

**국내 도시하천의 생태환경 조성을 위한
모형의 개발 및 적용**
- 부산 온천천유역의 적용사례를 중심으로 -

서 규 우 (동의대학교 토목공학과 교수)

제1장 도시하천 생태환경의 모형 개발

- 1.1 하천정비의 기본 방향
- 1.2 정비기업개발의 기본방향
- 1.3 생태환경 조성의 전제조건

제2장 생태환경 조성의 목표

- 2.1 기본 이념

제3장 하천생태계의 특성과 환경

- 3.1 하천 생태계의 정의
- 3.2 제한요인
- 3.3 도시하천 생태계의 특징

제4장 도시하천의 지형특성

- 4.1 하천개수에 따른 환경영향 검토

제5장 도시하천의 생물환경

- 5.1 어류
- 5.2 식생

제6장 생태환경 조성을 위한 적용기법

- 6.1 호안조성
- 6.2 추이대의 식재를 위한 기법
- 6.3 어류의 서식을 위한 기법

제7장 생태환경 조성기법의 적용사례

- 7.1 자연형 하천으로의 복원
- 7.2 부산 온천천유역의 적용사례
- 7.3 적용후 효과분석
- 7.4 적용사례의 고찰 및 분석

제8장 결 론

참고문헌

제1장 도시하천 생태환경의 모형 개발

국내 도시하천 생태환경 조성계획의 목표를 정리하기 위하여 국내 하천 정비 및 생태환경 조성의 문제점을 검토하였다. 또한 국내 도시하천 정비의 기본방향을 검토한 후 도시하천의 생태환경을 조성하기 위해 고려되어야 하는 전제조건 등을 파악하여 도시하천 생태환경 조성의 목표를 수립하였다. 본고는 도시하천의 생태환경 계획 및 설계(도서출판 누리에, 1999)를 참고하여 이론을 정리하고 적용사례를 후반부에 기술하였다.

1.1 하천정비의 기본 방향

오늘날 도시 하천은 근대이전의 도시하천과 그 기능과 역할이 다르다. 육상교통이 발달하지 않았던 과거의 하천은 지역간 물자수송의 주교통로 기능을 담당하였다. 홍수에 대비하는 치수정책은 중요한 통치과제중의 하나였다. 이후 산업과정에서 자동차, 철도중심의 육상교통발달로 수상교통로로서의 하천기능은 퇴색되었고, 용수원 확보와 홍수조절을 위해 하천 상류부에 많은 댐이 건설되면서 대부분의 도시가 홍수피해로부터도 안전한 지대로 변화하여 왔다. 급속한 도시화로 도시지역이 계속 확장되고 도시에서의 구릉지, 농경지 등의 자연 환경 요소가 점차 잠식되어감에도 불구하고 도시지역을 통과하는 하천과 그 지천들은 도시의 최소한 자연공간이자, 공공오픈스페이스로서의 기능이 부각되고 있다. 따라서 도시하천을 종합적으로 정비함에 있어서 다음과 같은 측면이 고려되어야 할 것이다.

- 자연생태공간으로서의 기능 회복

하천은 도시의 자연생태계를 구성하는 중요한 요소중의 하나이다. 오늘날과 같이 오염된 하수가 흐르고 각종 쓰레기가 방치된 버려진 공간으로의 하천이 아니라 맑은 물이 흐르는 수로와 수생식물이 서식할 수 있는 환경으로 회복시켜 자연학습공간으로서의 기능도 지녀야 한다. 하천은 귀중한 자연환경요소들이 보존되는 방향으로 정비되어야 하고, 거의 모든 제방을 도로부지로 계획하는 것은 하천변의 자연생태계파괴뿐만 아니라 수변도시경관을 크게 해치는 일이므로 재고되어야 한다. 이런 의미에서 하천수로의 지나친 직선화 정비방법, 하천의 과도한 복개사업, 고수부지 공간의 콘크리트포장 이용 등도 재고되어야 한다. 특히 소하천은 하수차집관로의 설치로 인해 평시에 건천화 됨으로써 하천 본래의 기능이 상실될 우려가 있는 만큼 항상 적정수량을 유지해야 한다.

- 공공오픈스페이스로서의 기능

현재 도시하천이 정비된 지역으로서는 천변도로 등에 의해 하천 접근이 차단되고 있는

지역이 많으나 본래 도시하천은 어느 지역에서나 접근하기 쉬운 선형적 오픈스페이스였다. 아울러 도시하천은 다양한 용도로 활용이 가능한 물과 수변공간이 있다. 이러한 조건들로 해서 도시 하천은 수상 및 수변레크레이션 공간, 체육 및 휴식공간, 주차장, 문화공간 등 적극적으로 이용가능한 공공공간으로서의 개발 잠재력을 지니고 있는 셈이다. 한강종합계획에서 고수부지활용이 다양한 용도로 계획 시행되고, 최근부터 수상레크레이션이 대중화되고 있는 것도 도시하천이 공공오픈스페이스로서 다양하게 활용될 수 있는 잠재력을 갖고 있기 때문이다.

- 자연과 인공이 조화되는 도시경관 창출

도시하천의 수변공간은 물과 숲, 습지 등의 다양한 자연환경요소가 있다. 식지내의 건물은 천연 자연요소들이 잘 어우러지도록 계획적으로 배려를 하고 있다. 도시 수변공간에서 자연과 인공을 조화시키고, 고품격의 경관을 창출시키려는 계획적 배려는 도시경관의 질 향상뿐만이 아니라 다양한 수변활동을 유도하기 위함이다. 이런 관점에서 도시경관자원으로서의 가치가 있고 생태적 보전이 필요한 자연환경은 보존되는 방향에서 하천 정비가 이루어져야 한다. 도시 주요 하천변의 일정지역을 수변지구로 지정하여 하천경관과 조화를 이룰 수 있도록 규제하는 방안도 강구되어야 할 것이다.

- 홍수 소통공간으로서의 기능의 유지

하천 상류부에 많은 댐이 건설되어 왔음에도 불구하고 도시하천의 주변지역이 도시개발과 각종 시설개발 등으로 국부적 집중호우시 도시하천의 홍수흡수능력은 여전히 과제로 남아 있다. 이는 홍수시 논, 밭, 임야 등의 자연 지역보다 시가지화된 지역의 유출계수가 크고 홍수도달시간도 짧아져 하천에 우수가 일시적으로 흘러내리게 되기 때문이다. 따라서 도시하천변의 저지대는 제방이 범람하지 않더라도 내수면의 침수로 인해 수해발생이 커질 가능성이 있다. 도시하천의 홍수 흡수능력을 유지하기 위해서는 하천개수시 홍수에 대비한 하천의 적정 통수단면이 유지되어야 하고 유수시, 빗물펌프장 등의 시설도 완비되어야 한다.

1.2 정비기법개발의 기본방향

하천환경을 구성하는 각 요소별 하천환경 정비기법 개발기본방향은 다음과 같다.

- 하천수량

- 수질, 생태계, 경관 등 하천환경면을 종합적으로 고려한 유수수량 결정 방법
- 도시, 지하수, 양수, 댐 등 하천수량의 확보 방안들의 선정기준 개발

- 하천 수질
 - 오염 특성별 최적 처리공정 선정 및 저비용의 오염하천 정화기법 개발

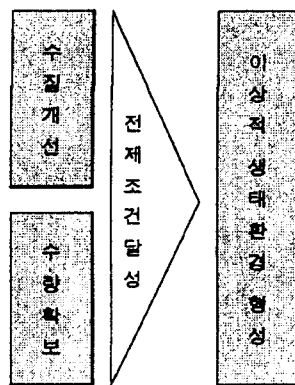
- 생태계
 - 생태계의 버전은 양호한 수질을 전제로 하므로, 어느 정도의 수질이 보장될 경우 생태계를 배려하고 경관상 인공미를 최소화한 공법을 도입
 - 생태계 보전기법 중에 시급히 개발할 필요가 있는 것은 하천개수의 계획, 설계, 시공상에 있어서 선진 외국의 지침서를 참고로 하여 생태계 및 경관/친수성을 고려한 하천정비에 대한 가이드라인 개발

- 하천공간
 - 하천공간 정비시 이용 및 보전구역 구분 및 공간의 배치기준의 개발
 - 하천 정비시 고수부지의 높이/저수로 폭의 적절한 결정방법의 개발

- 하천경관/친수성
 - 도시하천의 위락공간으로서의 개발가능성의 평가방법 개발
 - 자연 및 경관하천의 정량적 평가기준의 개발

1.3 생태환경 조성의 전제조건

앞으로 서술한 바와 같이 도시하천 생태환경 조성을 위해서는 악화되어진 수질의 개선 및 평시 수량의 감소로 인한 건천화를 해소하기 위한 방안이 먼저 강구되어야 한다.

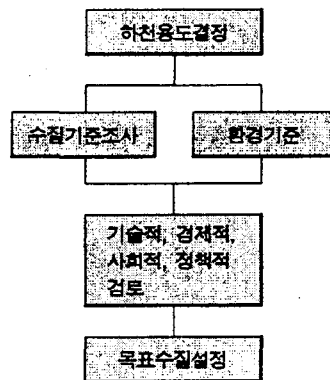


〈그림 1-1〉 생태환경조성의 전제조건

1) 수질개선

(1) 현황

도시내 각종 용수의 수요 증가에 따른 생활하수, 공업폐수 등의 배출량의 증가로 도시하천 수질은 악화될 수밖에 없다. 그래서 최근에는 대다수 도시가 오폐수만을 흐르게 하는 차집관로를 매설하여 하수 종말처리장에서 오폐수를 처리하고 있다. 그러나 하수종말처리장의 부실운영, 차집관로 매설의 미비, 오수관과 우수관의 잘못 연결 등으로 오폐수가 하천에 그대로 유입되고 있으며, 강우시 도로의 오물을 씻는 물이 하천에 유입됨으로서 도시하천의 수질을 하수종말처리장의 운영에도 불구하고 개선되지 않거나 때로는 악화되는 경우도 있다. 그리고 건천화로 인해 회석기능이 약화되고 하천정비사업에 따른 하천의 직선화와 하천 양변의 콘크리트제방 때문에 자정작용이 더욱 저하되어 도시하천 수질을 더욱 저하되어 도시하천 수질은 더욱 나빠지고 있다.



〈그림 1-2〉 목표수질 설정절차

(2) 목표수질의 설정

목표 수질은 다양한 항목들로 구성되며 각기ダイナ믹하게 변화되고 있다. 하천의 수질 보존이나 개선을 위한 목표의 설정은 인간의 건강, 생활환경보전의 목표에 따라 다르며, 또한 하천과 인간생활과의 관계정도, 이용목적, 하천수질상황 등에 부합하는 적절한 기준을 설정하여야 한다. 각 목표수질을 설정함에 있어서 우선 하천의 용도가 먼저 결정되어야 하며, 다음에 각 용도별로 여러 가지 오염물질에 대한 안전성 등을 고려하여 환경기준치(criteria)와 법적으로 규정되어 있는 환경기준치(standard)를 조사한다. 그 다음에 수역의 현재 및 미래의 수질을 고려하여 기술적, 경제적, 사회적, 정책적인 사항 등을 종합적으로 비교 분석하여 그 수역에 합당하고 현실적으로 달성 가능한 목표치를 설정하여야 할 것이다.

- 경관 측면
 - 경관에서 본 수질에 대하여 목표치를 다음과 같다. 이것을 하천 수질 환경기준과 대조하면 2등급 정도의 수질확보가 필요하다고 판단된다.

〈표 1-1〉 경관측면에서의 수질

구분	SS	투시도	BOD	증발 장유물	색도	탁도
수질	25mg/ℓ 이하	20cm이상	5mg/ℓ 이하	200mg/ℓ	-	
물의색	25mg/ℓ 이하	20cm이상	5mg/ℓ 이하	-	25도이하	10도이하
물의냄새	25mg/ℓ 이하	-	6mg/ℓ 이하	-	-	20도이하

자료 : 서울대학교, “하천 환경관리기법의 비교연구”, 1991.

- 생태계측면
 - 하천경관
 - 하천경관과 어류관찰을 위해서는 수질이 피라미 정도까지는 관찰할 수 있게끔 유지될 필요가 있으며, 이를 위한 수질은 BOD 기준 5mg/ℓ 이하의 하천 수질 환경기준 2등급 정도의 수질 확보가 요구된다.

〈표 1-2〉 수종등급별 특성과 지표어종

구분	1등급	2등급	3등급	4등급
BOD	1ppm	3ppm	6ppm	8ppm
물의 색깔	수정같이 맑다	비교적 맑다	황갈색	먹물
물의 냄새	없다	없다	없다	고약한 냄새
지표어종	버들치 등	피라미	붕어, 매키 등	실지렁이 물고기는 없다

자료 : 서울대학교, “하천 환경관리기법의 비교연구”, 1991.

- 추수식물은 DO 7.4~11.6mg/ℓ, BOD 0.7~3.6mg/ℓ, 썩 1.6~9.3mg/ℓ의 수질 범위에서 생식하고 있는 것으로 알려졌으며, 수생식물과 수질의 관계는 수생동물, 갑각류, 폐류, 곤충, 어류 등이 다양하게 존재하는 DO 5ppm, BOD 5ppm 정도가 적합하다고 사료되며, 수질환경 기준2등급을 만족해야 할 것으로 판단된다.

〈표 1-3〉 유기물질에 따른 수생동식물과 수질오염의 정도

구 분	부폐수생	β 중 폐수성	α 중 폐수성	강 폐수성
DO	10ppm	5ppm	2ppm	2ppm
BOD	3ppm	5ppm	8ppm	10ppm
황화수소	없다	없다	냄새가 나지 않음	강렬한 냄새
박테리아	100/cc	10만 이하/cc	10만 이상/cc	100만 이하/cc
식물	· 수초빈약 · 부착미생물다양	· 수초, 부착 조류등 다양	· 수초, 부착 조류대량발생	· 수초는 없고 부착조류 출현
동물	· 어류, 곤충등다양	· 갑각류, 폐류, 곤 충, 어류 다양	· 폐류, 갑각류, 곤 충, 잉어, 붕어, 메 기, 미꾸라지등	· 실지렁이 · 소수의 곤충등 빈약

자료 : 서울대학교, “하천 환경관리기법의 비교연구” . 1991.

● 친수환경측면

- 수환경 관점에서 본 도시하천의 이미지에 대한 수질을 보면 산책, 관찰, 물놀이를 고려한 하천환경정비 차원이라면 BOD를 5mg/ℓ 이하까지 유지하고, 대장균수 1,000 개/100mg이상의 수질이 되어야 하고 SS 및 T-N, 색도, 채도, 증발잔유물과 친수활동의 관계는 다음 표와 같다.

〈표 1-4〉 도시하천 이미지에 대한 수질

이용형태	물놀이	곤충감상	강변놀이	관찰	산책
BOD	5mg/ℓ 이하	2mg/ℓ 이하	10mg/ℓ 이하	10mg/ℓ 이하	5mg/ℓ 이하
대장균수	1000개 100ml이하	-	-	-	-

자료 : 한국 수도연구소, “국제 수환경 기술개발 심포지움” , 1992

(3) 하천 수질 정화방법

하천정화의 이론 하천의 흐름과 형태에 따라 유수중의 고형물과 용해성 물질은 희석, 응집, 침전, 확산, 흡착, 분해 (산화·환원) 등 여러 가지현상에 의해 물질이 감소 또는 변화된다. 이러한 자연상태에서의 물질변화 현상을 하천의 자연정화작용 (self-purification)이라 부른다. 자정작용을 형성하는 기구는 물리, 화학, 생물학적 작용에 의하며, 하천수질정화법은 상기 3가지 형태의 기구를 응용한 것이다. 일반적으로 이용되고 있는 하천수질정화법은 하상저질(河床低質)의 준설, 하천 정화용수 도입에 의한 희석, 그리고 하천내에 설치된 정화시설을 이용한 오염물 저감방법등 크게 3종류로 구분할 수 있다. 여기서 하천 수질정화란 하천으로 일단 유입된 오염물질을 정화시키는 방법이다. 즉 오염원으로부터의 저감이

곤란한 비점오염원 (non-point source) 이나 하수 및 분뇨처리장에서 미처리된 방류수가 하천으로 유입될 경우 이를 목표 수질까지 처리시키는 것이다. 우리 나라의 시설이 설치되지 않고 있어 하수도 정비를 포함한 모든 하천정화 사업에는 반드시 적절한 하천 정화기법을 검토해야 할 것이다.

- 하상저질의 준설

대부분의 도시하천은 유속이 느리며 하수, 폐수 등의 유입으로 하상에 슬러지가 쉽게 퇴적된다. 특히 하천폭이 갑자기 넓어져 유속이 작아지는 지역에서는 이러한 현상이 두드러지는데 완만한 유속으로 인해 산소 공급량이 적어지며 저질부 슬러지의 부패로 용존산소가 고갈되며 저질부는 혐기성화 되어 악취를 유발시킨다. 하천 저질부의 부패방지 방법으로 슬러지의 준설이 가장 효과적이다. 준설은 하천 및 호소에서 가장 보편적으로 시행되는 일시적인 하천 정비기법이나 수질정화에 대한 기여도가 명확하지 않으며, 준설공법의 부적합성, 준설 슬러지 처리의 미비 등으로 인해 충분한 효과를 거둘 수 없으며 지속성이 떨어진다.

- 하천정화용수의 도입

오염된 하천을 대상으로 여타의 수원으로부터 오염되지 않은 물을 공급하여 오염물질을 희석시키는 방법이다. 하천정화용수 도입법으로는 하천 상류부에 유량조절용 댐 건설, 타수계의 오염되지 않은 용수 인입, 하수종말처리장 방류수의 인입, 지하수 양수 그리고 하천 하류의 유출수를 역류시키는 방법 등이 있다. 상류의 유역면적이 넓어 충분한 하천유량을 확보할 수 있는 경우에는 유량 조절용 댐 건설이 바람직하나, 유량확보가 불가능한 경우에는 근처의 수계나 하류로부터 용수를 끌어들이는 시설 설치가 불가피하다. 또한 하수종말처리장의 방류수 수질은 보통 BOD 20~30mg/l 정도이므로 하천의 수질목표를 BOD 10mg/l (생활환경기준 V등급 : 공업용수 III급수)에 비해 월등히 높다. 따라서 별도의 고도처리없이 하수처리수를 하천정화용수로 사용하는 것은 곤란하다. 그러나 우리 나라 대부분의 도시하천은 타수계로부터 용수인입이 현실적으로 한계가 있어 하수의 재이용 부분에 대해서는 고도처리 기술개발과 아울러 면밀한 기술검토가 요망되는 사항이다. 궁극적으로 하수 처리수를 하천의 유지용수로 이용한다는 것은 최종 방류되는 오염물을 지금의 상태보다 현저히 감소시키는 것이므로 경제성 여부와는 별도로 국가적 차원에서 폭 넓은 검토가 있어야 할 것이다.

- 하천내 오염물질의 저감시설

하천내로 유입된 오염물질을 저감하는 방법은 하도나 둔치를 이용하여 직접 오염물질을 처리하는 것이다. 바로 처리장 역할을 담당하게 된다. 다음의 기법들은 현재 일본에서 실

용화 단계에 있는 하천내 오염물질 저감시설에 대한 기본 이론과 원리를 나타내고 있다. 우리 나라에서는 아직 실용화된 정화기법은 별로 없으나 하천 수질개선의 필요성이 절실히 요구되고 있는 바 이러한 기법은 장래 적용될 하천정화 기법 검토과정에 참고가 될 것으로 판단된다. 오염된 하천을 정화하기 위해 특정한 정화기법을 선택할 경우는 대상수질의 특성에 적합한 방법을 선정해야 할 것이다. 수량과 수질이 고려된 대상 하천의 특징을 파악한 후 실제 적용할 기법을 선정한다.

〈표 1-5〉 하천정화법의 내용과 원리

정화방법	내용	원리
접촉산화법	자갈등의 접촉재를 이용하여 하천수를 현장에서 직접 정화	생물(분해), 물리(여과, 침전)
박층류법	하천폭을 확장하고 수심을 얕게 함으로써 물과 접촉하는 하상면적을 크게 하여 하천의 정화능력 증대	생물(분해)
하상형태변경법	여울을 형성시키고 생물 서식환경을 복잡하게 하여 하천의 정화능력 증대	생물(분해), 물리(침전)
토양정화법	토양이 갖는 분해·흡착능력을 이용하는 방법이다. 트렌치등을 이용하여 오염수를 토양에 주입함으로써 하천수 정화	생물(분해), 물리(여과), 물리화학(흡착)
수생식물이용법	수생식물(갈대등) 이 번성하는 수로에 오수를 통하게 하여 생물이 갖는 분해, 흡수기능과 침전작용을 이용	생물(분해, 흡수) 물리(침전)
복류수정화법	복류수를 펌프로 공급하여 하천수를 희석시키고, 하천수를 복류시켜 여과, 흡착 등의 효과를 이용	물리(희석, 침전), 물리화학(흡착)
산화지법	연못에 오수를 체류시켜 생물학적 분해와 침전 효과를 이용	생물(분해), 물리(여과, 침전)
독이용법	하도에 독을 설치하여 체류에 따른 침전 효과를 이용	물리(침전)
DCF법	하도에 투수성 직물을 설치하여 여과와 침전 효과를 이용	물리(여과, 침전)
도수법 (조석이용방법포함)	깨끗한 물을 끌어들여 희석, 소류등의 효과를 도모	물리(희석, 소류)
여과법	여과장치를 이용하여 하천수를 직접 여과	물리(여과)
폭기법	폭기장치를 이용하여 물리적으로 DO를 공급	물리(폭기)
유로전화법	본류에 유입하는 오염된 지천의 유로를 변경하여 정화	기타

자료 : 건설부, 하천정비기법 개발 기초조사, 연구, 1992.

2) 수량확보

(1) 현황

시가지에서 배출되는 오·폐수만을 따로 모아서 흘려보내는 차집관로를 매설하여 하류의 하수처리장에서 처리하여 방류함으로써 하류지역의 수질개선을 도모하고 있으나, 하수처리장 상류의 도시하천에서는 취수에 따른 불투수 피복 면적이 증대되어 강우시 우수의 유출시간이 빨라지고 침투수의 감소로 토양의 함수량이 감소되어 평시유출량이 감소하여 건천화를 더욱 심화시키고 있다. 그 결과 도시하천은 하천기능을 유지하는데 필요한 최소한의 유량(하천 유지유량)을 확보하지 못해 하천의 자정작용을 위시한 환경기능을 상실하게 되었다.

(2) 목표유량 설정

가. 설정기준

하천이 하천으로서 기능을 유지하기 위하여 필요한 유량이 있는 바 이를 하천 유지유량이라 한다. 하천의 유지유량은 주운(舟運), 염해방지(鹽害防止), 하천관리시설 보호, 수질보호, 경관 및 위락활동 등을 위해 필요한 최소 유량을 의미한다. 도시하천의 생태환경조성을 위해서는 이상의 항목중 동식물의 보호, 수질보호, 어류의 보존, 경관과 같은 친수기능의 유지 및 회복이라는 관점에서 유지유량이 설정되어야 한다.

나. 목표유량

목표 유량 설정을 위한 평가기준의 검토로서 수면폭, 유속, 수심이 중요하다.

● 수면폭

유량이 많고 적음에 대한 느낌은 수면이 차지하는 비율등 대상지간의 비율과 대상공간에 있어서의 점용율에 의한다. 이때 공간 비율의 지표로서 수면폭(W)과 하천폭(B)의 비(W/B)를 들 수 있다. 일반적으로 W/B가 0.2 이상이면 유량감이 풍부하다고 평가할 수 있다.

● 유 속

유속은 수면의 넓음과 함께 유량감을 느끼게 하는 중요한 요소이다. 수면폭(W)이 넓은 감을 주제로 한 수량의 이미지에 비해, 유속은 움직임의 이미지가 유량감을 지배한다. 유속이 느린 흐름은 맑은 이미지를 전달하고 유속이 빠른 흐름은 상류의 물보라가 올라오는 흐름을 상기시킨다. 다만 다음 표를 참고로 하여 하천 이미지에 어울리는 흐름 이미지를 설정하고 그것에 대응하는 목표 유속을 설정한다.

〈표 1-6〉 유속별 흐름의 상태

유속(m/sec)	흐름의상태
~0.1	흐름을 느낄 수 없다. 무풍 상태에서는 파문이 없으며 연안의 물체가 수면에 비친다.
0.1~0.2	매우 완만하다. 수면은 거의 파가 일어나지 않는다.
0.2~0.3	완만한 흐름. 흐르는 모습을 알 수 있다.
0.3~0.4	파가 발생한다. 흐르는 모습을 알 수 있다.
0.4~0.6	비교적 빠른 흐름. 파가 발생되며 유량감을 느낀다.
0.6~0.8	빠른 흐름. 파가 발생된다.
0.8~1.0	빠른 흐름. 파량이 크게 된다.
1.0~1.5	상당히 빠른 흐름. 급류에 가까우며 파장이 있다.
1.5~2.0	급류, 계류의 느낌을 가진다.

자료 : 서울특별시, 우이천 환경정비 기본 및 실시설계 기본계획보고서, 1994.

● 수심

수심의 경우 극히 수심이 얇은 경우에는 유량감에 영향을 준다. 하안재질이 노출되면 경관이 훼손되기 때문에 그 지역의 대표적 지점에서 하천을 바라보아 하안재료 등의 어느 정도 감추어질 정도의 수심을 확보할 필요가 있다. 어류의 서식을 위한 최소수심은 0.3m이므로 어류의 보존을 위해서는 0.3m이상의 수심을 확보할 필요가 있다.

(3) 수량확보방법

하천 유지 유량을 확보하기 위한 방안은 다음 표와 같다.

● 댐건설

먼저 홍수시 초과 유출량을 저류 하였다가 갈수시 보급하는 방법으로 상류에 댐의 건설을 생각할 수 있다. 우리 나라의 「특정 다목적 댐 개발법」에는 댐의 건설시 하천유지유량을 확보하여 방류하도록 규정되어 있으므로 가장 확실한 유량 확보 방안이다. 일단 댐을 건설하면 반영구적으로 수원을 확보할 수 있으며, 유지관리비가 저렴하다. 그러나 댐의 건설에 소요되는 막대한 사업비와 적격 후보지를 선정하는 데 어려움이 있다. 특히 댐의 특성상 하천의 상류지역에 건설하게 되는데 지자체의 확대에 의한 지역주민의 반발, 기후 생태계의 변화등 환경전반에 대한 영향이 크게 대두되어 금후 댐의 건설에 부담이 되고 있다.

〈표 1-7〉 수량확보 방법들의 비교

구분	장점	단점
댐건설	· 안정적인 수원 확보 · 유지관리 용이	· 건설비용 큼 · 건설적지 확보 곤란 · 주변환경에의 영향이 큼
유로변경	· 타사업과 연계 가능 (예 : 농업용수)	· 건설비용 큼 · 수원 확보 곤란 · 유지관리비 큼
지하수 개발	· 사업기간이 짧음	· 건설비용 큼 · 유지관리비 큼 · 수량이 제한됨
수원지 함수능력 증대	· 유지관리비 저렴 · 산림녹화와 연계가능 · 토사유출 방지 효과	· 효과가 작음 · 장기적 투자가 필요함
가정오수 처리이용	· 지천 건천화 방지	· 건설비용 큼 · 유지관리 곤란 · 기술적 문제

자료 : 건설부, 하천환경, 정비기법 개발 기초조사·연구, 1992

● 유로변경

타유역에서는 유로를 변경하여 유지유량을 확보하는 방안은 인근의 적절한 수원을 가지고 있는 경우에 가능한 방법이다. 이는 물이 필요한 지점에서 얼마나 가까이에 수원이 있느냐가 최대 관건으로 도수거리가 사업비에 크게 영향을 미치고 있다. 그리고 완공후 유지관리비가 많이 든다는 것도 문제점으로 등장한다. 그러므로 각종 용수의 도수시 하천을 자연도수로로 이용함으로써 간접적으로 유지유량을 확보하는 방법들이 시행되고 있다.

● 지하수의 개발

지하수의 개발에 의하여 수량을 확보하는 방안은 사업기간이 짧다는 장점 외에는 개발수량에의 한도가 있으며, 건설비 및 유지관리비가 과대하다는 단점이 있고 대규모 지하수를 도수할 경우 지반의 침하와 함께 지하수위가 저하되어 다른 지하수 이용사업에 영향이 미치므로 신중히 고려할 필요가 있다.

● 수원지 함수능력 증대

상류수원지역에 침투율을 증가시켜서 유역내의 함수능력을 증대시키는 방법으로는 식수에 의하여 함수능력을 증대시키거나 산간계류에 소규모 보를 설치하는 것을 생각할 수 있다. 이는 가장 근본적인 유출량 증가방법이라고 할 수 있으나 지속적인 투자가 필요하다고 가시적인 효과를 거두기 어렵다는 점이 있다.

- 가정오수 처리후 하천 방류

이것은 주로 도시지역에 해당되는 것으로 차집관거에 의하여 가정오수가 하류로 배제되던 것을 하천부지에서의 현장처리나 소규모 처리시설로 처리하여 바로 하천에 방류하는 방안이다. 이는 소규모 도시하천의 건천화 방지 및 하천오염방지에 이상적 방안이 될 수 있으나 현장정화시설 및 소규모 처리장의 건설과 유지관리에 많은 자본과 기술이 필요하다.

제2장 생태환경 조성의 목표

도시하천의 생태환경을 조성하기 위해서는 우선 앞에서 살펴 본 바와 같이 하천 수질 및 수량을 생태환경 및 경관 등을 고려하여 일정수준으로 조정하여야 한다. 이러한 방안은 하천정비의 전체적 맥락에서 고려되어야 한다. 이러한 개발하에서 생태환경 조성계획의 목표상은 다음과 같다.

2.1 기본이념

- “살아 쉬쉬는 하천 만들기”

생활 활동의 확대와 도시화의 발달에 과거 자연적인 하천의 모습이 치수기능 및 이수기능만의 단일 목적 하에서 일률적으로 직강화 등으로 정비되었다. 또한 수변공간은 하천의 매력을 손상시키는 타용도로 전용됨으로써 자연생태계의 파괴, 친수성의 저하와 같은 문제를 야기시켰다. 이러한 상황에서 하천의 개활지가 갖고 있는 다양한 매력과 하천생태계의 중요성을 깨닫게 되어 하천의 자연스러운 모습을 되살리기 위한 복원운동은 세계적인 추세가 되고 있다. 이제는 하천관리에 있어 치수·이수 위주에서 자연적 기능(자연성과 Amenity의 통합)을 통합하여 안전하면서도 자연의 역동성(Dynamics)이 살아있고 사람에게 친근한 자연에 가까운 하천을 조성하여야 한다.

- 생태계의 다양성 창출

하천수로의 단순한 형태는 단순한 환경조건을 조성하며 이는 단순한 생태계를 형성한다. 그러나 자연하천의 생태계는 다양한 서식처를 형성하여 다양한 생태계를 유지하고 있다. 이에 자연이 갖는 다양성을 존중하여 자연생태계를 유지해 나갈 수 있는 가능성을 창출하여야 한다. 이를 위해서는 다음의 과제를 해결할 수 있어야 한다.

- 다양한 하천 식생대의 부활
- 물고기가 살 수 있는 하천
- 곤충이 서식할 수 하천
- 조류가 찾아오는 하천

- 다이내믹한 강의 속성 구현

이수·치수기능에 중점을 둔 기존 하천 정비계획에 의해 직선화된 단조로운 하천에 대해 하천의 특징인 사행을 고려하여 불규칙하게 넓히거나 좁혀 굴곡을 주며 하안의 급·완류를 조성하여 자연하천의 “역동성(Dynamic)”을 유지한다. 이는 우수기능 및 홍수조절 기

능 확대 뿐만아니라 수질정화차원에서 자정작용을 증가시킬 수 있다. 이를 위해서는 하천의 사행특성을 이해하여야 한다.

- 물과 녹음의 Network 형성

하천의 선적 생태계 거점과 도시내 숲과 같이 점적 생태계 거점이 독립적으로 존재하면 생태계는 분리, 분절되며 동·식물 종의 생존에 위협을 느낀다. 이러한 현상은 물과 녹음의 Network을 통해 해결될 수 있으며, 이는 동·식물의 이동통로를 확보함으로써 동·식물의 종이 풍부해지며 생태적으로 보다 안정화되어진다.

- 호감가는 경관연출 및 적절한 이용체계

주변과 조화되는 경관 및 하천의 자연스러운 경관을 연출함으로써 도시내의 선적 경관 요소로 작용하는 하천경관을 활용하며 도시의 Amenity를 창출하며, 이용자의 이용체계를 수립하여 접근을 적절히 조절한다. 이로 인해 하천의 접근성 제고 및 생태적 환경을 유지할 수 있는 방안을 제시한다.

- 적절한 접근과 이용규제로 최적의 이용 유도
- 지역풍토에 적합한 식생조성
- 주변환경과 어울리는 소박한 풍경
- 세련된 디자인 가미
- 생태적 수용력 고려

제3장 하천생태계의 특성과 환경

하천 생태계는 크게 두 가지로 분류되어질 수 있다. 즉 생태계의 기반이 될 수 있는 비생물적인 하천지형과 이를 근거로 나타나는 동식물상이다. 그러므로 이런 하천지형과 생물 환경은 밀접한 연관을 지니고 있으며 하천 생태계의 근간이 된다.

3.1 하천생태계의 정의

생물과 비생물적인 환경은 불가분의 관계에 있으며 서로 상호작용하고 있다. 어떤 지역의 모든 생물이 물리적 환경과 상호관계를 가지며 에너지흐름이 시스템 속에서 뚜렷한 영양구조, 생물의 다양성 물질의 순환을 만들어내고 있는 상태는 어느 것이든지 생태학적인 계, 즉 생태계라고 정의한다. 따라서 하천생태계의 개념은 하천지역의 모든 생물이 물리적 환경과 상호관계를 가지며 에너지 흐름에 시스템 속에서 뚜렷한 영양구조, 생물의 다양성, 물질의 순환을 만들어내고 있는 상태라고 정의할 수 있다.

3.2 제한요인

도시하천 생태계를 연구하는데 있어서 여러 가지 제한 요인이 있는데 그 제한 인자는 다음과 같다. 일반자연 하천은 기준수준까지 침식하는 경향을 갖고 있으며 이들 변화는 물의 작용에 의한 것이다. 기준수준에 도달되었을 때 흐름은 느리게 되고 퇴적이 시작되며 대체로 극상 상태를 나타내는 굴곡이 심한 하천이 된다. 그러면서 점토의 퇴적에 의하여 delta가 만들어짐에 따라 드디어 다른 곳에서 용기가 생겨서 침식 사이클의 전부가 다시 시작된다. 그러나 도시하천은 토지이용의 극대화, 치수목적에 의한 직강화에 의하여 하천 본래의 침식, 운반, 퇴적작용은 거의 미미하고 생태계 구성인자도 다양하지 못한 것이 현실이다.

- 온도

물은 온도변화를 최소로 하는데 결부된 몇 가지 독특한 특성을 지니고 있다. 그런 까닭에 공기에 비하여 변동의 폭이 작고 변화는 보다 완만하다. 이와 같이 온도는 공기 중에서 수중에서 변동이 적다. 그러나 수서생물은 대부분의 경우 좁은 내성을 지니고 있으므로 온도는 중요한 제한요인이 되고 있다. 그런 까닭에 사람에 의한 적은 열오염에 의해서도 광범위한 영향을 미치고 있다. 온도변화는 또한 특유한 순환의 양상을 만들어 내고 그들은 수중생활에 큰 영향을 준다.

- 투명도

빛의 투과는 대부분의 경우 물속의 현탁물질에 의하여 규제되고 상당한 길이를 갖고 있는 수중생활장소는 어디에서나 광합성층을 규정당하게 된다. 탁도는 그것이 점토나 세사에 의해 기인될 경우 종종 중요한 제한 요인이 된다. 반대로 탁도가 생물에 의할 경우에는 투명도는 생산력의 지표가 된다.

- 흐름

물은 치밀하며 그런 까닭에 흐름의 직접적인 작용은 특히 하천에 있어서 매우 중요한 제한 요인인 것이다. 흐름은 대부분의 경우 생활에 필요한 기체, 영류, 그리고 소형생물의 분포를 주로 규정하고 있다.

- 호흡기체의 농도

해양의 환경과 매우 대조적으로 산소나 CO₂ 의 농도는 담수환경에 있어서 대부분의 경우 제한 요인이 되어 있다. 용존산소농도와 생물학적 산소요구량은 가장 많이 측정되고 가장 잘 연구되어 있는 물리요인이 됐다.

3.3 도시하천 생태계의 특징

도시하천 생태계는 흐르는 물의 양 또는 장소에 따라 다른 특성의 생태계가 존재한다. 하천의 생태계를 생물표준에서 관찰하면 연속성과 개방성이 있고 다른 자연지역과 밀접한 관계를 갖고 있고 유실회복의 변화가 매우 크고 불안정한 계를 나타내고 있다. 특히, 불안정하다는 것은 홍수시 빠른 속도로 하상재료의 이동이 일어나 하도내 조류나 수생곤충, 하안의 식물은 심각한 타격을 받게 된다.

- 개방성

하천의 생태계는 열려져 있는 계이다. 계내의 물질의 이동은 유입과 유출이 자유로우며, 순환계는 큰 규모이다. 이것은 순환되지 않은 수역을 가진 호수와는 다른 것이다. 하천에서는 동일장소의 생산이 그 장소의 소비자의 기초가 되지 않는 경우가 많다. 예로서 하류 생태계의 생산도 상류의 생산에 의존하는 경우가 많다.

- 연속성

육역 및 수역이 상류에서 하류까지 연속적인 공간을 형성하고 있고 하류까지의 폭넓은 이동이 가능하다. 이것은 연속성에 의하여 하천의 일부가 파괴되거나 생물의 서식처가 파괴된 후에도 상류로부터의 보급에 의해 쉽게 복원되어질 수 있다. 그러나 상류지역의 오염

정도는 하천의 연속성에 의해 하류지역까지 그 영향을 미친다.

- 주변지역과의 연계성

하천은 물을 매체로 하여 주변 지역과의 상호연관성이 높다. 즉, 수류를 통해서 작은 수로와 연결되고 하천은 네트워크의 주축이 된다. 또한 조류에 있어서는 주변의 자연지역에서 서식하고 하천에서 먹이를 섭취하는 경우가 많다.

- 불안정성

하천은 홍수 등의 유량의 변동이 대단히 크기 때문에 생물의 생식환경으로서는 불안정하다. 수량의 증가할 때 유속도 증가하므로 수생곤충과 부착조류가 유실된다. 또 둔치의 식생은 홍수에 의해 자주 유실되는 경우가 많아 제내지에 비교해서 천이의 초기단계만 존재한다. 역으로 불안정한 계가 존재하는 것은 유실회복도 비교적 빠른 생물로 구성되어 있다는 뜻이 되기도 한다.

제4장 도시하천의 지형특성

도시하천의 생태환경을 조성하기 위해서는 생태계의 근간이 되는 지형의 특성을 파악하는 것이 중요하다. 그러나 도시하천은 개발로 인해 이러한 자연하천의 지형특성은 파괴되었으며 이로 인해 도시에 미친 영향은 생태계파괴, 환경오염이라는 결과로 나타났다. 하천의 수질 및 유량에 영향을 주는 인위적 요인으로 하도조작, 유역분지 특성의 변형, 도시화, 오염 등을 열거할 수 있으나, 그 중 하도조작에 의한 영향이 특히 심하다. 하도조작은 댐이나 저수지를 축조하는 것이 가장 잘 알려진 방법이지만 또 다른 직접적인 방법으로는 하도정비를 들 수 있다. 이러한 하도정비는 홍수를 방지하기 위해 제방 등을 설치하는 방법과 도로의 직강화, 하폭확장, 하상평탄지 등으로 하도의 담수력을 증대시켜 홍수를 쉽게 유출시키기 위한 하도개수 역시 이에 해당한다. 이러한 하도조작의 결과는 생태계에 여러 가지 영향을 미치게 된다. 즉, 유속이 빨라지고 하상에 물고기의 서식처가 줄며, 또한 하도 주변에 있는 식생의 파괴로 영양염류의 공급이 줄며 하천 동물에게도 역시 여러 가지 영향을 미치게 된다.

4.1 하천개수에 따른 환경영향 검토

하천 개수는 기존 하천의 선형을 부드럽게 하상경사를 급하게 또는 하폭을 넓게 하여 홍수에 의한 범람지역과 지속시간을 감소시키는 것이다. 다음은 대표적인 하천 개수방법과 그 영향이다.

- 장애물제거

Cleaning은 하천부지 및 제방에서의 흐름에 지장을 주는 장애물을 제거하는 것이며 snagging은 수로상의 장애물을 제거하는 것이다. 이로 인한 환경영향은 제한된 범위의 장애물제거는 하천의 흐름 및 경관적 기능을 증진시키나 식생을 제거할 경우 하천의 수질, 육지부 서식처, 수중서식처에 부정적인 영향을 준다.

- 하도굴착

이는 하천의 홍수 등을 줄이기 위해 하도를 직선화 하거나 하폭을 증대시키는 것으로 이로 인한 영향은 하천변 식생의 파괴와 하도한정 및 수리, 수문학적 평형상태의 변화를 초래한다.

- 하상포장에 의한 영향

유량이 많고 유속이 빠른 하천의 하상을 보존하기 위해 콘크리트로 하상을 포장하는 것으로 수질면에 있어서는 침식작용이 억제되므로 하천수의 탁도를 감소시키나 모래, 자갈 등 하상저질이 없어 수중생태계에 치명적인 영향을 주게 된다.

제5장 도시하천의 생물환경

5.1 어류

일반적으로 하천의 상류에서 하류까지 모든 환경을 이용하여 어류가 생존하고 있다. 어류는 종에 따라서 생육환경이 다르며 동일어종 일지라도 성장단계, 계절, 주야, 위급시 등에 의해 생육장소를 바꾼다.

- 어류가 살기 위해서는 강은 사행하고, 여울과 웅덩이가 있으며, 강변에는 풀이나 수목이 생육하고 있어 적당한 그늘을 만들고 있는 곳이 바람직하다. 이들 환경은 어류의 먹이, 산란, 휴식 등의 장소이다. 또한 하류에 생육하는 잉어, 붕어 등의 산란에는 수초가 사는 맑은 물이 필요하다.
- 지류의 소천이나 사수역은 어류의 산란장이 되고 있다. 주천과 지천 및 사수역을 가지는 하천이 어류의 산란에 유리하다.
- 중하류의 갈대는 홍수시에는 침수되며, 대부분 어류의 피난 장소가 된다.
- 어류가 생육하기 위해선 수량, 수온, 수질 등이 양호한 상태로 유지되어야 하며, 생육에 필요한 먹이가 확보되는 것이 중요하다. 그러므로 먹이가 되는 생물에 있어서도 생육하기 쉬운 환경이어야 한다.
- 중·소규모의 유수(流水)는 어류에 있어서 필요한 환경변화의 하나이다. 유수(流水)에 의해 오래된 부착 조류가 분리되기도 하고 퇴적한 오니가 유출되기도 하며, 웅덩이가 깊게 패이기도 하여 생육환경이 개선되기도 한다.

5.2 식생

가. 하천식물의 생태적 특성

하천식생 생태계는 유역생태계(watershed ecosystem)로서 물을 중심으로 한 하천생태계와 땅을 중심으로 한 육상생태계 그리고 추이대(ecotone)라 불리는 육상과 하천의 경계부로 구성되어진다.

- 이런 하천식생을 주변지역과 상이한 특징을 갖는 일련의 식생대(the band of vegetation)로서 상수위(常水位)주변, 홍수범람지인 홍수위(洪水位)주변, 제방주변, 제방 위의 육지주변으로 나누어진다.
- 하천변 식생대는 유량, 유속의 감소를 통한 홍수조절의 기능과 제방 침식방지와 토양 유기물 손실방지 및 수질개선 등의 생태적 기능을 갖고 있다.
- 이러한 식생대의 식생패턴은 홍수위(洪水位)이하 지역의 경우 토양 함수량이 높고 주

기적인 홍수 범람지역이므로 자연제방 윗부분과는 틀린 생활패턴을 보이게 된다. 사례로 교목인 경우에도 홍수위 아래쪽에는 물푸레나무류, 사시나무류와 버드나무류 등이 자생수종인데 반해 제방위쪽에는 참나무류 등이 자라는 것이 이러한 환경특성을 반영하고 있는 것이다.

- 또한 하천식생은 분포지의 환경조건을 나타내주는 예민한 환경지표이다. 하천환경에서 식생의 분포를 결정하는 주요인자는 유수, 기층토양(Substrate), 광선 그리고 영양물질이다.

나. 식생의 분류

- 군락의 자연성을 기준으로 한 분류
 - 자연식생 : 인간의 영향없이 하천 본래의 형태를 유지하는 식생
 - 반자연 식생 : 배어내기나 파종 등에 의해 유지되어지는 식생
 - 인위 식생 : 인공적으로 식재되어 유지되어지는 식생
- 분포구역을 기준으로 한 분류

하천의 종단을 보면 상류역식생, 중류역식생, 하류역 식생으로 분류되어지며 이들은 명확하게 구분되어지지 않고 중복되기도 하며 광범위하게 걸쳐져 있는 경우도 있다. 횡단을 보면, 불안정대, 반안정대, 안정대 식생으로 분류되어질 수 있다.
- 수위변동 및 지하수위(Watertable)의 수직적 변화(fluctuation)에 의한 구분 Manning의 등류방정식

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

N : 수로의 조도계수(거친정도)

R : 경심(통수단면이 하상에 접한 길이)

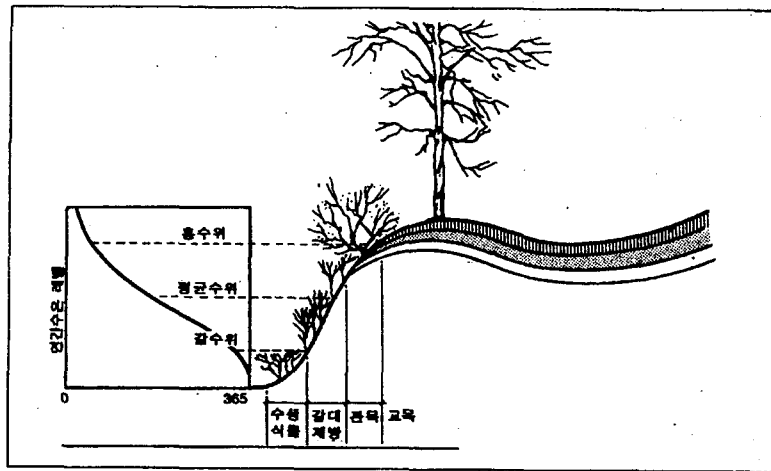
L : 수로의 경사

- 갈대제방구역(reed-bank zone)

2m의 수심에도 자랄 수 있으나 대개의 경우 0.3m 수심이내에서 군락이 나타나게 된다. 기층부의 토양은 clay-silt에서 fine sandy soil로 이루어져 있다. 갈대제방(reed-bank)은 토양을 붙들어 매고 물에 잠긴 줄기가 유수의 운동량을 감소시켜 하안을 보호한다. Mier의 연구에 의하며 갈대제방은 유속이 1m/sec이하인 곳에서 유용하게 적용될 수 있으며, 수변부의 경사가 1:3일 경우 약 1m넓이의 식생대(plant strip)가 형성된다고 했다. 갈대의 이식기법(implantation technique)은 Deutche Industrie Norm (DIN)에 제시된 분주법(slips), 무더기법(clumps), 두루마리법(rolls) 등이 있으며 80년대 중반부터 활발해진 유럽의 하천 복구에 널리 적용되고 있다.

- 수림구역(wood-land zone)

수림구역은 관목류가 주로 분포하는 구역과 교목류가 분포하는 구역으로 나누어진
다. 관목류구역은 평균수위보다 높은 때 침수되는 곳이며 수위가 아주 높을 때 교목
류구역까지 침수된다. 성장이 빠른 버드나무와 오리나무가 주로 출현하며 제방이나
하안의 보호에는 오리나무가 효과적이다. 오리나무 뿌리는 침수에 내성이 강하고 뿌
리를 깊게 내려 제방을 이루는 토양층을 지지하기 때문이다.



<그림 5-1> 수직적 변화에 의한 식생분포

다. 군락의 분포와 환경

하천 특유의 환경조건에 적응하여 생육하고 있는 자연식생은 상류역, 중류역, 하류역에
서 각각 크게 다르다.

● 상류역

상류역의 유속이 급하고 강의 모래밭이 없으며 큰 자갈이 많다. 이는 항상 물의 흐름에
영향을 미친다. 이러한 장소에 생육하는 자연식생, 불안정대, 반안정대에 성립하는 다년생
초본 군락을 들 수 있다. 이들은 물의 흐름에 대해 적응력이 강하고 많은 지역에서도 번식
이 강하다.

● 중류역

중류역에서의 흐름은 약간 완만하지만, 강폭도 넓어지고 모래가 나타난다. 일반적으로
중류역의 모래밭은 작은 돌이나 모래가 넓어지는 사력지인 것이 많다. 진흙을 함유하지 않
으므로 보수성이 나쁘며 통상의 하천 수위에서는 매우 건조한 환경이다. 이러한 사력지의

불안정지대에는 건조가 심하고 밀생한 식생이 보이지 않는다.

- 하류역

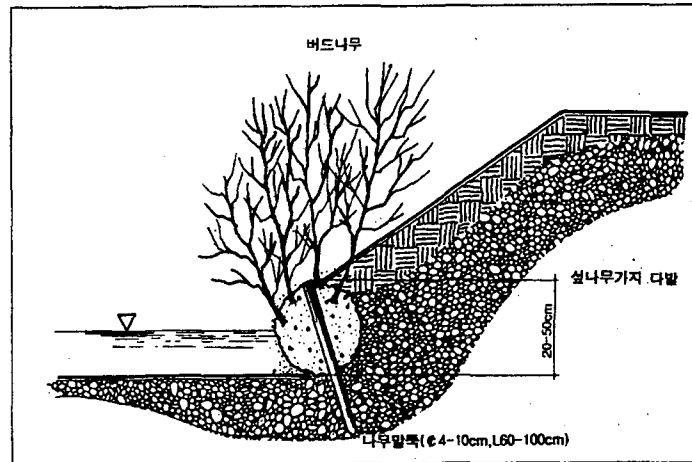
하류에서는 흐름도 완만해지며 가는 모래나 점토질의 토양이 퇴적되며 하천변에는 습지대가 형성된다. 이러한 장소에는 물의 깊이, 유속의 빠르기 등에 따라 여러 가지 식물 군락이 형성되어진다. 하류역의 대표적 식생군락이며 이는 주로 불안정대의 점토질 토양에서 잘 자라며 지하환경으로 번식한다.

제6장 생태환경 조성을 위한 적용기법

6.1 호안조성

1) 쉼나무 가지법

- 방법 : 이 공법은 버드나무 가지를 하나로 묶는 쉼나무가지 다발을 한그루 또는 수그루씩 모아 강가에 가로 놓혀 말뚝으로 고정시키고 그 위를 흙과 모래로 덮는 것이다. 그러던 몇주 후에 버드나무는 흙사이에 뿌리를 내리고 강변을 고정시킨다.
 - 쉼나무 직경 : 25~50cm
 - 나무 말뚝 : 직경 4~10cm
길이 60~100cm
간격 약 100cm
- 효과 : 버드나무가 성장함에 따라 강가는 그늘이 지고 수초 번식으로 수온상승을 막을 수 있고 물고기의 서식지가 제공된다. 또한 자연스러운 경관을 창출할 수 있다.



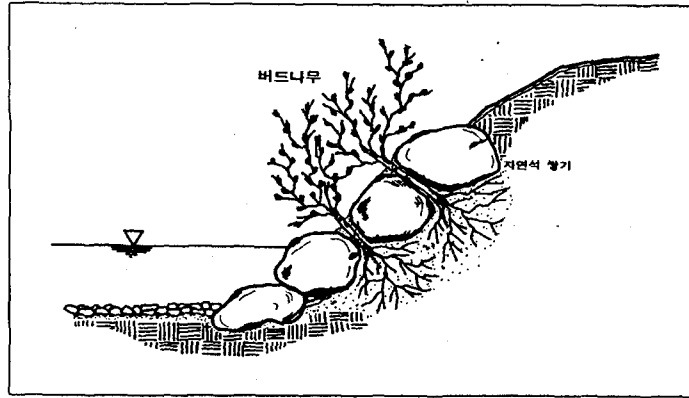
〈그림 6-1〉 쉼나무 가지법

2) 버드나무 가지법

- 방법 : 큰 홍수에 견딜 수 있게 식물과 돌을 조합한 호안공법을 이용한다. 버드나무 가지(柳)법이라고 불리는 이 공법은 버드나무를 돌 사이에 끼워(접목)돌의 틈까지 자

란 버드나무 뿌리로 배후의 토사를 안정시키고 돌 과 돌 사이를 강하게 결합시켜 호안을 보호하는 공법이다.

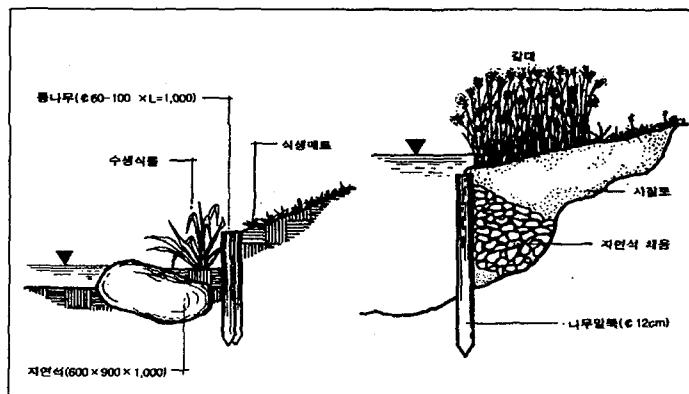
- 효과 : 버드나무는 부드러운 가지와 잎으로 홍수류를 약하게 하여 호안을 견고하게 함과 동시에 물고기를 비롯한 수생 생물에게 피난처도 제공할 수 있다.



〈그림 6-2〉 버드나무 가지법

3) 식생이용법

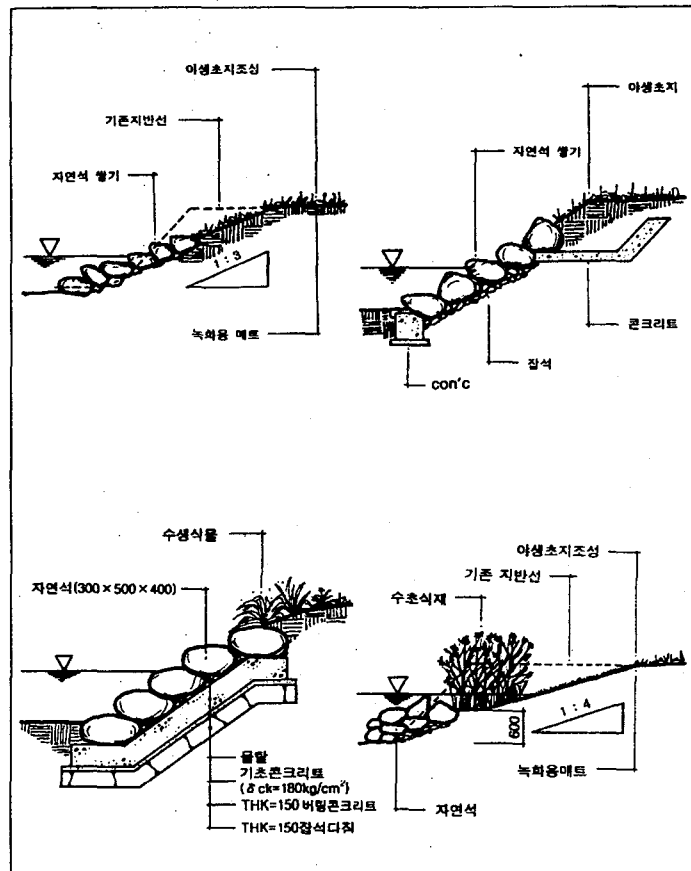
- 방법 : 유속이 약한 곳에 말뚝으로 토사를 안정시킨 후 식재지 조성을 위해 사질토를 채우고 갈대를 식재한다.
- 효과 : 갈대로 인해 어류의 서식처 및 홍수시 어류의 피난처를 제공할 수 있다. 또한 추이대(Ecotone)에 다양한 식생을 유도할 수 있다.



〈그림 6-3〉 식생이용법

4) 견고한 재료이용법

- 방법 : 유속이 빠른 경우 수류(水流)에 의한 침식을 방지하기 위해 석재 및 콘크리트를 이용하여 견고한 호안을 조성한다. 돌로 쌓은 호안 상단에 V자형 옹덩이를 조성하여 식재함으로써 석재의 딱딱함을 완화할 수 있다.
- 효과 : 홍수류의 침식에 의한 피해를 완화할 수 있다.



〈그림 6-4〉 견고한 재료 이용법

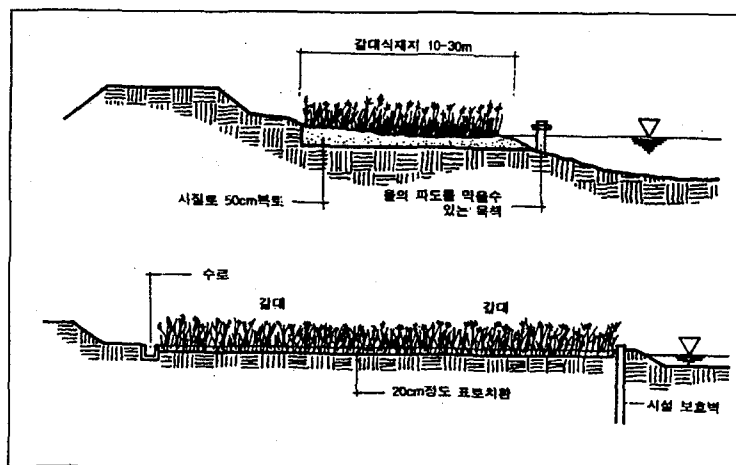
6.2 추이대의 식재를 위한 기법

수역과 육역이 접하는 추이대(Ecotone)는 자연하천에서 매우 다양한 식생이 나타나며 또한 추이대의 식생은 어류 및 하천 생물에게 매우 중요한 역할을 한다. 또한 식생으로 인한 음영조성은 수온을 조절하는 역할을 하며 이는 어류의 생존적온을 유지할 수 있는 방안이

다. 경관적으로도 콘크리트화된 도시하천보다 양호한 경관을 연출할 수 있다.

1) 갈대 군락 조성법

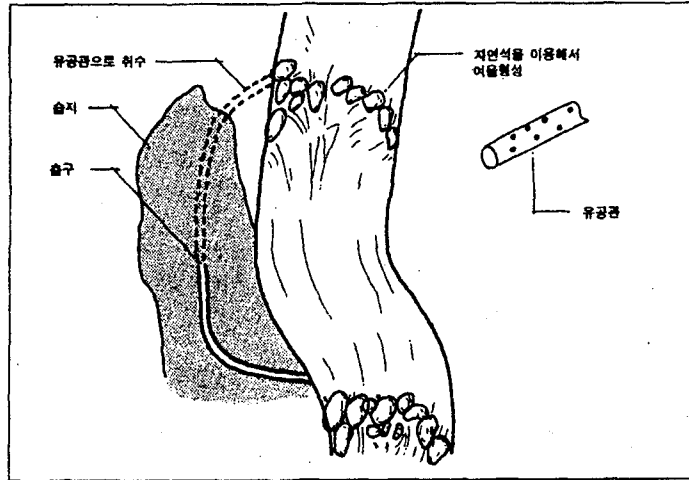
- 방법 : 식재지의 토양 및 식재지 변을 보호하기 위해 목책을 설치하여 갈대의 생존이 양호한 토양인 사질토를 50cm 내외로 개량하여야 한다. 식재지의 범위는 현장조건에 따라 다양히 조성할 수 있으며 10~30cm내외가 적당하다.
- 효과 : 줄, 물억새 등의 수생식물이 갈대와 공존하는 갈대군락은 추이대에 다양한 식생 생태계가 출현 할 수 있는 기반을 형성할 수 있으며 이는 어류의 서식처 제공 및 조류의 생존공간을 확보하여줄 수 있다. 이는 또한 자연스러운 하천 경관을 연출할 수 있다. 그리고 갈대식재지에 유입된 물은 갈대의 자정작용(질소와 인의 흡수, 접촉 침전)으로 인해 상당한 수질정화 효과도 기대할 수 있다.



〈그림 6-5〉 갈대군락 조성법

2) 저습지 조성법

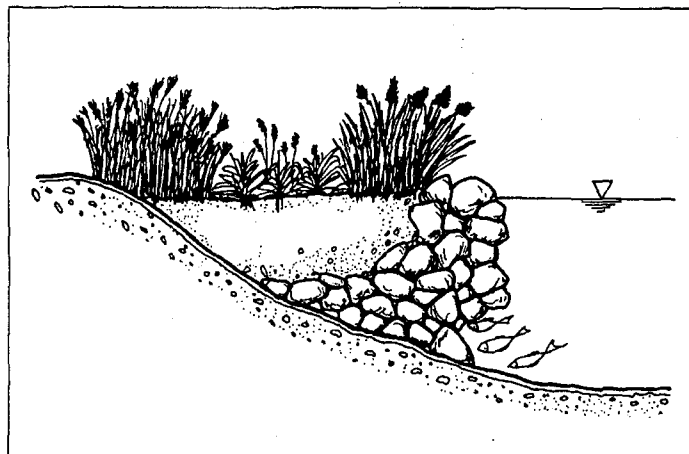
- 방법 : 하천에 여울이나 거석에 의한 낙차공이 설치되어 있는 지역에 저습지를 조성할 수 있다. 유공관을 이용하여 하천 본류의 물을 주변 지역으로 유입하여 하류로 유출시킴으로서 저습지를 조성할 수 있다. 여기에 다양한 습지식물을 식재함으로써 습지 생태계를 조성한다.
- 효과 : 습지는 모든 식생 생태의 모태로서 다양한 생태계를 형성할 수 있다. 이는 곤충의 서식을 위한 중요한 환경이 된다.



〈그림 6-7〉 저습지 조성법

3) 기타

- 둔치에 다양한 상태(개화시기, 색채)를 고려하여 여러 종의 초화류를 식재한다. 초화류는 습지성 향토 야생 초화류를 선택한다. 이는 수서곤충(잠자리, 나비 등)을 유인하여, 이들의 먹이를 제공해 준다. 또한 호감가는 하천 경관을 연출할 수 있다.
- 자연석을 이용하여 식재 Bed를 조성해 갈대군락을 조성하는 방법이 있다. 자연석의 크기를 다양하게 하여 물과 접하는 부분은 석재 공극 사이에 어류의 은신처가 될 수 있도록 조성한다.



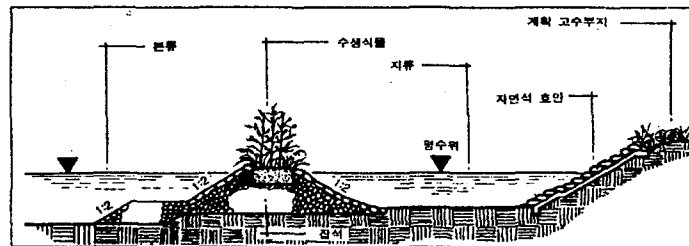
〈그림 6-8〉 석재 이용법

6.3 어류의 서식을 위한 기법

어류의 서식 환경은 하천 자체의 지형 즉 여울과 웅덩이의 형성이 중요한 기반이 되며 본류에서 벗어난 지류 및 하천변 식생 등이 어류의 서식에 영향을 미친다.

1) 지류의 형성법

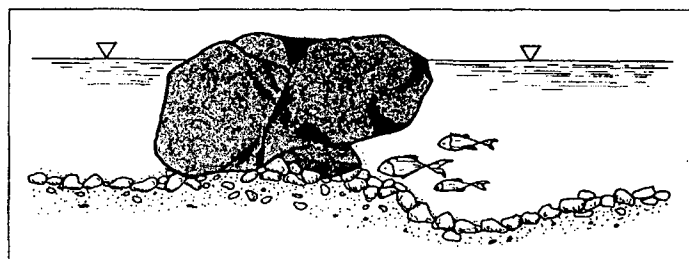
- 방법 : 중도의 조성으로 인해 본류변에 물의 흐름이 완화된 연목 같은 기능을 제공한다. 지류의 규모 및 깊이 형상은 다양하게 하는 것이 좋으며 수심은 0.3~1.0m 정도를 유지하는 것이 적당하다.
- 효과 : 다양한 어류의 생육, 번식, 산란의 공간으로 활용되어지며 홍수시 은신처를 제공할 수 있다.



〈그림 6-9〉 지류 형성법

2) 거석 배치법

- 방법 : 하천에 거석이 배치됨으로서 유수의 변화로 인해 하상의 쇄굴을 유도하여 유수의 접촉으로 인해 수질 정화를 유도한다. 거석은 고정시키지 않음으로서 하천의 역동성을 유지시킨다.
- 효과 : 거석으로 인한 하상 쇄굴로 어류의 은신처를 제공한다.



〈그림 6-10〉 거석 배치법

제7장 생태환경 조성기법의 적용사례

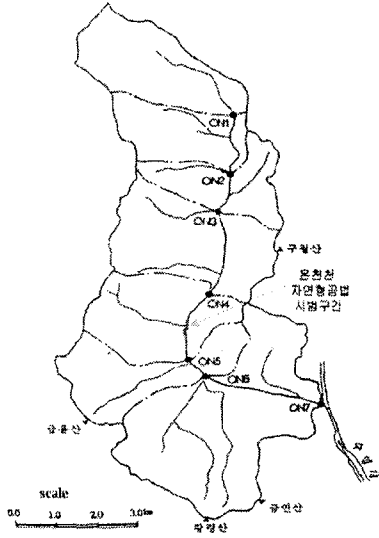
7.1 자연형 하천으로의 복원

자연형 하천 복원공법은 기존의 콘크리트 호안의 안정성과 이로 확보되는 이·치수면의 안정성의 확보가 전제되고 나서 자연으로의 복귀가 이루어져야 함으로 우선 수리·수문학적 검토가 무엇보다도 선행되어야 한다. 도시유출의 특성에 따른 하천의 생태적인 변화까지 검토가 이루어지고 나서 자연형 복원공법의 적용이 가능하다. 현재 적용되고 있는 자연형하천 복원공법의 적용목적은 하천 고유의 생명력을 유지하도록 함과 동시에 하천생태계의 자발적인 속성을 촉진시켜 하천의 자연성을 재생시키기 위함이다. 또한 자연형하천 복원공법으로 기대되는 효과로 생태계 구성요소의 생성기반을 조성하여 하천생태계의 역동성 회복을 꾀하여 하천생태계 기능의 회복을 기대하고 식생의 안착으로 기대할 수 있는 식생여과대를 확보할 수가 있다. 자연형하천 복원공법에 쓰이는 재료들은 대부분 천연재료를 이용한 것들이다. 대표적인 공법으로, 돌방태공법은 주변의 돌을 이용하여 소하천 등의 저수로와 호안에 많이 시행하는 공법이며 자연석쌓기공법은 흐름에 대해 세굴현상이 발생하는 지점에 많이 적용을 하고 있다. 그리고 식생을 위한 천연섬유마대공법은 천연섬유를 방부목 등을 이용하여 호안에 안착시키고, 식생호안을 꾀하는 공법으로써 사행천의 경우에는 세굴이 적은 퇴적지역을 중심으로 시공되며 차후 식생여과대의 효과를 기대할 수가 있으며 돌상자공법은 방부목으로 박스를 만들고 그 속에 돌을 넣고 속으로 들어오는 퇴적토와 함께 서서히 식생이 가능하도록 조성하나 시공비가 상대적으로 비싼 단점이 있다.

7.2 부산 온천천유역의 적용사례

부산의 온천천은 <그림 7.1~7.2>와 같이 부산 도심을 관통하는 지방 2급하천으로서 유역면적이 55.40 km², 유로연장 15.6 km로서 수영강 전체(유역면적 199.9 km², 유로연장 28.5 km) 유역면적의 약 27.7 %를 차지하는 수영강 제1지류 하천이다. 동래구 관할구역 중 세병교 위쪽으로 좌안 일부구간(250m)이 자연형하천 복원공법 시범구역으로 1999년 이후 2년간에 걸쳐 조성되었다. 온천천 전체구간의 현재의 모습은 콘크리트에 의한 하천제방의 정비와 일부구간 복개로 인한 하천생태계의 파괴와 둔치지역의 주차장화 등 하천 고유의 생태를 고려하지 않은 개발 및 정비로 인하여 하천이 많이 훼손된 상태에 있다. 특히 상류구간의 일부 복개와 중류구간의 콘크리트 호안과 저수로 라이닝 등 하천환경을 고려하지 못한 관리로 많은 문제점이 노출되고 있다. 이에 따라 중하류구간에서 자연형하천 복원공법의 필요성이 대두되고 이를 적용한 시범 조성구역이 동래구 관할구역의 온천천 좌안 일부구

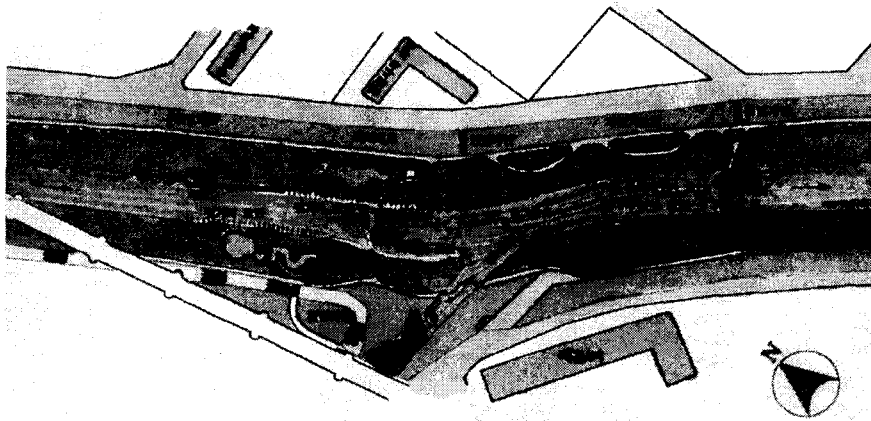
간에서 <그림 7.3>과 같이 조성되었다.



<그림 7.1> 온천천 유역현황도

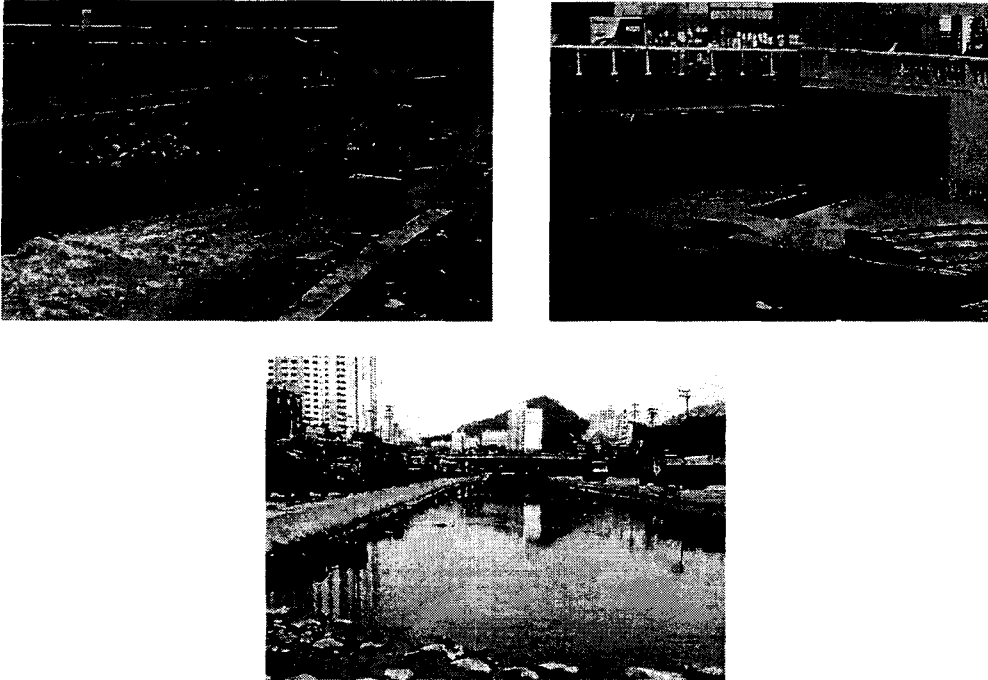


<그림 7.2> 자연형 하천 시범조성 사업대상지



<그림 7.3> 온천천 자연형 복원 시범구간 모식도

자연형하천 복원이 시행되는 일부지역을 제외하고는 <그림 7.4>와 같이 기존의 직강화 하천과 무분별한 복개 및 콘크리트재료로 인한 하천환경파괴 및 배수로로 전락한 상황이고 하천의 둔치는 주차장으로 쓰이고 있는 실정이다.

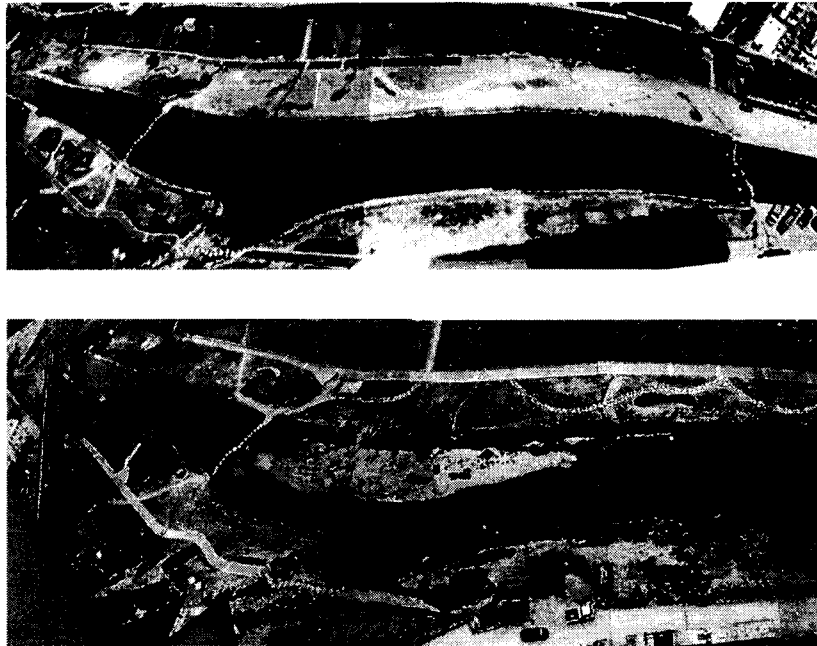


〈그림 7.4〉 기존 온천천의 직강화정비와 둔치의 주차장모습

자연형하천 복원공법의 적용구역에는 여러 가지의 자연형하천 복원공법이 적용되었다. 그리고 친수공간을 조성하기 위한 자전거도로, 산책로가 조성되었다. 시범구간에서 주로 사용된 자연형하천 복원공법의 사용재료를 살펴보면 Twin Net, Jute Mesh, Coir Felt, Coir Roll, 돛자리용 Mat, Jute Bag 등의 천연섬유를 이용한 재료들이다. 온천천 시범구역에 시공된 자연형하천 복원공법을 살펴보면, 저수로 호안에 돌망태를 쌓아서 세굴과 침식을 방지하려는 돌망태공법과 자연거석을 쌓아 호안을 보호하는 자연석쌓기 공법, 천연섬유MAT공법, 천연섬유를 이용한 야자섬유 두루마리와 윗가지 덮기와 야자섬유망 등의 공법이 또한 시공되었다. 그리고, 자연석과 방부목을 이용한 돌상자공법(사각돌망태공법) 등이 시공되었다. 또한 습지 호안에는 폐자재를 이용한 호안조성공법을 실시했다.

온천천 시범구간의 자연형하천 복원공법에서 저수로는 치수상 큰 제약을 받지 않고 여울과 소의 조성이 가능하고 다양한 자연경관의 창출이 가능하고 하천의 유출특성이나 치수상의 기능을 파악하여 흐름방향, 유속 등 상세한 하도 및 생태계의 특성을 조사 분석하여 계획하여 조성하였다. 또한 하상을 구성하는 물질이 흐름에 의해 분급되는 상태를 유지토록 시공되었다. 기존의 직강하도를 부분적으로 변경하여 완만한 사행성을 확보하여 하상과 흐름의 변화가 있는 저수로를 형성하도록 하였다. 종단계획을 살펴보면 평형하상고를 고려하면서 다양한 수심의 변화가 가능하도록 계획하였다. 횡단 계획은 완만한 사행구간에

서는 사행구간에서 비대칭 단면이 형성될 수 있도록 하며, 저수로 호안부는 유수에 의한 세굴작용으로부터 하안을 보호하기 위한 수로유지공으로 치수 및 이수 기능뿐만이 아니라 수제부의 하천생태계나 경관에 있어서 매우 중요한 부위로서 수변의 생태계, 자연 경관의 보전과 창출이 가능한 호안이 되도록 하고 치수상 안전하고 하천 생태계에 유리하도록 다양한 자연재료로 조합된 공법이 적용되었다. 수충부의 경우, 상대적으로 기울기를 급하게, 비수충부인 경우 완경사면을 조성하여 전반적으로 완경사 호안부를 확보하여 수위변화에 접하는 호안 부위를 넓혀서 정수식물의 발생이 용이한 환경기반을 조성한다. 하폭이 넓은 구간에서는 얇은 만이 형성되도록 하여 하천생물 부양기능을 강화하며 종단계획은 저수로의 하상변화에 충분히 대응할 수 있는 호안 계획을 수립하여 시공하였다. 호안부에 인접하는 둔치 면을 낮추어 통수단면에 여유를 주면서 수제부도 넓게 할 수 있으며 다양한 하천의 생태계를 재생시킬 수가 있는 기반환경을 확보하게 하고 온천천의 제방 및 홍수 호안은 조성이전부터 그 기능을 수행해 왔으므로 그 형태와 상태를 유지토록 하였다. <그림 7.5>는 시범구간의 시공전의 모습과 자연형 조성이후 1년이 지난 모습의 비교그림이다. 좌안 둔치의 식생과 하도내 퇴적현상 등 자연 하도 흐름을 서서히 회복하고 있는 것을 볼 수 있다.



<그림 7.5> 온천천 자연형 시범구간의 조성전후 비교

<그림 7.6~7.9>는 온천천 시범구간에서의 저수로 호안공에 적용된 각 공법별 식생안착 과정을 시공직후인 1999년 2월부터 2001년 6월까지 monitoring한 모습이다.



<그림 7.6> 저수로 호안공 - 윗가지 덮기 공법



<그림 7.7> 저수로 호안공 - 황마주머니 쌓기 공법

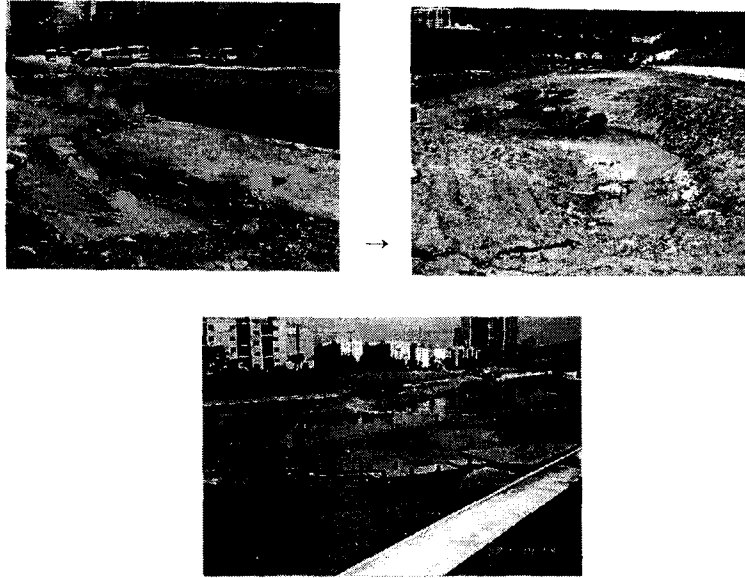


<그림 7.8> 저수로 호안공 - 나무틀 공법



<그림 7.9> 저수로 호안공 - 자연석 쌓기 공법

그리고 온천천 시범구간내에 설계된 인공생태습지의 조성과정과 완공된 모습은 <그림 7.10>과 같다. 평상시에는 자연관찰장소로 이용되다가 홍수시 저류지의 역할을 수행할 수 있도록 하였다. 그러나 콘크리트를 이용한 자전거도로는 저수로와 둔치와 식생제방 사이에서 또 하나의 하천생태계 연결의 차단요소로 나타날 것으로 판단된다.



〈그림 7.10〉 시범구간 둔치부에 조성한 인공생태습지의 조성과정 monitoring (99.1.-99.7)

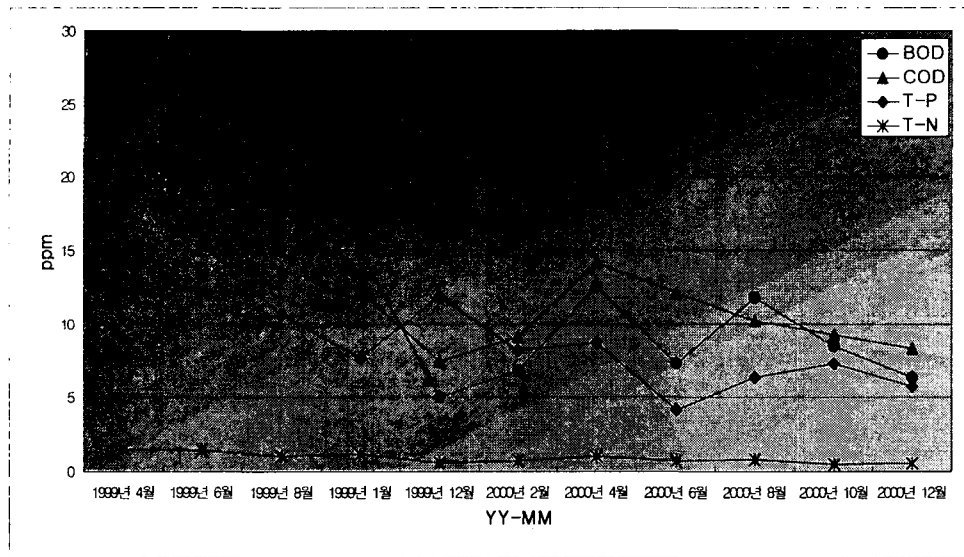
그러나 연제구 관할의 온천천 우안에서의 자연형하천 복원은 좌안의 시범구간에서의 적용과정과 다소 차이를 보이고 있다. 기존의 직강화된 하도형태를 그대로 유지하고 저수로 호안부의 식생대신에 돌망태공법이 적용되고 있다. 따라서 연제구 관할의 온천천의 모습을 살펴보면 <그림 7.11>과 같이 고유의 자연형 하천 모습을 찾기란 어려워 보인다.



〈그림 7.11〉 연제구 관할의 온천천 우안에서의 돌망태공법 적용모습

7.3 적용후 효과분석

자연형 복원공법 적용후 시범구간을 중심으로 하천환경의 변화와 수질개선 효과를 보면 차집관로 등의 설치효과도 있었지만 <그림 7.12>와 같이 전반적으로 수치가 낮아짐을 확인할 수 있었다.



<그림 7.12> 온천천 시범구간의 수질변화 monitoring

도시화에 따른 직강화 하천을 사행화함으로서 침식, 퇴적, 운반작용이 원활히 일어나는 하천을 복원하기 위한 하천 저수로 수충부의 공법중 온천천에서 가장 적합했던 A-1공법을 2년간 모니터링한 자료를 살펴보면 다음 <표 7.1>과 <그림 7.13>과 같이 계획대로 식생안착이 완전히 이루어졌음을 볼 수 있다.

<표 7.1> A-1 공법의 세부공법

구분	현장조건		기단부처리공	비탈바닥공	식생피복공
A-1	식피밀도	100%	야자섬유 두루마리 (Coir-Roll)	윗가지 덮기 (Wattling)	갈대심기
	기존호안공	콘크리트블록			
	호안깊이, 수심	100cm, 20cm			
	유속	0.14m/s			



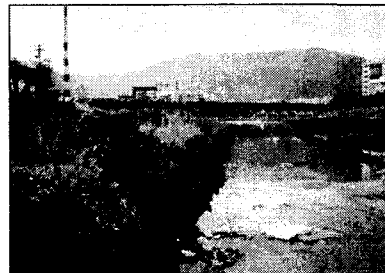
1999년 12월



2000년 1월



2000년 2월



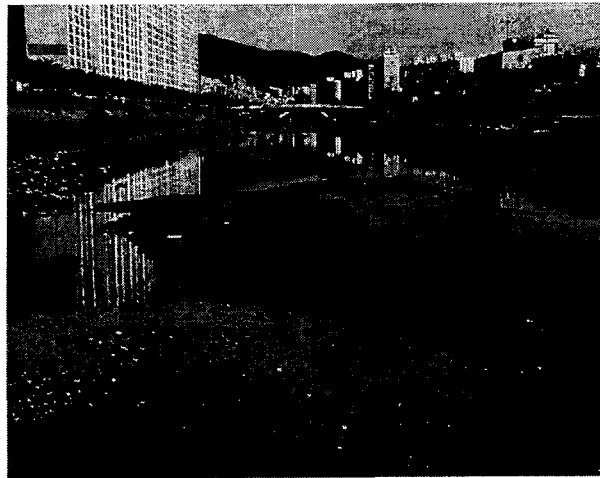
2000년 3월

〈그림 7.13〉 A-1공법의 온천천 시범구간 적용 모니터링(99.12.-2000.3.)

그리고 온천천 자연형 하천 복원구간에서 조사된 동물상의 현황은 <표 7.2>와 같다.

〈표 7.2〉 온천천 자연형 시범구간 일대에서 관찰된 동물상

분류군	관찰 종류 및 개체수			
	종 명	개체수		
		1차 (1999)	2차 (2000)	3차 (2001)
양서류·파충류	참개구리	3	-	-
	무당개구리	1	4	7
	황소개구리	-	5	9
조 류	참새	12	20	24
	까치	3	5	7
	집비둘기	3	19	22
	멧비둘기	2	3	3
	알락할미새	-	3	3
포유류	생쥐	1	4	6
	들고양이	-	2	2
	곰취	-	2	2



〈그림 7.14〉 온천천 시범구간중 하상 부분퇴적구간(2000. 10.)

그러나 온천천 시범구간을 포함한 전구간이 차집관로 공사의 완공으로 평상시 하천유지 수량이 상당히 부족하여 특히 10월이후부터 익년 5월까지 강우가 거의 없는 기간에는 <그림 7.14>와 같이 하상을 드러내놓은 구간이 많으며 부분적으로 퇴적현상이 진행되어 수질에 영향을 미치는 구간도 발생하고 있다. 따라서 온천천 구간에 대한 유지유량 분석 및 유지유량 확보방안을 장단기적으로 검토하여 대책을 수립하여야 자연형 하천으로의 복원이 진정한 의미에서 이루어질 수 있겠다.

7.4 적용사례의 고찰 및 분석

온천천 시범구역에서 살펴본 바와 같이 자연형 복원공법의 적용으로 인하여 직강화된 하천의 사행화 및 다양한 수환경의 조성으로 자연형하천 복원공법의 기본방침에서 기대한 생태계 복원의 기반을 조성하는 것에는 다소의 성과를 거두고 있다. 공법에 따라 다소의 차이는 보이지만 식생의 정착여부도 다소 많은 시간이 걸릴 것으로 예상되지만 성공적이다. 이제는 도시하천이 도시를 구성하는 기본적인 구성인자 중 유일한 열린 공간(open space)이라는 사실을 새로이 재인식하고 친수공간으로 우리 생활공간의 중요한 부분으로 자리매김되어야 할 시점이다. 그러나 같은 물이 흐르는 온천천을 관할 구역에 따라 하천의 정비기법이 달라지고, 그에 따라 하천의 모습이 달라지는 모습을 볼 때 일관성을 갖는 수계관리와 너무나도 비교되는 것이 우리의 실정이다.

연계구 관할의 온천천 정비는 단지 재료만 콘크리트에서 돌망태로 변했을 뿐 시민공원화되어 하천의 원래 모습을 찾아가는 노력은 없어 보인다. 온천천 같은 수계내 2~3km사이에서 서로 상이하게 정비되고 있는 모습을 보면서 현재 많은 지자체에서 경쟁적으로 시행

되고 있는 자연형하천 복원사업이 하천을 원래의 제모습으로 변화시켜주는 과정이 아니라 단지 재료만 콘크리트에서 자연재료로 바뀌었을 뿐 하천의 형태는 그대로 두어 흐름이 유지수량의 부족 등으로 자연스럽게 변화되지를 못하고 세굴과 퇴적으로 인한 여울과 소가 형성되지 않고 수층부의 하천생태가 단절되어 또다시 수질악화의 반복으로 죽은 하천이 되어서는 안된다.

동래구 관할의 자연형 복원공법 시범조성구역의 온천천의 변화를 계속 관찰하여 얻어진 성과를 온천천 전 구간에 걸쳐 적용이 될 수 있도록 지속적인 보완과 개선방안이 제시되어야 하겠다.

제8장 결론

하천환경이란 물과 그 주변 공간과의 통합체인 하천 그 자체를 지칭하며, 수량, 수질, 하천공간으로 구성된 자연적, 인공적 모습이다. 하천환경은 이수 및 치수와 더불어 하천의 3대 고유기능 중 하나로, 수질자정이나 생태적 서식처로서 자연 보전기능과 수상위락, 수변경관, 정서함양 기능으로서 친수기능, 그리고 하천부지이용, 피난 및 방재공간, 지적분할 등 공간기능을 가지고 있다. 이러한 하천환경 기능은 종래 전통적인 하천기능인 이·치수 기능보다 매우 늦게 인식되었다. 우리 나라 도시하천의 경우 '60, '70년대의 급속한 산업화와 도시화에 따라 건천화, 하천수 오염확대, 하천공간의 황폐화 등 하천환경이 점점 열악화되어지며, 트여진 공간 및 녹색의 숲과 푸른 물에 대한 도시민들의 욕구가 증대됨에 따라 하천의 환경기능 증진이라는 것이 하천관리의 주요 과제로 부각되기 시작하였다. 그러나 대부분의 도시하천 정비사업들은 일부구간에 대해서 획일적인 단순정비를 실시하여 조성된 고수부지를 체육공원, 또는 주차장으로 이용하고 있으며, 이러한 정비는 오히려 수질 및 생태계에 악영향을 미쳤다.

이에 본 연구는 도시하천을 정비함에 있어서 욕구를 충족시키기 위해 '살아 숨쉬는 하천 만들기'라는 기본 이념 아래 다양한 생태계가 조성될 수 있는 환경을 만듦으로써 생태계가 가지고 있는 역동적 안정성 및 자정능력을 최대한 발휘할 수 있도록 하기 위한 실험적 제안으로서 국내에서 적용되기 시작한 여러 기법들을 연구하였으며, 이를 적용대상천인 부산 온천천 시범유역구간에 적용한 사례를 중심으로 효과를 분석하였다.

도시하천은 자연하천과 달리 도시지역의 콘크리트화, 아스팔트화로 인해 물의 순환 system이 교란되어 있어 우수의 흡수량은 줄어들고 표면수의 양이 증가되어 홍수기의 일시적인 수량은 증가하나 평시 하천 수량은 감소하는 실정이다. 이를 해결하기 위해서는 투수성 포장재료의 사용 등 도시전체에 친환경적 설계개념이 적용되어야 하며 또한 단기적인 수량확보를 위해 본문에서 언급한 물리적인 방법을 도입할 필요가 있다. 이러한 생태적 접근의 환경설계 기법은 환경설계 기법은 환경적으로 건전하고 지속 가능한 개발, 즉 ESSD 개념에 충실한 기법으로서 하나의 단독 과제로 그 효과를 얻기보다는 Ecopolis(생태도시)라는 새로운 도시환경 철학하에 총체적인 접근이 필요하다. 그리고 이러한 개발방식은 기존의 개발방식과 달리 많은 시간과 경비, 그리고 다방면의 전문가들(생태학자, 조경가, 토목기술자, 도시계획가 등)의 협동작업이 요구된다고 하겠다.

※대표참고문헌: 도시하천의 생태환경 계획 및 설계(도서출판 누리애, 1999)

습지학회 발표논문 '자연형 하천공법의 적용에 관한 사례연구'

(서규우, 2001.9)

참고문헌

국내문헌

● 단행본/보고서

- 강원대학교, 「한강유역의 종합적 연구」, 1985.
- 건설부, 「자연형 하천계획기법 및 하천유량과 수질의 상관성 조사·연구」, 1994.
- 건설부, 「하천시설기준」, 1993.
- 건설부, 「하천환경관리기본조사연구」, 1991.
- 건설부, 「하천 환경정비 기초조사 연구」, 1991.
- 경기도, 「소하천 정비방향과 모델」, 1994.
- 고강무, 「원색 한국식물도감」, 1991.
- 과천시, 「자전거도로 연구 및 기본계획」, 1994.
- 국제협력사업단, 「한국 한강 수계중 소하천 환경정비 계획조사」, 1991.
- 김귀곤, 「생태도시계획론」, 대한 교과서 주식회사, 1993.
- 김익수, 「원색 한국 어류도감」, 아카데미서적, 1989.
- 내무부, 「자연학습원의 조성과 운용」, 1982.
- 법제처, 「대한민국 현행법령집-수자원·토지·건설업(I)」, 한국법제 연구원 전52권 (제1질), 1995.
- 산림청, 「자연휴양림 설계기준」, 1990
- 서울 YMCA, 「한강물 되살리기 시민운동 심포지움 1-9호」, 1993.
- 서규우, 「도시수문학」, 1998.
- 서규우, 「도시유출모형」, 1999.
- 서규우, 「환경보존과 토목」, 1999.
- 서울 YMCA, 「한강의 생태계 보전과 지속 가능한 개발」, 1994.
- 서울시정개발 연구원, 「도시하천 수질관리 방안을 위한 연구(안양천을 중심으로)」, 1993.
- 서울특별시, 「공원·녹지 조경사례집-한강시민공원편」, 1991.
- 서울특별시, 「서울시 관내 하천제방 안전도 점검 및 치수대책 종합수립 기본계획 보고서」, 1992.
- 서울특별시, 「우이천 환경정비 기본 및 실시설계 기본계획 보고서」, 1994.
- 서울특별시, 「탄천수계둔치 시민휴식공간 조성 기본 및 실시설계」, 1995.
- 서울특별시, 「한강연안 녹화사업 기본조사 및 실시설계」, 1995.
- 수원시, 「수원천 정비기본계획」, 1995.

- 신용석 외, Michael Hough, 「도시경관·생태론」, 기문당, 1991.
- 우한정 외, 「원색 한국조류도감」, 아카데미서적, 1989.
- 우효섭 외, 「유지유량 / 하천 환경관련 해외사례 조사보고서(영국/독일)」, 한국건설기술연구원, 1994.
- 윤세영, 「원색 한국자원식물도감」, 아카데미서적, 1995.
- 이경욱 외, 「광역 조경론 - 난지도 생태공원과 계획 : 조경계획과 설계에서 생태적방법론 모색과 그 적용」, 서울대학교 환경대학원, 1993.
- 이길성 외, 「하천경관 관리기법의 비교연구」, 서울대학교 토목공학과대학 수공학연구소, 1991.
- 조무현, 「원색한국 수목도감」, 아카데미서적, 1983.
- 최기철 외, 「원색 한국담수어 도감」, 향문사, 1990.
- 환경운동연합, 「한강 분류 및 지천의 동·식물 생태계의 구조분석」, 1994.

● 논문

- 고경희, 「새곳 임해 생태학습원 기본계획」, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문, 1984.
- 권근중, 「담수 생태학습원 기본계획」, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문, 1986.
- 김선우, 「도시하천 공원조성 기본계획에 관한 연구 - 대전직할시 신천부지를 대상으로」, 한양대학교 환경대학원 석사논문, 1993.
- 박대경, 「지표식물을 이용한 우리나라 도시하천의 수질평가 방법에 관한 연구」, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문, 1987.
- 박병오, 「홍도천연 보호구역의 식생복구방안 연구」, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문, 1995.
- 박종구, 「생태관광지의 계획모형 개발에 관한 연구」, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문, 1994.
- 송병화, 「하천생태통로 기본계획 - 안양천 유역을 대상으로」, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문, 1995.
- 송재우, 「우리나라하천의 사행특성에 관한 연구」, 연세대학교 환경대학원 석사학위논문, 1980.
- 신상혁, 「도시하천 고수부지 이용에 관한 환경조경학적 연구」, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문, 1976.
- 양순옥, 「일산호수공원 조경설계」, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문, 1993.
- 이석해, 「도시하천변 고수부지 공원계획 수립에 관한 연구」, 홍익대학교 환경대학원 석사학위논문, 1987.
- 이양주, 「우포 자연학습원 환경설계」, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문, 1992.

- 임대현, 「진주천 환경계획」, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문, 1993.
 전성우, 「생태도시계획 기법에 관한 연구」, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문, 1993.
 전용준, 「난지도 생태공원 기본계획」, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문, 1987.
 신용석, 「인공호수 경계부의 생태적 특성을 고려한 경관복구 방안에 관한 연구」, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문, 1987.

● 정기간행물

- 권오준, “수변공간 지역의 친환경적 공간재생”, 「환경과 조경」, 통권85호, 1995. 5.
 권오준 외, “특집 : 한강 어떻게 살릴 것인가?”, 「환경과 조경」, 통권 제9호, 1985.6.
 김용기, “도시하천의 친수성”, 「환경과 조경」, 통권 제18호, 1987.7
 김용기, “하천경관에 관한 연구”, 「한국조경학회지」, Vol.10, No.1, 1982.
 박병주 외, “특집 : 도시환경과 도시 소하천”, 제13권 제10호, 1994.10.
 박성우, “경기도 관내 지방하천 개수사업 기본계획보고서(요약)”, 「한국수문학회지」 제17권 제4호, 1984.
 서울신문, 「도시하천 마르고 썩어간다」, 1995. 5. 17
 양병이 외, “특별기획 : 친환경적 공간과 재생(1)”, 「환경과 조경」, 통권84호, 1995. 4.
 원태상, “한국하천의 특수성을 논함”, 「대한토목학회지」, 제10권 제11호, 1962.
 우효섭, “하천환경이란 무엇인가?”, 「한국수문학회지」, 제26권 제3호, 1993. 9.
 이명우, “하천식물의 생태”, 「환경과 조경」, 통권19호, 1987.9
 이무춘, “자연생태학적·공간적 환경보전단”, 「공해대책」, 1991. 7.
 이인선, “하천의 수질 정화방안”, 「공해대책」, 1993. 3.
 이진원 외, “하천환경 정비기법의 개발방향 I”, 「대한토목학회지」 Vol. 41. No 2.
 이진원 외, “하천환경 정비기법의 개발방향 II”, 「대한토목학회지」 Vol. 41. No 3.
 장병관 외, “특집 : 생태공원”, 「환경과 조경」, 통권 제61호, 1993. 5.
 전승홍 외, “특집 : 식물원”, 「환경과 조경」, 통권44호, 1991. 12.
 조선일보, 「다마천 도심 오아시스 됐다」, 1994. 7. 27.
 조선일보, 「샛강을 살립시다 1-9」, 1995.
 중앙일보, 「한강호안 블록 철거해야 숨통트인다」, 1995. 4. 15.
 최영박, “도시하천의 기능과 개발문제점”, 「도시연감」, 1977. 6.
 최정권, “자연환경의 생태적 재생 - 하천경관의 이미지 형성을 중심으로”, 「조경학회지」, Vol.22, No.4, 1995.
 편집실, “한강의 생태”, 「환경과 공해」, Vol.11, No.3, 1988.
 한병권 외, “특별기획 : 지피식물의 현주소와 활성화 방안”, 「환경과 조경」, 통권39호, 1995. 10.

국외문헌

● 단행본

- Charle A.Flink, Robert M. Searns, *Green way - A Guide to planning, Design, and Development*, Island press, 1993.
- Chris Maser James R. Sedell, *From the forest to the sea - The Ecology of wood in Streams, River, Estuaries, and Oceans*, st. Lucie Press, 1994.
- David M. Harper & Alastair J. D. Ferguson, *The Ecological Basis for River Mangement*, Wiley, 1995.
- Gardiner, John. L., *River Projects and Conservation-A Manual For Holistic Appraisal*, John Wiley & Sons, 1991
- Saha, Suranjit. K., *River Basin Planning : Theory and Practice*, John Wiley & Sons, 1981.
- Toronto Resource Center, *The Bringing Back The Don*, 1991.
- Whitton, B. A., *River Ecology*, Backwell Scientific Publications, 1975.

杉山恵一 外, 「自然環境 復元の 技術」朝創書店, 1992.

日本 土木學會, 「水邊の 景觀計劃」技報堂出版株式會社, 1998.

リバーフロントテ 整備 センター, 「まちと 水邊に xかな 自然をII」, 山海堂, 1992.

リバーフロントテ 整備 センター, 「ふるさと 川のを つくる I」, 大成出版社, 1990.

リバーフロントテ 整備 センター, 「ふるさと 川のを つくる II」, 大成出版社, 1990.

リバーフロントテ 整備 センター, 「ふるさと 川のを つくる III」, 大成出版社, 1990.

岡太郎, 菅原正孝, 「都市의 水邊の 新展開」技報堂出版株式會社, 1994.

新井正外, 「都市の 水門環境」, 公立出版株式會社, 1998.

グラフィック社 編集部, 「Element and Total Concept of URBAN TREE DESIGN」, 錦明印刷株式會社, 1991

グラフィック社 編集部, 「Element and Total Concept of URBAN EQUIPMENT DESIGN」, 錦明印刷株式會社, 1991.

宮城後作 外, 「Contemporary Landscape Archietecture; An International Perspective」, プロセス アーキテクチャ、 1995.

● 정기간행물

Bill, Julian, Edward, Peter. & Williamson, Neid., "Ecological database for greenway", 「Landscape Design」, 1990.11.

Johnson A. H., "Human ecological Planning : method and studies". 「Landscape Design」,

1981.6.

Mark Glaister, “the facts about freshwater”, 「Landscape Design」, 1992.3.

Sedden,M,H., “A green plan for wakefield”, 「Landscape Design」, 1991.5.

進士五十人, “Landscape works - もうひとの 職能・新しい 地平を 拓く 行政フラスナー”
「Japan Landscape」, No.24, 1992.

關 克己 外, “河川の 自然と 生態系の 保全・創出”, 「土木技術 48巻 12號」, 1995.

室谷文治, “Ecological Landscape planning”, 「Process Architecture」, Vol.127, 1995.10.