

## 현황분석을 통한 도시 소하천의 생태하천 계획요소에 관한 연구 - 울산광역시 무거·여천천을 중심으로 -

김 성 철 · 이 철 영  
울산과학대학 공간디자인학부  
(2004년 6월 23일 접수; 2004년 9월 15일 채택)

### A Study on the Planning Elements for Ecological Restoration of Urban Stream through Present Condition Analysis - focused on the Yecheon and the Mugeo stream -

Seong Chirl Kim and Chul Young Lee  
Dept. of Space Design, Ulsan College, Ulsan 682-093, Korea  
(Manuscript received 23 June, 2004; accepted 15 September, 2004)

The objectives of this study were to investigate the physical, chemical, and structural characteristics of the stream, especially Mugeo and Yecheon which are being changed to ecological stream by Ulsan city, and to acquire the considerations such as the planning element and plan criteria of the streams for making ecological stream system. Water quality, water quantity, vegetation, instream structures and facilities, and land usage of the streams were investigated and the build up capabilities of ecological stream for the two streams were also analyzed.

Planning elements for restoration to ecological stream included physical and biological purification methods in water quality, short term water acquire alternatives in water quantity, and vegetation recovery plan and improvement of habitation environment in ecological system, respectively. Planing elements in physical structures and facilities also included recovery of concrete levee and removal and recovery of covered channel.

Key Words : Ecological stream, Recovery, Planning elements, Eco-system, Urban stream

#### 1. 서 론

최근 많은 지방자치단체들이 수질오염과 건천화, 치수목적의 인공적인 하천정비 등으로 인해 자연환경이 훼손된 도시 소하천을 자연성과 생명력이 넘치는 생태하천으로 복원하려는 계획이나 사업을 활발하게 추진하고 있다<sup>1)</sup>. 이같은 현상은 지난 90년대 중반 이후 시작된 서울 양재천이나 수원천 등의 친 자연형 하천조성사업이 긍정적으로 평가되고, 또한 여러 매체를 통해 성공적인 하천정비사례로 소개되면서 각 지자체와 지역주민, 환경관련 민간단체들의

관심이 고조된 결과라고 볼 수 있다.

특히 도시 소하천은 이미 주변유역이 인구밀도가 높은 주거지나 상업지역으로 개발되어 하천환경 개선에 대한 사회적인 압력이 그 어느 곳보다 집중되고 있는 공간이다. 오염된 도시하천을 생태하천으로 복원·재생하는 사업은 이제 각 지자체가 추진하고 있는 쾌적한 도시 만들기의 필수적인 계획요소가 되었고 그 도시의 환경수준을 가늠하는 척도로까지 인식되고 있다.

그러나 생태하천 조성사업은 그 관심과 요구에 비해 아직 국내에서의 계획경험이 부족하고 기초조사 및 연구가 충분하게 진행되지 못하여 조성사업이 시행된다고 하더라도 그 성과가 불확실하며 많은 위험부담이 따르고 있다. 이러한 점은 지난 20~

Corresponding Author : Seong Chirl Kim, Dept. of Space Design, Ulsan College, Ulsan 682-093, Korea  
Phone : +82-52-230-0635  
E-mail : sckim@mail.uc.ac.kr

30년간의 실행과정에서 많은 시행착오를 거듭해 오늘날에 이른 선진 외국의 하천 생태계 보전 및 복원 사업을 통해서도 알 수 있다<sup>2)</sup>.

따라서 각 지역의 도시 소하천에 대한 생태하천으로의 보전 및 복원사업은 외국이나 국내 타 하천에서 적용되었던 계획기법이나 물리적 외형을 단순 모방해서는 성공하기 어렵다. 먼저 각 하천이 지닌 특성과 제반 여건을 면밀하게 조사·분석하고 이를 토대로 계획의 구체적인 방향과 목표를 설정함으로써 사업성과의 불확실성과 위험부담을 줄이도록 해야 한다.

즉 생태하천 조성사업은 계획대상 하천의 개황, 수량, 수질, 하천생태계, 하천구조물 및 둔치의 이용 시설물, 주민의 요구도 등에 대한 철저한 현황조사와 진단을 통해 계획의 일반적인 요소와 그 하천만의 고유한 중점요소를 추출하는 것에서부터 시작되어야 한다. 이를 바탕으로 대상 하천의 수용능력과 제반 사회·환경적 여건을 고려하여 조성하려는 생태하천의 목표를 설정하고 부문별 원칙, 계획목표치, 지표, 도입공법 등을 구체화해 나가는 체계적인 접근방법(systematical approach method)이 무엇보다 중요하다.

도시 소하천의 생태하천조성과 관련하여 지금까지 진행된 연구는 대부분 자연형 저수호안 조성기법<sup>3-5)</sup>, 하천 식생조사와 수변식물의 수질개선효과<sup>6)</sup>, 하천자연도 평가기준<sup>7-10)</sup> 등에 집중되어 왔다. 이러한 연구는 단편적인 시각에서 국내의 하천 일반에 적용 가능한 공법 개발이나 개선방안 도출에 초점이 맞추어진 것이다. 그러나 생태적 다양성과 건전성이 넘치는 생태하천으로의 개선은 수질, 수량, 동식물의 서식공간, 하천경관 등 하천환경을 구성하는

다양한 요소에 대한 종합적인 지식과 평가, 개별하천의 특수성에 대한 이해와 경험의 축적을 통해서만이 달성될 수 있다. 지난 1995년부터 2001년까지 총 6년 동안 한국건설기술연구원에서 서울 양재천을 대상으로 실시한 자연형 하천공법 개발사업<sup>11-12)</sup>은 이러한 종합적인 연구의 대표적인 사례라고 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 울산광역시시의 대표적인 도시 소하천으로 현재 생태하천조성 사업이 추진 중인 무거천과 여천천을 대상으로 하여

첫째, 하천의 수질, 수량, 식생, 하천구조물, 주변 토지이용도 등에 대한 면밀한 현황조사를 실시하고 둘째, 다양한 하천 환경요소에 대한 조사결과를 토대로 생태하천의 가능성을 분석·검토하며

셋째, 생태하천 조성에 있어 고려되어야 할 부문별 계획요소를 도출함으로써 울산지역 도시 소하천의 특성을 규명하고 생태하천조성의 계획준거를 제시하는데 목적을 두었다.

본 연구의 결과는 차후 각 지역의 생태하천조성 계획 수립에 있어 하나의 사례연구로 활용될 수 있을 것이며 더불어 국내 도시 소하천에 적합한 자연형 하천공법 개발 시 요구되는 기초자료 축적에도 기여할 것으로 사료된다.

## 2. 연구 대상하천의 개황 및 연구방법

본 연구는 울산광역시역내 지방2급 하천 중 인구 밀집지역인 도심을 관류하며 이미 하천의 자연환경이 심하게 훼손되어 지역주민들의 친자연형 하천개발에 대한 요구도가 높은 무거천과 여천천을 연구 대상으로 하였다. 대상 하천인 무거, 여천천의 위치 (Fig. 1)와 전경(Fig. 2, 3)을 아래에 나타내었다.

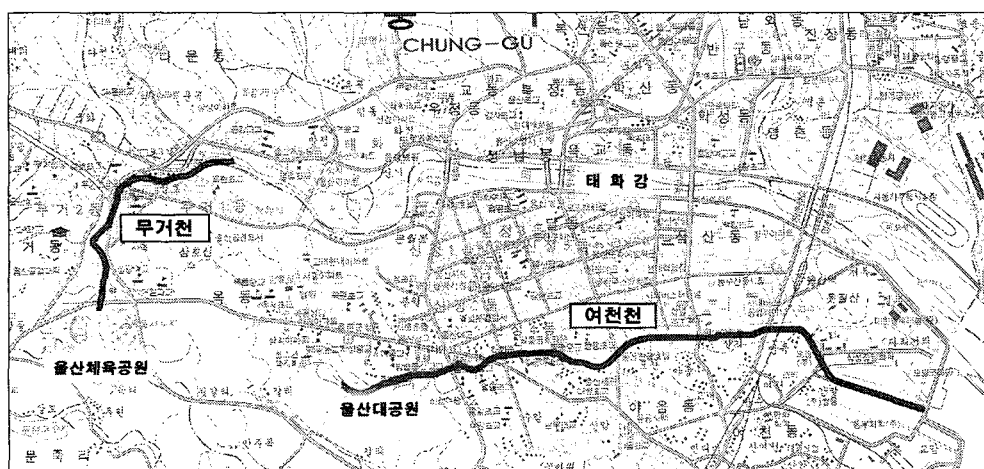


Fig. 1. Location of Mugeo and Yeocheon streams in Ulsan.



Fig. 2. Scenery of Mugeo stream.



Fig. 3. Scenery of Yecheon stream.

무거천은 울산광역시 남구 무거동 엄골 저수지 상류에서 발원하여 사행을 거듭하면서 아파트단지 와 주거지역을 지나 울산의 빗줄인 태화강으로 합류된다. 무거천의 전체 유역면적은 5.67 km<sup>2</sup>, 유로연 장 4.34 km이며 하천형상은 수지형(樹枝形)을 이루 고 있다. 하천의 하상경사는 상류부가 1/60 정도로 급하고 중·하류부는 1/100~1/300 정도이다. 무거 천은 1996년에 무거천 하천정비기본계획이 수립되 었으며 1999년 옥현지구 택지조성 및 주거단지개발 과 관련하여 무거천 중·상류구간 875 m를 유로변 경 하였고 유로변경 구간은 공사를 시행하면서 자 연친화적인 하천으로 조성하였다.

여천천은 울산광역시 남구 옥동에 위치한 해발 120 m의 삼호산에서 발원하여 울산시의 신시가지를 관류, 태화강과 대체로 평행하면서 유하하여 울산만 으로 유입된다. 하천연장은 도심 내 지천 중에서 가 장 긴 6.42 km에 달하고 유역면적은 19.94 km<sup>2</sup> 이 며 하폭은 30~50 m정도이다. 여천천은 1989년에 수립된 하천정비기본계획에 의거하여 하류 일부구 간을 제외한 대부분의 구간이 정비되었으나 이는 단순히 홍수시의 치수안정성을 확보하기 위한 물리

적인 하천정비계획에 불과하였다.

무거천과 여천천의 하천개황을 요약하면 다음 Table 1과 같다.

연구대상 하천에 대한 현황분석은 최근 진행한 무거천 생태하천조성 타당성 조사연구<sup>13)</sup>와 여천천 생태하천조성 타당성 조사연구<sup>14)</sup>의 내용을 중심으 로 분석하되 수정이 요구되는 부분은 현장조사를 통해 추가·보완하였다. 이것은 최근 1~2년 동안 연구대상 하천에 인위적인 하천개수나 정비사업과 같은 물리적인 변경이 전혀 없었고, 따라서 하천의 수질, 수량, 식생 등 하천구성요소가 연구결과에 영 향을 미칠 만큼 변화되었다고 볼 수 없기 때문이다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 하천의 수질

생태하천 조성사업을 위해서는 하천 수질에 대한 적절한 개선방향을 수립하고 그 하천에 적합한 수 질정화 공법을 선정하는 것이 매우 중요하다.

대상하천의 수질현황분석을 위해 수질 측정은 무 거천의 경우 3개 지점에 대하여 3차에 걸쳐, 여천천 은 6개 지점을 선정하여 3차에 걸쳐 시료를 채취하

Table 1. Present condition of streams studied

Contents \ Stream	Mugeo	Yecheon
Location	Namgu Mugeodong	Namgu Shinjungdong
Stream length (km)	2.45	6.42
Channel length (km)	4.34	6.42
Stream area(km <sup>2</sup> )	5.67	19.94
Levee repair ratio (%)	100	88.24
Width (m)	20~25	30~50
Population (no.)	About 83,000	About 280,000
Land use	Residence or commercial area	Residence or commercial area

Table 2. Water quality measurement of stream studied

Stream name	Runs	Measuring date	Measuring point	
			Number	Point
Mugeo		1st : 2001. 5. 4 2nd : 2001. 5. 25 3rd : 2001. 6. 15	M1	Okhyun 3 Gyo
			M2	Okhyun 1 Gyo
			M3	Joining point with Taehwa river
Yeocheon		1st : 2002. 4. 18 2nd : 2002. 5. 30 3rd : 2002. 8. 27	Y1	Ulsan grand park
			Y2	Beginning point of covered channel
			Y3	End point of covered channel
			Y4	Yeocheon 3 Gyo
			Y5	Yeocheon Gyo
			Y6	Samsan landfill area

Table 3. Results of water quality analysis of Mugeo stream

Runs	pH	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	Remarks
M1	1st	7.04	12.6	13.4	15	8.524
	2nd	7.22	15.5	11.9	18	8.412
	3rd	7.11	15.9	13.3	17	8.339
	Average	7.12	14.7	12.9	17	8.425
M2	1st	7.31	16.2	11.2	6	8.559
	2nd	7.23	17.2	9.5	6	8.632
	3rd	7.13	15.4	9.7	4	8.773
	Average	7.22	16.3	10.1	5	8.654
M3	1st	7.37	27.9	18.9	23	9.203
	2nd	7.45	24.4	16.8	24	9.087
	3rd	7.58	26.5	16.5	17	9.043
	Average	7.47	26.3	17.4	21	9.111

여 pH, BOD, COD, SS, T-N의 5개 항목에 대하여 실시하였으며 수질측정방법은 Standard Method<sup>15)</sup>에 따랐다(Table 2).

먼저 무거천의 수질분석 결과(Table 3)를 보면 “환경정책기본법 제10조 제2항 및 시행령 제2조”에 근거한 하천 수질환경 기준 중 BOD 기준으로 전 지점(12.6-27.9 mg/L)이 V등급(10 mg/L 이하)을 상회하는 수준인 것으로 나타났으며, 하류로 갈수록 수질이 악화되는 것을 알 수 있다. 또한 T-N의 값도 전체적으로 8 mg/L을 상회하는 수준으로 나타났는데 이것은 무거천의 최종 유출지점인 태화강의 부영양화에 영향을 주는 것을 알 수 있다.

이러한 분석치는 1996년에 조사한 수질<sup>16)</sup>에 비해 더 악화된 것을 알 수 있는데 이러한 이유는 2000년부터 조성된 옥현지구 아파트 단지에서 배출되는

오수에 의한 영향으로 판단된다.

여천천의 수질분석 결과(Table 4)를 보면 수온의 경우 일반 하천과 비교하여 볼 때 지점별로 변화가 약간 큰 것을 확인할 수 있다. pH는 측정시기별로 약간의 차이를 나타내었지만 모든 지점(6.92-7.73)이 수질환경기준 I 등급(6.5-8.5)에 해당하였다.

여천천의 DO량은 하류로 갈수록 낮아지고 있는 것으로 나타났다. 특히 복개종점인 Y-3지점에서의 DO농도가 복개지점인 Y-2지점의 DO량과 비교하여 현저히 감소하였다. 여천천 하류는 수질환경하천기준 IV·V등급(2.0 mg/L 이상)에도 미치지 못하는 것으로 나타났다. 따라서 수중 생물은 산소 부족 현상이 발생하여 수중 생태계의 균형이 이미 파괴된 상태라고 할 수 있다.

여천천의 탁도는 측정시기별로 차이를 보였지만

Table 4. Results of water quality analysis of Yecheon stream

Runs	Water temp. (°C)	pH	DO (mg/ℓ)	Turbidity (NTU)	Color (CU)	SS (mg/ℓ)	BOD (mg/ℓ)	COD <sub>Mn</sub> (mg/ℓ)	Coliform (MPN)	
Y1	1st	16.0	7.54	5.86	10.26	55	24	12.7	19.95	7100
	2nd	19.0	7.19	5.77	5.404	8	13.2	10.95	13.77	5800
	3rd	22.5	7.09	5.39	6.52	15	83.5	12.52	15.02	11200
	aver.	19.17	7.27	5.67	7.39	26.00	40.23	12.06	16.25	8,033
Y2	1st	16.4	7.69	6.30	9.14	33	27	5.3	10.93	22000
	2nd	23.2	7.72	6.61	5.334	12	9.6	6.28	13.01	32000
	3rd	24.7	6.95	2.06	7.65	9	33	6.01	11.33	6000
	aver.	21.43	7.45	4.99	7.37	18.00	23.20	5.86	11.76	20,000
Y3	1st	15.2	7.60	2.93	18.46	73	35	19.8	23.70	10000
	2nd	20.0	7.53	0.19	16.164	35	30.4	34.8	27.51	4500
	3rd	23.9	6.98	1.81	4.64	10	27	12.20	17.50	10000
	aver.	19.70	7.37	1.64	13.09	39.33	30.80	22.27	22.90	8,167
Y4	1st	17.3	7.46	2.12	19.36	85	35	27.6	28.88	7500
	2nd	21.1	7.32	0.50	18.264	37	32.0	30.19	31.08	6000
	3rd	25.8	6.92	2.07	8.69	18	68	20.60	25.65	10400
	aver.	21.40	7.23	1.56	15.44	46.67	45.00	26.13	28.54	7,967
Y5	1st	14.9	7.70	0.60	15.26	87	34	15.4	19.60	7700
	2nd	24.6	7.56	1.97	13.664	31	30.8	17.8	22.31	8600
	3rd	27.0	7.01	0.23	3.55	11	36	10.60	18.79	12000
	aver.	22.17	7.42	0.93	10.82	43.00	33.60	14.60	20.23	9,433
Y6	1st	17.6	7.73	1.38	16.66	98	38	18.6	24.81	6200
	2nd	26.0	7.07	0.23	15.864	28	29.2	19.7	24.85	5600
	3rd	28.5	7.15	2.9	10.42	19	35	13.14	17.12	6400
	aver.	24.03	7.32	1.50	14.31	48.33	34.07	17.15	22.26	6,067

Y-5지점의 3차 측정에서 가장 낮은 값이 3.55(NTU)를 나타내었고 Y-4지점의 1차 측정에서 19.36(NTU)로 가장 높은 값을 나타내었다. 여천천의 색도 또한, 측정시기별로 큰 차이를 나타내었고 전체적으로 하류로 갈수록 색도가 증가하는 것으로 나타났다.

여천천의 평균 부유물질(SS)농도는 약 34.4 mg/L로 수질환경하천기준 III등급(25 mg/L 이하)보다 높은 농도를 나타내었다.

여천천의 생물화학적 산소요구량(BOD)은 수질환경하천기준 V등급(10 mg/L 이하)에도 크게 못 미치는 수준으로 나타났다. 특히 Y-3지점과 Y-4지점의 농도가 가장 높게 나타났다.

여천천의 화학적 산소요구량(COD)은 10.93 mg/L - 31.08 mg/L의 범위를 나타내었다. 지점별로 살펴보면 전반적으로 Y-2지점과 Y-3지점이 가장 큰 차

이로 농도 증가를 보였으며, Y-4지점이 가장 높은 농도를 나타내었다.

여천천의 대장균군수를 측정한 결과, 2차측정의 Y-3지점이 4,500 MPN/100ml를 나타내어 수질환경하천기준 V등급(5,000 MPN/100ml 이하)에 해당하였고, 나머지 모든 지점은 모든 측정에서 기준을 초과하였다.

### 3.2. 하천의 유량

도시하천의 유지유량은 기본적으로 하천보전 및 복원 등을 위한 자연적 기능과 인간이 하천을 이용하는 데 필요한 인위적 기능을 유지하고 관리하는데 필요한 최소한의 하천유량을 말한다.

무거천의 유량은 2차례에 걸쳐 무거천과 태화강이 합류하는 지점의 낙차공에서 측정하였으며 각 측정일마다 시간대별 변화유량을 파악하기 위해 3

회(9시, 13시, 19시)에 걸쳐 실시하였다. 현재 무거천 전체 구간에서 하수관거를 통해 무거천으로 배출되는 배출구는 총 19개이다(Table 5).

조사결과 1차 측정된 유량은 약 15,000 m<sup>3</sup>/day이었으며 2차 측정 유량은 21,118 m<sup>3</sup>/day였다. 2차 측정 유량이 1차 측정 시 보다 증가한 이유는 1차 측정 후 2차 측정 시점까지 24일 동안 총 254.9 mm의 강우량이 발생하였기 때문으로 판단된다.

측정된 전체 배출구의 배출량을 기준으로 보면 주요 오염원은 옥현3 배수문, 옥현2 배수문, 옥현1 배수문, 삼호3 배수문, 삼호1 배수문 지점에서 배출되는 생활하수이며 전체 무거천 수량의 71%를 차지하고 있음을 알 수 있다.

여천천의 유량은 우기인 7월 15일과 건기인 12월 12일에 하천 구역내 7개 교량에서 유량측정 실험을 실시하였다. Table 5에서 보면 7월 15일의 경우 하구의 유출량이 13,478 m<sup>3</sup>/day로서 평균갈수량보다 큰 것으로 나타났는데 그 이유는 측정시점 이전에 대한 5일 선행강우 57 mm(7.13~7.15), 30일 선행강우 244 mm(6.15~7.15)(울산관측소)량이 발생하였기 때문으로 판단된다. 또한 12월 12일의 유출특성을 검토한 결과 하구의 유출량은 6048 m<sup>3</sup>/day로서 우기의 약 74%에 해당되는 것으로 검토되었다.

### 3.3. 하천식생

하천은 홍수터(범람원)를 포함한 수변의 육서생태계와 흐르는 물을 포함한 수서생태계의 중요한 서식처(biotop)가 된다. 특히 하천생태계(stream ecosystem)에서 하안식생(riparian vegetation)은 주요한 기초 생산자로서 생물다양성 유지, 유량조절, 수질정화, 하안보호, 경관증대 등의 다양한 기능을 수행한다.

따라서 본 연구에서 생태계 조사는 수질오염과 하천양안의 도시화로 인해 대상하천의 어류 등과 같은 생태계가 이미 훼손된 점을 감안하여 식물상이나 식생조사 위주로 실시하였으며 하천별로 각각

2차례에 걸쳐 현지조사를 하였다.

조사방법은 식물상의 경우 사업구간 및 주변지역의 하천변을 따라 걸어가면서 하천변에 자라는 수변식물과 하천 내에 생육하는 수변 및 수생식물을 조사하여 실험실에서 동정, 확인한 종명을 근거로 하여 기록하였다. 또한 사업구간 및 주변지역의 식물상 목록을 작성하였으며 동정 및 분류는 대한식물도감<sup>17)</sup>의 체계에 따랐다.

식생조사는 사업구간을 중심으로 지형과 상판에 의해 구분된 군락형별로 방형구(1 m×1 m)를 설치하고 Braun-Blanquet의 식물사회학적방법(Z-M법, 1964)<sup>18)</sup>에 따라 출현하는 관속식물들의 우점도 및 군도를 기록하였으며 식물군락을 분류하였다.

보다 세밀한 식생조사를 위해 무거천은 전체 구간을 6개 소구간으로, 여천천은 19개 소구간으로 나누어 각각 경관현황과 단면모식도를 작성하였으며, 대표적으로 여천천 6구간의 단면모식도와 경관을 Fig. 4에 나타내었다.

조사결과 무거천에 분포하는 식물상은 총 28과 61속 65종 10변종 1품종을 포함하여 76종이 분포하고 있는 것으로 조사되었으며 그 목록을 요약하여 Table 6에 수록하였다.

무거천에 분포하는 식물종을 자생종, 제방식재종, 귀화식물종 등으로 구분하면 자생종은 총 21과 38속 39종 6변종 1아종으로 총 46종이 출현하였고 구성종으로는 쇠뜨기, 강아지풀, 환삼덩굴, 고마리, 점나도나물, 미나리, 메꽃, 쑥, 방가지똥 등으로 전체 소산식물종의 60.53%를 차지한다. 무거천의 관목 및 교목의 제방주변 및 울타리 식재종으로는 총 4과 6속 5종 1변종 등으로 곶술, 희말라야시다, 무궁화, 팽나무, 개나리, 왕벚나무 등으로 조사되었다.

하천변에 주민들에 의하여 경작되고 있는 재배식물로는 총 13과 19속 17종 5변종 1품종으로 전체 소산식물종의 30.3%에 해당되며, 옥수수, 호박이 대부분을 차지하고 있다. 우리나라 비토착종인 귀화식물

Table 5. Results of volumetric flow rate measurement

Stream name / Items	Measuring date	Volumetric flow rate	
		(m <sup>3</sup> /sec)	(m <sup>3</sup> /day)
Mugeo	1st (2001. 6. 15)	0.173	14,941
	2nd (2001. 7. 10)	0.244	21,118
	Average	0.21	18,030
Yeocheon	1st (2002. 7. 15)	0.156	13,478
	2nd (2002. 12. 12)	0.070	6,048
	Average	0.11	9,763

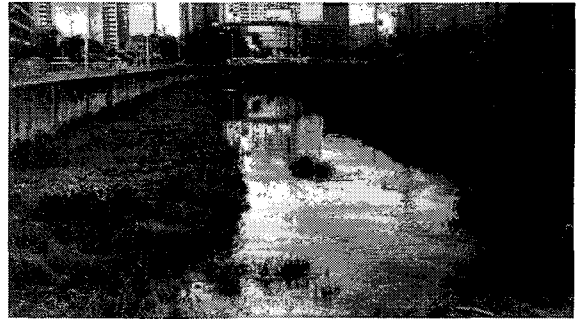
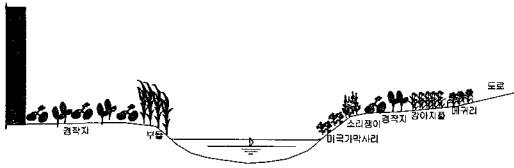


Fig. 4. Sectional plant sketch and scenery of 6th block of Yecheon stream.

Table 6. Plants of Mugeo stream

Phylum	Unit	Family	Genus	Species	Mutation	Breeding	Total
Equisetaceae		1	1	1			1
Gymnosperm		1	2	2			2
Monocotyledon		3	13	12	1		13
Dicotyledon		23	45	50	9	1	60
Total		28	61	65	10	1	76

은 총 13과 24속 23종 3변종을 포함한 26종으로 오리새, 개보리, 쯤명아주, 애기수영, 개망초, 미국가막살이 등이며 전체 소산식물종의 34.2%로 조사되었다.

무거천의 식생군락은 미나리군락, 환삼덩굴군락, 고마리군락, 개여뀌 등으로 구분되나 이들 군락들의 분포는 매우 제한적이고 국지적으로 발달하고 있어 식생유형으로는 구별할 수는 없다.

하지만 하천변의 저습한 지형에 잘 발달하는 식생군집인 고마리군락, 미나리군락, 개여뀌군락, 환삼덩굴군락 등은 다른 군락들 보다 넓은 지역에 분포하고 있어 대규모의 군락으로 발달할 가능성이 있다. 건조한 제방법면(잔디, 메꽃, 쇠뜨기, 명아주)이나 하천변의 건조한 지역에는 개밀, 호밀풀, 개보리들이 주로 발달하여 주변의 재배식물인 옥수수, 호박 등과 함께 주변지역에 넓게 형성하고 있어 하천변식생의 전형적인 형태를 가지고 있다.

여천천에 분포하는 식물상은 총 29과 65종 9변종 1품종을 포함하여 75종이 분포하고 있는 것으로 조사되었다. 분포하는 식물종을 자생종, 제방식재종, 귀화식물종 등으로 구분하면 자생종은 총 21과 38종 7변종 1품종으로 총 46종이 출현하였고 재배식물로는 총 14과 18종 5변종 1품종이, 귀화식물은 총 13과 21종 3변종을 포함한 24종이 조사되었다.

여천천의 식생은 환삼덩굴, 강아지풀, 개여뀌, 미국가막살이, 고마리 등의 수변식물이 분포하며, 일

부 줄, 부들 등의 정수식물이 분포하고 있다.

#### 3.4. 물리적 구조와 시설물

무거천은 전구간에 걸쳐 하도정비가 완료된 상태로 하천의 횡단구조는 단단면형태를 보이며 저수로는 직선화되어 있다. 하천시설물은 하도내의 낙차공이나 배수문 이외의 다른 시설물은 없으며 고수호안은 홍수피해를 예방하고 치수 안정성을 확보하기 위해 좌우 양안을 대부분 콘크리트 블록으로 정비하였다.

현재의 제방고는 3.0~3.3 m 정도로 높은 편이나 별다른 접근시설이 없어 둔치나 저수로까지의 접근성은 불량한 편이다. 무거천의 하류구간 약 200 m에는 이미 하천 복개가 시행되었고 본류인 태화강과의 합류지점에는 1.5 m 높이의 콘크리트 weir가 설치되어 태화강과 생태적으로 단절시키는 장애물로 작용하고 있다.

여천천은 1989년 “여천천 하천정비기본계획”이 수립되었으며 그동안 하천 정비사업이 지속적으로 실시된 결과 현재 88.2%의 개수율을 보이고 있다. 여천천의 하천구조물은 무거천과 같이 그간의 하천 정비공사가 ‘방재하천’의 개념하에 주로 배수로 확보를 통한 치수의 효율성 제고 차원에서 실시되었기 때문에 낙차공, 배수문 이외에 다른 시설물은 없다. 특히 전체구간 중 상류지역 1,156 m 부분이 1993년부터 2002년에 걸쳐 진행된 2차례의 복개공사로

인해 하천으로서의 기능을 상실한 채 하수구 역할을 하고 있다.

현재 여천천의 배후지는 도시화로 인해 중상류 구간의 대부분이 주거지로 변화되었으며 특히 중류구간은 고층아파트 단지가 밀집되어 하천의 경관은 매우 인공적이며 폐쇄적이다. 하천으로의 접근성은 중상류 구간의 경우 높은 수직콘크리트 제방과 옹벽으로 인해 접근이 다소 어려우며 하류구간은 공업단지 및 항만구역이 입지하여 주민들의 접근이나 이용은 거의 이루어지지 않고 있는 실정이다.

#### 4. 생태하천 조성사업의 계획요소 도출

연구대상 하천에 대한 부문별 현황 조사·분석 결과를 토대로 향후 생태하천시 고려되어야 할 계획요소를 다음과 같이 제시해 보고자 한다. 생태하천 계획요소의 도출에 있어 계획부문 및 항목은 기존의 하천자연도 평가기준에 대한 연구들<sup>19~21)</sup>에서 제시한 내용을 참고하여 선정하였다.

##### 4.1. 하천의 수질

오염된 도시 소하천을 생태하천으로 복원함에 있어 기본적인 사항은 하천생태를 유지시키는 물의 복원과 하천의 물리적 구조의 복원을 가리키며 물의 복원은 수량과 수질의 복원을 의미한다. 이때 수량의 복원은 곧 유지유량을 나타내며 수질의 복원은 오염물의 하천유입 방지와 하천수질의 정화를 가리킨다.

수질 분석결과 무거·여천천의 수질은 하천 수질 환경 기준의 최하등급에도 훨씬 미치지 못하는 것으로 나타났다. 수질분석 결과만을 보면 물은 이미 하천수로서의 기능을 상실하였으며 그 결과 하천은 하수 배출시설로 전락한 실정이다. 따라서 생태하천 조성계획의 최우선 사업은 먼저 수질개선에 대한 종합적인 계획을 수립하는 것이다.

수질개선 계획의 주요소는 먼저 해당 지역의 오염부하량을 정확하게 산정하는 것이며 이를 근거로 수질개선의 목표치를 설정해야 한다. 물론 목표수질의 설정은 복원코자 하는 대상하천의 생태계 회복 수준과 연계시켜 결정할 수밖에 없다.

수질개선의 목표가 정해지면 그것을 실현시킬 적정 수질정화공법에 대한 검토가 이루어져야 한다. 하천 수질정화공법은 지금까지 다양한 물리·화학·생물학적 방법이 개발되어 적용되고 있다. 무거·여천천의 수질과 하천특성을 고려해 볼 때 도입 가능한 수질정화공법은 가장 먼저 하천 하부의 퇴적토 준설과 하천 유역 내 적절한 지점에 역간접축산화법과 같은 직접정화공법을 도입하는 것이라고 판단된다.

그리고 하천 정화시설의 도입에 따른 문제 발생 요인에 대한 적절한 조치가 필요할 것이다. 정화시설 운영 시 고려사항은 수온, 유입수질 및 유량이라 할 수 있다. 우리나라의 특성상 기온에 의한 수온변화가 크고 유입수질의 변화폭도 크게 나타나고 있으며 특히 시간대별 수질변화폭이 크게 나타나고 있다. 아울러 유량의 경우도 일간 변화폭이 크므로 하천 정화시설의 운영 시뿐 아니라 설계 시에도 수온, 유입수질, 유량의 변화 등에 대한 철저한 고려가 필요하다.

또한 생활하수의 상당 양이 대상하천으로 유입되어 수질 악화의 원인을 제공하고 있으므로 생활하수에 대한 하수관거의 정비, 소규모 하수처리시설 건설 등의 근본적인 수질 개선책도 함께 계획되어야 한다.

##### 4.2. 하천의 유량

조사결과 무거·여천천의 현재 하천 유량은 평균 갈수량을 상회하는 것으로 나타나 심각한 건천화 현상은 보이지 않았다. 그러나 전체 배출량의 약 60~70%가 생활하수로 구성되어 있어 향후 하천유역의 하수 차집관로공사가 완료되면 상시 유수량은 현저하게 감소할 것으로 예상된다. 특히 갈수기에는 유량이 급격하게 줄어들어 건천화가 진행될 것으로 판단된다.

따라서 하천생태계 회복, 수질보전 및 경관개선을 위해서는 적절한 하천 유지유량 확보 대책의 수립이 요구되며 이것은 수량확보 부문에 있어 가장 우선적으로 해결해야 할 계획요소라고 판단된다. 그러나 무거·여천천도 국내 여느 도시하천과 마찬가지로 하천변의 시가지화와 그로인한 불투수층의 증대, 하수의 차집 등으로 하천 자체적으로 유지유량 확보가 어려운 실정이다.

현재 검토 가능한 유지유량 확보 방법으로는 대구 신천과 같이 분류수(태화강물)나 당해하천수를 하류에서 재처리 후 상류로 도수하는 방안, 지하수 개발이나 저류지 건설과 같이 신규수원을 확보하는 방안, 생활하수나 우수, 공장폐수를 처리 후 방류시키는 방안, 유역의 침투력과 자연 저류력을 증가시켜 기저유출량을 높이는 방안 등이 있다.

이러한 방안 중 태화강물이나 당해하천의 재처리수를 도수하는 방안이 단기적인 측면에서 볼 때 가장 현실적이고 안정적이거나 공사비가 과다하고 갈수기에 분류의 유지유량 부족현상을 야기할 수 있는 단점이 있다. 생활하수나 우수의 재활용, 유역관리를 통한 함수능력 증대와 같은 방안은 친환경적이고 갈수기에도 안정적인 유량확보가 가능하다는 장점이 있으나 수질 처리기술문제의 선해결, 유지관리



의 어려움, 사업추진기간의 장기화와 불확실성 등이 장애가 된다.

따라서 무거·여천천의 유지유량 확보 방안은 경제성과 기술성, 실현가능성, 지속성, 환경성 등 모든 항목에서 면밀하게 평가한 뒤 가장 합리적인 것으로 결정하여야 하며 한가지 방안의 선택보다는 타당한 복수의 방법을 병행하여 추진하는 것도 바람직할 것으로 판단된다.

#### 4.3. 하천식생

조사대상 하천은 하천지형의 교란과 환경오염으로 인해 고유한 생태계가 훼손·교란되어 있으며 이에 따라 자연식생은 거의 분포하지 않는 상태이다.

하천식생에서 심각한 현상은 귀화식물인 돼지풀군락(*Ambrosia artemisiifolia*), 미국가막살이(*Bidens frondosa*) 등이 전지역에서 식생의 많은 부분을 차지하고 있어 식생의 단조로움뿐만 아니라 건전한 하천식생의 생태적 불균형을 초래할 가능성이 높다는 것이다.

생태하천 조성에서 생태계 및 식생 회복부문에 대한 주된 계획요소는 하천 생태계 교란의 일차적인 원인이 되고 추이대(ecotone)에 서식하는 동식물의 발생을 저해시키는 호안부의 콘크리트화 블록과 옹벽 등을 철거하여 서식환경을 개선하는 것이다. 또한 생태계 복원의 명확한 목표와 방향을 설정하고 특히 하천변의 주요한 기초 생산자인 식생을 복원하는 것이다.

식생은 대상하천에 자생하는 식물종을 적극 도입하되 야생조류 및 곤충들을 유인할 수 있는 식이식물이나 은신처 역할을 하는 수종을 식재한다. 또한 갈대, 줄, 큰고랭이, 고마리, 개여뀌, 부들, 미나리 등과 습지식물을 식재하여 양서류의 산란이나 서식에 필요한 은신처 공간을 제공하고 수질정화에도 기여하게 하는 것이 필요하다.

현재 대상하천의 생태계가 인근 차량도로, 주택지 등에 의해 고립되어 있으므로 도시차원에서 인근의 육상생태계와 하천생태계를 서로 연결시키는 생태이동통로(eco-corridor)를 설치하여 하천 생태계의 다양한 기능을 회복시킬 수 있는 방안이 마련되어야 할 것이다.

생태하천 조성 후 식생 안정화를 위해 식물분포 역별로 수종을 달리할 수 있는 식재수종에 대한 식재지침과 식재후의 지속적인 모니터링과 관리지침을 마련하는 것도 고려되어야 할 것이다.

#### 4.4. 물리적 구조와 시설물

무거·여천천은 그간 진행된 하천정비 결과 저수로는 직선화되고 호안부는 대부분 콘크리트 블록이나 옹벽으로 정비되어 생태계 교란의 원인을 제공

하고 있다.

하천의 물리적 구조와 형태 개선부문에 있어 주된 계획요소는 교란된 하천지형과 구조를 원래의 자연하천 상태로 최대한 되돌리는 것이다.

이를 위해서는 먼저 하천의 선형을 자연적인 형상으로 개선해야 하나 이를 수용할만한 하천 유역의 공유지가 없으므로 하천 전체의 형태를 바꾸는 것은 불가능하다. 따라서 현재 저수로 호안으로 고정된 저수로 법선을 치수안정성이 확보되는 범위 내에서 부분적으로 사행시킴으로서 하천의 자연성과 자정능력 및 생물의 서식환경이 증진되도록 해야 한다. 더불어 단순한 횡단면의 형태를 개선하여 저수로 양안에 생물의 서식에 필요한 습지나 홍수터를 조성하는 것도 필요하다.

친수공간은 하천 본래 기능인 이·치수 기능을 저해하지 않는 범위 내에서 하천이용에 필요한 최소량만 도입하여 생태적 서식환경을 침해하거나 교란하지 않도록 조성하는 것이 바람직하다. 대상하천은 하폭이 좁고 고수부지 공간이 협소하므로 다양한 이용시설의 도입은 어렵다. 직접 이용시설보다는 관찰데크나 친수형 접근계단 등 정적인 감상형 시설 위주로 계획되어야 한다.

무거·여천천의 기존 하천구조물과 관련하여 가장 중점적으로 고려되어야 하는 것은 상류구간에 설치된 복개부분에 대한 처리문제이다. 생태하천 조성을 위해서는 서울의 청계천에서와 같이 반드시 철거되어야 한다.

지금까지의 논의를 통해 도출된 생태하천 조성에 있어 고려되어야 할 부문별 계획요소를 요약 정리하면 다음 Table 7과 같다. 각각의 부문별 계획요소는 생태하천 조성사업의 과정과 대상하천의 제반여건 등을 참고하여 우선도를 상·중·하로 표시하였다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 울산광역시의 대표적인 도시 소하천으로 현재 생태하천조성 사업이 추진중인 무거천과 여천천을 대상으로 하천이 지닌 물리·화학적, 구조적 특성과 제반 여건을 면밀하게 조사·분석하여 향후 생태하천조성 사업 시 고려되어야 할 부문별 계획요소와 계획준거를 도출하였다.

생태하천 계획요소를 요약하면 먼저 수질부문에 있어 주 계획요소는 수질개선의 목표를 실현시킬 적정 물리·화학·생물학적 수질정화공법에 대한 검토와 생활하수에 대한 하수관거의 정비 등에 대한 개선책 수립으로 나타났다.

하천의 유량부문에서는 하천생태계 회복, 수질보전 및 경관개선을 위한 적절한 하천 유지유량 확보 대책의 수립이 가장 우선적으로 해결해야 할 계획

Table 7. Planning elements for restoration to ecological stream

Contents	Planning elements	Detail items	Priority
Water quality	Estimations of pollution load	Pollution source survey and estimation of pollution load	○
	Goal settings of water quality improvement	Goal settings of water quality improvement suitable to stream	◎
	Physical purification methods	Riffle treatment, dredging, aeration in water etc.	●
	Biological purification methods	Purification plant, swamp, contact oxidation process etc.	●
	Physical+biological purification methods	Oxidation lagoon, soil penetration etc.	◎
	Sewage pipe improvement alternatives	Sewage pipe improvement, discharge water quality regulation establishment	○
	Management alternatives of stream	Establishment of water quality management plan after ecological stream	○
Water quantity	Maintenance water quantity	Maintenance water quantity for ecological stream	○
	Needed water acquire alternatives (short term)	Taehwa river, treated water recycle etc.	●
	Needed water acquire alternatives (long term)	Sewage · rainfall · wastewater reuse, penetration layer enlargement	◎
	Reuse water quantity estimation	Reuse water quantity estimation(sewage, stream water etc.)	◎
	Adequacy evaluation	Evaluation of economical · technical feasibility with maintenance water acquire alternatives	●
Ecological system	Improvement of habitation environment	Wracking and replace of concrete block revetment	●
	Goal setting	Goal setting of long term eco-system recovery	◎
	Vegetation recovery plan	Planting selection and plan of instream and stream corridor	●
	Other organisms	Recovery of habitation for fishes · insects · amphibious · birds	◎
	Eco-corridor	Riffle · pool, fish ladder, grass land construction in channel	◎
	Riparian filter forest	Prevention of pollution resource · build up riverside forest for reserving organisms	○
	Maintenance plan of eco-system	Maintenance plan of plant, animals, stream landscape, swamp	○
Physical structures and facilities	Channelization to linear	Adequate detail channelization to linear	○
	Channel sectional plan	Design and determination of stream width and height	○
	Making of riffle and pool	Determination of form, material, and distance of riffle and pool	◎
	Recovery of low flow channel	Layout of close-to-nature stream	◎
	Recovery of floodplain	Design of close-to-nature floodplain structure and swamp, tree-planting etc.	◎
	Recovery of levee	Close-to-nature material, techniques, decline plane tree-planting etc.	●
	Removal of obstacle	Removal and recovery of covered channel, concrete drop structure	●
	Design of riverside facility	Static artificial structures such as approach, view deck etc.	○

※Priority of planning element - ● : high, ◎ : middle, ○ : low

요소라고 판단된다. 생태계 및 식생 회복부문에 대한 주된 계획요소는 하천 생태계 교란의 일차적인 원인이 되고 추이대(ecotone)에 서식하는 동식물의 발생을 저해시키는 호안부의 콘크리트화 블록과 옹벽 등을 철거하여 서식환경을 개선하는 것과 생태계 복원의 명확한 목표와 방향을 설정하고 특히 하천변의 주요한 기초 생산자인 식생을 복원해야 하는 것으로 나타났다.

물리적 구조와 시설물 부문에 있어서는 직선화된 저수로로 치수안정성이 확보되는 범위 내에서 부분 조정하는 문제와 복개구간이나 콘크리트 낙차공 등의 인공적인 장애물의 철거·복원, 접근로, 관찰데크와 같은 정적인 친수시설물의 적절한 도입 등이 주된 계획요소로 분석되었다.

본 연구는 하천의 개황, 수량, 수질, 하천생태계, 하천구조물 및 둔치의 이용시설물, 주민의 요구도 등에 대한 철저한 현황조사와 실증적인 진단을 통해 생태하천 계획수립 및 조성단계에서 요구되는 계획의 일반적인 요소와 그 하천만의 고유한 중점 요소를 도출한 것이다. 하지만 제시된 생태하천 계획요소는 국내의 모든 소하천의 일반적인 상황을 대변하지 않는다는 근본적인 한계가 있으며 따라서 차후 각 지역 도시소하천의 생태하천 계획요소 개발에 대한 연구가 더욱 필요하다고 사료된다.

### 참 고 문 헌

- 1) 안양시, 2000, 안양천 살리기 연구용역 중간보고서, I 3-X4.
- 2) 최정권, 2002, 도시하천의 생태적 보전과 복원, 도시문제, 대한지방행정공제회, 42-55pp.
- 3) 손명원, 1998, 도시하천의 생태학적 역할과 개선 방안, 한국지역지리학회지, 4(1), 15-25pp.
- 4) 심우경, 백경중, 2000, 하천 저수로 호안의 친환경적 조성기법의 개발, 한국조경학회지, 28(1), 83-91.
- 5) 우효섭, 박재로, 2000, 하천 복원의 이해와 국내의 사례, 한국수자원학회지, 33(6), 15-28.
- 6) 박정규, 2004, 주원천 유역의 수질개선을 위한 생태하천 조성, 환경관리학회지, 10(1), 63-70.
- 7) 정경진, 1996, GIS를 활용한 하천자연도 평가에 관한 연구, 경원대학교 석사학위논문, 1-145pp.
- 8) 조용현, 1997, 우리나라 중소하천 코리도의 자연성 평가기법 연구, 한국조경학회지, 25(2), 74-75.
- 9) 김동찬, 박익수, 1999, 생태환경복원을 위한 하천자연도 평가기준에 관한 연구, 한국정원학회지, 17(3), 123-134.
- 10) 명현, 권상준, 김찬황, 2002, 하천의 생태적 복원을 위한 식생학적 진단 - 남한강을 중심으로, 한국조경학회지, 30(5), 98-106.
- 11) 환경부(한국건설기술연구원), 2000, 국내 여건에 맞는 자연형 하천 공법의 개발, 3-482pp.
- 12) 환경부, 2002, 하천복원 가이드라인, 3-233pp.
- 13) 이수식, 이철영, 서정호, 이재현, 김일배, 2001, 무거천 생태하천 조성 타당성 조사연구, 울산광역시 남구청, 1-124pp.
- 14) 이병호, 이철영, 이수식, 안승섭, 2002, 여천천 생태하천 조성 타당성 조사연구, 울산지역환경기술개발센터, 1-302pp.
- 15) American Public Health Association, 2000, Standard Methods for the examination of water and wastewater, 7th Ed., McGraw Hill, 21-27 and 70pp.
- 16) 대한주택공사, 1997, 무거천 하천정비기본계획(변경), 63-65pp.
- 17) 이창복, 1980, 대한식물도감, 향문사, 1-990pp.
- 18) Braun-Blanquet, J., 1964, Pflanzensoziologie Grundzuge der Vegetationskunde, Wien: Springer New York, 865pp.
- 19) 서울시정개발연구원, 1996, 자연형 하천으로의 정비방안 연구, 125-131pp.
- 20) 조용현, 1997, 생태적 복원을 위한 중소하천 자연도 평가방법개발, 서울대학교 박사학위논문, 57pp.
- 21) 김동찬, 박익수, 1999, 생태환경복원을 위한 하천자연도 평가기준에 관한 연구, 한국정원학회지, 17(3), 123-134.