논문집, pp. 368~370.
- 이충립, 광영세 (2000). 전수식물의 내염성 및 NH_4^+ - N 흡수 제거능 평가, 한국생태지 23(1):pp. 45~49.
- Sparks, R. (1995). "Need for ecosystem management of large rivers and their floodplains", BioScience 45(3).
- USACE(United States Army Corps of Engineering) (1991). "Hydraulic Design of flood control channel", USACE Headquarters, Washington, D.C.
- USDC(United States Department of Commerce) (1998). "Stream Control Restoration - Principles, Process, and practices", Federal interagency Stream Restoration Working Group, National Technical information Service, Springfield, Va.
- USEPA(United States Environmental Protection Agency) (1997). "A system for mapping riparian areas in the Western United States", National Wetlands Inventory , Washington, D.C. December.
- USGS(United States Geological Survey) (1998-2004). "Stream Habitat Analysis Using the Instream Flow Incremental Methodology", Information and Technology Report, USGS/BRD/IIR. US Geological Survey, Biological Resources Division, Mid-continent Ecological Science Center, Fort Collins, Colo.
- Vannote, R.L., Minshall, G.W. Cummins, K.W. Sedell, H.R. and CUSHING, c.e. (1980). "The River Continuum Concept", Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 37(1).
- Ward, J.V. (1992). "Aquatic insect ecology", 1. Biology and habitat. John Wiley and Sons, New York.