

인간과 생태계의 조화를 추구하는 하천환경관리

책임연구원 : 오 경 두

(육군사관학교 토목공학과 교수)

연 구 원 : 조 영 호

(한국종합기술개발공사 전무)

1. 서 언

하천은 여러 가지 기능을 제공하고 있다. 그 중에서도 인간 사회에 가장 오래전부터 영향을 끼쳐 온 것은 각종 용수의 공급과 홍수의 소통 기능이었다. 우리나라의 근래 물관리 정책도 이수와 치수가 핵심을 이루어 왔다. 1970년대 이후로 소양강 다목적댐을 비롯한 여러 다목적댐의 건설 사업과 광역 상수도망의 구축, 한강종합개발사업과 같은 대규모 치수사업의 성공적 수행에 따라 해마다 연례행사처럼 치러 오던 가뭄과 홍수의 피해로부터 어느 정도 벗어나게 되었다.



그림 1. 소양강 다목적댐의 위용

그러나, 우리나라의 산업이 단기간에 고도로 성장하고 인구의 증가와 도시화가 급속히 진행됨에 따라 환경기초시설이 이를 뒤따르지 못하여 각종 오염문제가 급부상하게 되었다. 1989년의 중금속파동, 1990년의 트리할로메탄파동, 1991년 낙동강 페놀 오염 사건, 1993년 세균파동, 1994년 낙동강 암모니아성 질소 및 디클로로메탄 오염 사건 등 거의 연례적으로 크고 작은 수질 사고가 발생해서 전국적인 파문을 불러 일으키고 있다.

또한 낙동강, 임진강 등의 하천에서 물고기가 집단 폐사하는 등 하천 수질 악화에 따른 수서생태계의 파괴는 여러번에 걸친 물과동과 함께 하천 수질과 수서생태계에 대한 전국민적인 관심과 주목을 끌게 되었다. 하천 수질과 생태계에 대한 국민적인 관심은 '샛강살리기 운동', '녹색청소년 도시하천 환경탐사'와 같은 국민 운동으로 표출되고 있다.

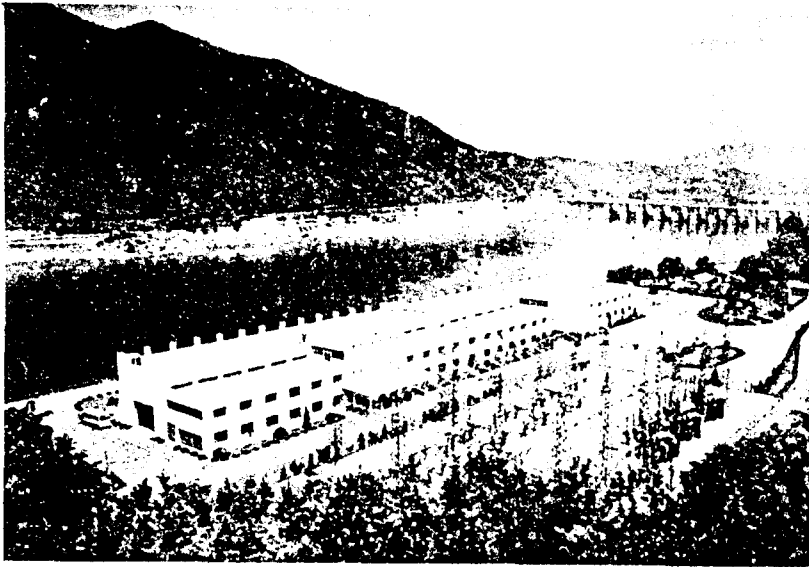


그림 2. 1일 260만톤의 취수시설을 갖춘 팔당취수장

정부에서도 이치수사업 중심의 하천관리에서 한 차원 높은 자연친화적인 하천관리로 그 방향을 전환하고 있다. 1995년 1월 5일 소하천정비법이 제정 공포되었고 1996년 내무부에서 '소하천정비사업 업무 기본지침서'를 발행하여 자연생태계를 배려한 친수적 소하천 정비를 지향하고 있다. 그 기본방향은 친수적 환경고려, 재해예방과 환경정화의 병행, 농어업 생산기반시설 확충, 지역경제 활성화 및 수계별 추진이다.

본 고에서는 생태계 보전이라는 관점에서 국내에서의 이러한 하천정비 추세와 외국에서의 연구 동향과 사례를 살펴보고 우리나라의 하천환경관리 정책이 나아가야 할 방향을 살펴보고자 한다.

2. 생태계의 구성과 기본원리

2.1 생태계의 정의

언뜻 보기에 자연은 무한히 복잡한 것 같이 보인다. 살아있는 생물들끼리와 또 그들과 무생물과의 관계는 그물같이 얽혀 있어서 셀 수 없이 복잡하고 미묘한 연결을 형성하고 있다. 모든 것은 또 다른 모든 것들과 연결되어 있다. 시인 프란시스 톰슨이 “꽃을 만질 때 벌이 흔들린다”고 읊은 것은 이와 같은 맥락이며, 생태학적 관점에서 볼 때 참으로 타당한 말이다. 토끼를 예를 들어 보면, 토끼는 다른 토끼들과 서로 영향을 미치고 있으며, 먹이인 풀과 이들을 잡아 먹는 올빼미 그리고 궁극적으로는 인간에 의하여 영향을 받고 있다. 따라서, 자연의 운영을 알아내려면 수백만 종에 이르는 생물들끼리와 또 무생물과의 관계를 알아야 할텐데 이것은 사실상 불가능한 일이다.

그러나, 다행스럽게도 자연은 일정한 양식(pattern)으로 운행되고 있다. 이 자연은 똑같은 기능을 수행하는 수 없이 많은 작은 시스템들로 구성되어 있는 거대한 시스템이다. 따라서, 자연 세계를 이해하는 열쇠는 자연계의 모든 곳에서 일어나고 있는 이 똑같은 기능들을 이해하는 것이다.

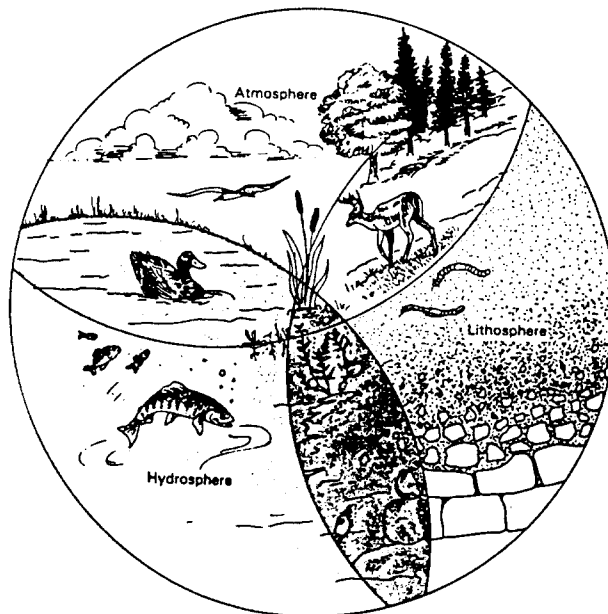


그림 3. 생태권(ecosphere)을 구성하는 공기, 물, 암석-토양, 생물

생태학(ecology)은 이러한 자연의 구조와 기능을 연구하는 학문이다. 생태학은 생태계(ecosystem)를 연구하는 학문이라고도 할 수 있다. 생태계는 서로 영향을 주고 받는 여러 가지 생물들과 무생물로 이루어진 자기 조절 능력이 있는 공동체(self-regulating community)로 정의할 수 있다. 주로 생태학은 자연속에서 생물들이 어떠한 역할을 수행하며, 이러한 생물들의 활동이 자연 환경에 어떠한 영향을 미치게 될 것인지를 연구한다.

근본적으로 모든 생태계는 네가지 기본 요소로 구성되어 있다. 첫 번째 구성 요소는 생산자이다. 모든 녹색식물들이 여기에 해당된다. 이들은 대기와 토양으로부터 받아들인 단순한 화학물질과 태양에너지를 이용하여 광합성을 함으로써 복잡한 구조와 풍부한 에너지를 갖는 화학물질을 만들어낸다. 물론, 식물들이 아무것도 없는 상태에서 이러한 물질들을 생산할 수 있는 것은 아니다. 따라서, 이들을 변환자(transformer)라고 부르는 것이 보다 더 정확하겠지만 생태계내에서의 상대적인 역할로 볼 때 생산자라고 하는 것도 타당하다고 할 수 있다.

두 번째 구성 요소는 소비자이다. 소는 식물을 소비해서 필요한 에너지와 화합물을 얻는다. 식물로부터 얻어진 에너지의 일부는 소가 움직이는데 쓰이고, 또 일부는 식물의 화합물로부터 새로운 세포를 합성하는데 쓰인다. 이렇게 해서 소가 자라기도 하고 새끼를 낳기도 한다. 소를 잡아먹는 동물들은 똑같은 방식으로 소고기속에 포함된 화합물을 분해해서 활동에 필요한 에너지를 얻기도 하고 새로운 세포를 만드는데 필요한 화합물을 합성하기도 한다. 소와 같이 생산자인 식물을 먹는 채식동물을 1차 소비자라고 한다. 그리고 이러한 1차 소비자들을 먹고 사는 육식동물들을 2차 소비자라고 한다. 이들 육식동물들은 생산자인 식물로부터 한 단계 더 멀리 떨어져 있기 때문이다.

세 번째 구성 요소는 분해자이다. 분해자는 죽은 식물이나 동물을 소화시켜서 에너지와 영양분을 섭취하는 특별한 종류의 소비자이다. 주로 박테리아와 곰팡이류가 여기에 포함되는데, 이들은 분해와 부패를 일으키게 된다. 복잡한 유기물질이 무기질의 영양분과 이산화탄소, 물로 분해되고 에너지가 열로써 방출된다. 분해자는 생태계에서 매우 중요한 역할을 담당하고 있다. 이들은 물질이 어느 한 곳에 고착되는 것을 막아서 생태계내의 물질이 계속적으로 순환할 수 있도록 해 준다.

네 번째 구성 요소는 무생물이다. 여기에는 물리적인 것과 화학적인 것들이 포함된다. 물리적인 것에는 바람, 지형, 토양 수분, 물의 흐름, 기온, 토양의 간극, 태양의 조도 등이 포함된다. 화학적인 것에는 물, 산소 등의 가스, 철이나 황과 같은 광물, 여러 가지 다양한 화합물 등이 포함된다. 무생물에 대해서는 다음 절 '생태계의 에너지와 물질 순환'에서 설명하였다.

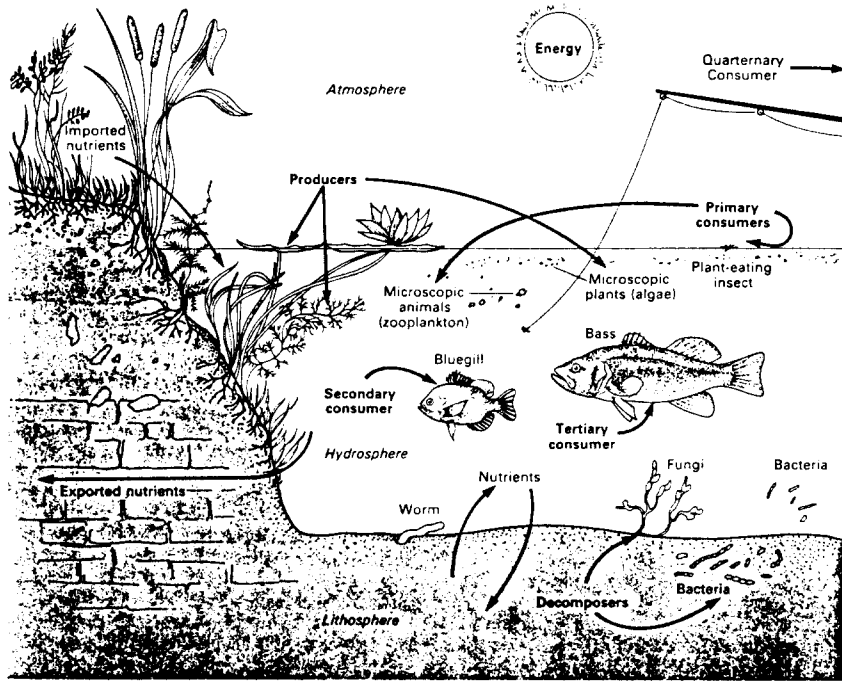


그림 4. 연못의 생태계 구조

이 지구상에서 생산자, 소비자, 분해자의 세가지 생태계 구성 요소들이 균형을 이루고 있는 것은 이들의 수가 일정불변하기 때문이 아니라 생태계의 자기 조절 능력과 복원력 때문이다. 어느 한 종의 개체수가 장기적으로 볼 때 변화하더라도 평균치를 크게 벗어나지 않으면서 그 근방을 오르내리는 것을 볼 수 있다.

생태계는 자신에게 가해진 충격을 회복할 수 있는 기능을 갖고 있지만 그 능력은 상당히 제한되어 있다. 오늘날 인류가 당면하고 있는 환경 문제의 근본적인 원인은 생태계의 복원력을 넘어서는 인간 활동에 있다. 인간은 자연의 일

부분이다. 자연계의 일부인 인간이 자신을 떠 받치고 있는 자연계를 파멸시킨다면, 인간은 그보다 훨씬 이전에 파멸되고 말 것이다.

2.2 생태계의 에너지와 물질 순환

에너지(energy)가 없이는 어떤 일도 할 수 없다. 걸을 수도 없고, 날 수도 없으며, 자랄 수도 없다. 아인슈타인은 물질조차도 에너지의 한 형태임을 보여주었다. 에너지가 무엇인지 정확하게 정의하기는 쉽지 않지만 일을 할 수 있는 능력 정도로 간단히 정의할 수 있다. 모든 생물은 그 기능을 유지하기 위해서는 반드시 에너지원이 있어야만 한다.

사실상 생태계에 필요한 모든 에너지는 태양으로부터 오고 있다. 태양빛의 에너지는 식물로 전해지고, 다시 식물에서 초식동물로, 초식동물에서 육식동물을 거쳐 궁극적으로는 분해자에게로 전달되는 에너지 흐름을 형성한다.

열역학 제1법칙에 의하면 에너지는 보존된다. 그러나, 열역학 제2법칙에 의하면 폐쇄계(closed system)내에서 사용된 에너지는 그 기능이 떨어져서 효용성이 줄어들게 된다. 식물 잎사귀에 도달한 태양에너지 가운데 평균적으로 1% 이하만이 화학적 에너지로 변환된다. 그리고, 먹이 사슬상에서 단계를 거슬러 올라갈 때마다 그 전단계 에너지의 평균 10% 정도만이 가용하게 된다. 에너지는 생태계를 흘러 가면서 열의 형태로 분산되어 간다.

이러한 에너지의 흐름은 하천 생태계의 구성에도 직접적인 영향을 미치게 된다. 태양광선이 잘 들지 않는 산림속의 하천에서는 광합성을 하는 조류의 구성이 크게 떨어지는 반면에 하류로 가면서 태양광선이 충분히 들면서 조류의 광합성과 이로 인한 생산성이 크게 증가하게 된다. 하천의 탁도가 증가하거나 조류가 너무 번성하여도 태양광선의 투과를 방해하여 수중생태계에 영향을 미치게 된다.

지구상에 존재하는 100여가지 이상의 화학원소 중에서 생물에 존재하는 것은 20~30가지 정도이다. 이들 가운데는 많은 양이 필요한 물질도 있고 극소량만이 필요한 물질도 있다. 대부분의 생태계에서 생물과 무생물을 구성하고 있는 기본적인 화학물질이나 영양분은 생태계 자체내에서 순환하고 있으므로 외부로부터 계속 공급하지 않아도 된다. 즉, 생태계내에서 각 원소별로 본 전체적인

화학물질의 양은 일정하다. 화학적인 원소들은 결합과 분해를 거듭하면서 생태계 내에서 계속해서 재활용되고 있다.

생태계 내에서 어느 특정한 시점에서의 어떤 화학 원소의 분포는 공기, 물, 암석(또는 토양), 또는 생물체 내에 다양한 형태로 분포하게 된다. 시간이 지남에 따라 이 화학물질은 공기권(atmosphere), 물권(hydrosphere), 암석권(lithosphere), 생물권(biosphere) 내에서 이동하는데 이를 biogeochemical cycle이라고 한다.

생물체에 필수적인 화학 원소를 영양물질이라고 한다. 생물체의 성장과 모든 활동은 영양물질에 의하여 지배된다. 예를 들어, 질소나 인과 같은 원소의 화합물이 부족할 경우에 식물의 생산성이 크게 제한을 받는다.

이러한 영양물질이 얼마나 생물체에게 가용할 것인지는 다음과 같은 세 가지 요소에 의하여 결정된다. 첫째, 화합물의 형태이다. 화학 원소는 생물체가 사용할 수 있는 화합물의 형태로 존재해야 한다. 둘째, 지리적인 위치이다. 화학 원소는 생물체가 닿을 수 있는 거리 내에 위치하고 있어야 한다. 셋째, 물질 순환의 형태와 속도이다. 어떤 화학 원소가 한 형태에서 다른 형태로, 또 한 장소에서 다른 장소로 얼마나 빠르게 변하거나 이동하는가 하는 것이다.

인간의 활동으로 인하여 biogeochemical cycle은 인간과 다른 생물체 모두에게 해로운 방향으로 변화되어 왔다. 인간 활동은 화학물질의 형태, 지리적인 분포, 순환 속도에 영향을 주고 있다. 더욱이 인간은 계속 새로운 화학물질을 발견해서 이 순환에 추가시켜왔다. 이렇게 화학적으로 합성된 물질들 가운데에는 생태권(ecosphere)에 뜻하지 않았던 심각한 위해를 끼친 것들도 있었다. 오늘날 인간이 당면하고 있는 환경과 보건 문제의 상당한 부분이 이러한 합성물질의 영향과 허용한계를 넘어서는 화학물질의 양과 농도, 자연계에 희소하였던 영양물질의 유입으로 인하여 생물체가 과도하게 성장한 때문이다.

3. 하천의 생태학적 모형: 하천 연속체 개념

1980년에 Vannote 등이 처음으로 하천 연속체 개념(river continuum concept)을 제안하였다. 이 개념은 하천이 수계의 최상류지점으로부터 하류쪽으로 흘러가면서 어떠한 변화가 일어날지를 설명하는 생태학적인 모형을 제공하고 있다. 이 개념에 의하면 하천이 하류쪽으로 흘러가면서 강의 크기(하폭, 수심, 유량)가 증가함에 따라 주변 산림 피복의 영향은 점차 감소하게 된다.

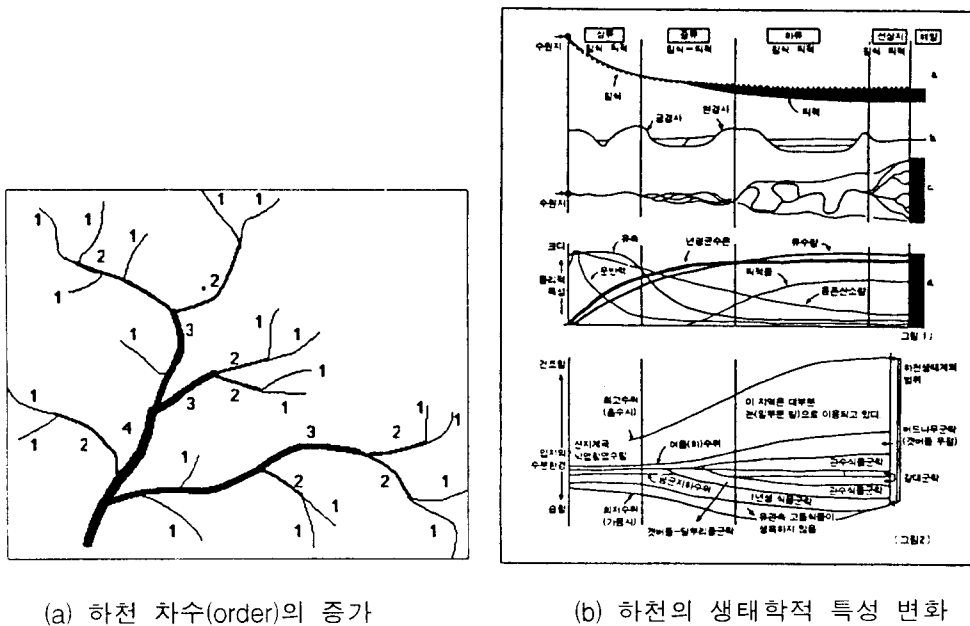


그림 5. 하천 연속체 모형

하천에서 중요한 물리화학적 변수는 유속, 하도 구성 물질, 수온, 용존산소이다. 유속은 하상 입자의 분포, 먹이와 영양물질의 분산에 영향을 줄 뿐만 아니라 수서생물 자체에 물리적인 힘으로 작용하게 된다. 수서곤충들은 빠른 유속이나 느린 유속의 어느 한쪽에 적응하게 되며, 이 두가지 모두에 적응하는 곤충은 거의 없다.

하도 구성 물질은 유기질과 무기질로 구성되며, 무기질이 대부분을 차지하게

된다. 무기질은 점토, 실트, 모래, 자갈에서 크개는 바윗돌에 이르기까지 크기의 분포가 다양하다. 유기질은 크기가 1mm 이하인 것은 수서곤충의 먹이가 되며, 그 이상인 것은 하상을 구성하는 물질이 된다. 유기질의 크기와 분포는 수서생 태계에 큰 영향을 미친다.

수온은 일별, 계절별, 표고, 기후, 하천변 식생 상태 등에 영향을 받는다. 작은 하천의 수온은 식생에 의한 그늘에 민감한 반응을 나타내는 반면에 큰 하천은 대체로 태양빛에 거의 노출되어 있으며, 수온 변화에 대한 관성이 커서 수온 변화가 상대적으로 작다.

용존산소는 오염되지 않은 산림에서는 거의 포화상태를 나타내지만 하류로 진행하면서 BOD의 증가, 수온의 증가 등으로 점차 농도가 감소하게 된다. 용존산소는 조류의 광합성과 호흡작용으로 인하여 밤과 낮 사이에 큰 차이가 발생할 수 있다. 하상 구성 물질의 용존산소 투과성, 수면쪽과 하상 바닥쪽 물의 혼합 정도는 하상 바닥의 용존산소 농도에 중요한 영향을 미치며, 이에 따라 수서곤충의 분포가 영향을 받게 된다.

하천은 또한 수문 순환 과정에 있어서 중요한 역할을 담당한다. 유역에 내린 강수는 하천으로 모아져서 수로를 따라 바다로 흘러가게 된다. 따라서, 하천은 유역의 면적, 길이, 폭, 경사, 지질, 토양, 식생, 기후, 토지 이용 등 여러 가지 요인에 의하여 영향을 받게 된다.

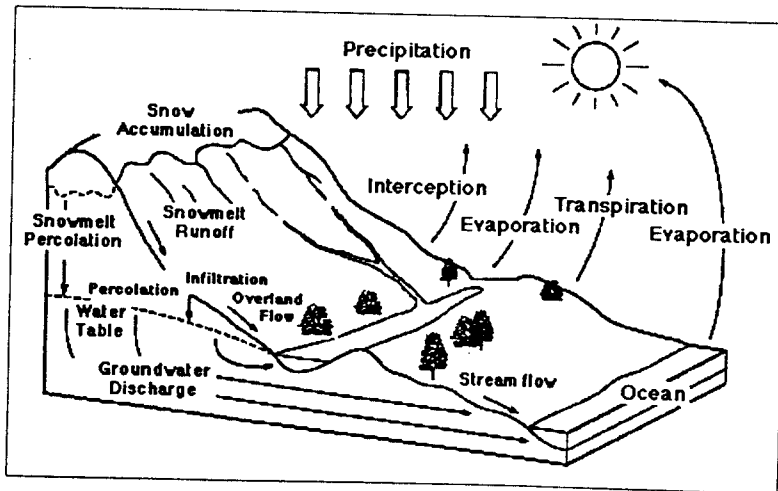


그림 6. 유역의 수문 순환

하천은 하류로 흘러가면서 경사가 급해서 유속이 빠른 곳에서는 하상 재질을 세굴시켜 이송하며, 경사가 완만한 곳에서는 퇴적을 시켜서 여울과 소가 나타나게 된다. 이러한 여울과 소는 어류를 비롯한 수서생물의 산란과 서식에 중요한 역할을 담당한다.

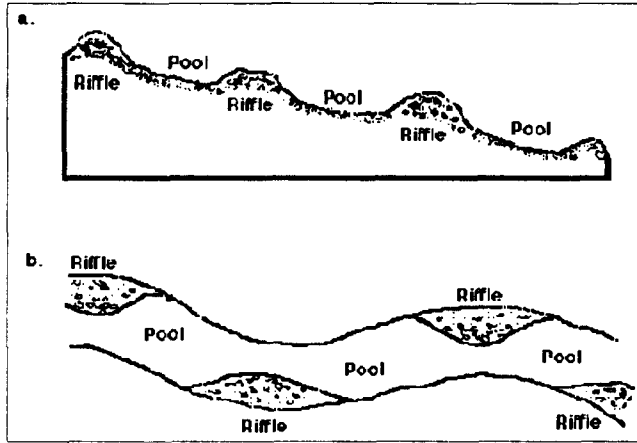


그림 7. 하천을 따라 형성되는 여울과 소

하천 연속체 개념은 강의 상류에서 하류로 진행하면서 생물체의 군집이 어떻게 변화하여 갈 것인지를 예측할 수 있는 방법을 제공하고 있다. 만일 수계 최상류에 위치한 조그만 실개천이 에너지와 영양분을 주변 산림으로부터 얻고 있다면 나뭇잎을 갈아 먹고 사는 수서곤충(shredders)이 많이 번식하게 될 것이다. 하지만, 바위에 붙은 조류(algae)를 씹어 먹고 사는 수서곤충들은 거의 없을 것이다. 왜냐하면, 주변 숲으로 인하여 태양광선이 차단되어 조류의 성장이 저해되기 때문이다.

하류쪽으로 내려가면서 상류쪽에서 흘러내려온 작은 부스러기들을 걸러서 먹는 수서곤충(collectors)들이 번창하게 된다. 다른 수서곤충을 잡아먹고 사는 종류(predators)는 상하류 전구간에 걸쳐 골고루 분포하게 된다.

하천의 중류 부근은 유속도 비교적 안정되며 하류에 비하여 수심도 비교적 낮은 반면에 일조량이 충분하고 수온도 높아져서 하상 바닥이나 바위에 붙어사는 조류(algae)를 비롯한 수생식물의 생산성이 크게 높아진다. 따라서 이와 같은 조류를 씹어 먹고 사는 수서곤충(grazers)이 많이 나타나게 된다.

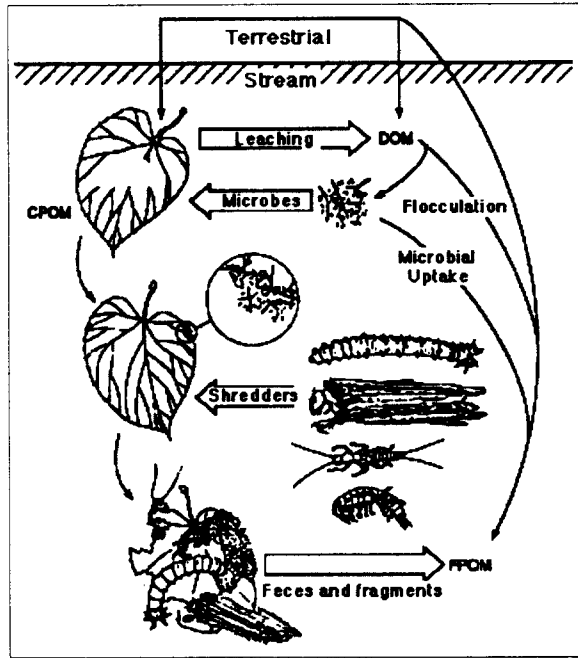


그림 8. 나뭇잎을 갈아 먹는 수서곤충(shredders) - 유역 상류 소하천에 많다

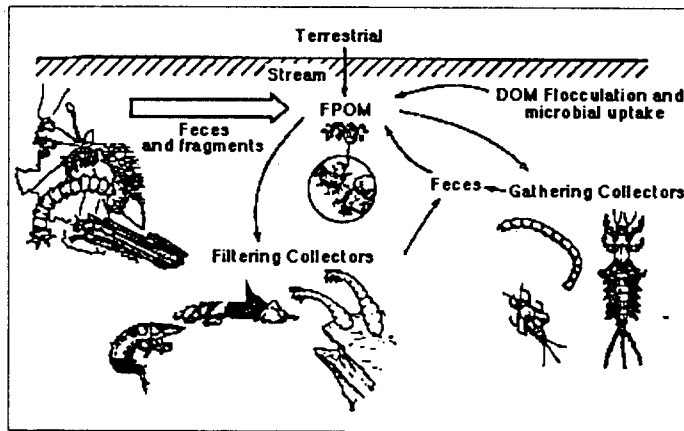


그림 9. 부스러기를 걸러 먹는 수서곤충(collectors) - 유역 하류 큰 하천에 많다

다음 그림은 미국 Wheeling Creek의 수서곤충 분포를 나타내고 있다. 하천 연속체 개념과 일치하는 분포양상을 보여주고 있다.

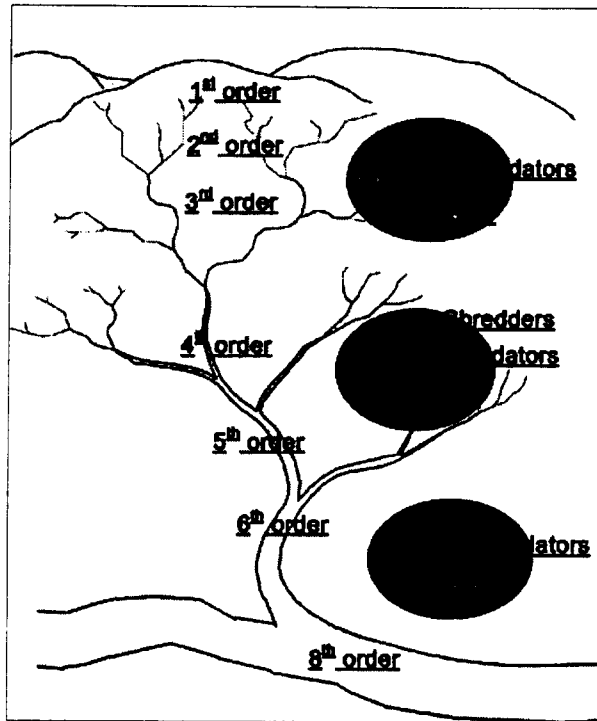


그림 10. 수서곤충의 분포형태 - Wheeling Creek

하천 연속체 개념은 하천 생태계가 하천의 최상류 수원지로부터 최하류 하구지점에 이르기까지 어떻게 일체성을 갖는 유기적인 시스템으로 작용하는지를 설명해준다. 그리고 유역으로부터 강우 유출과 에너지라는 입력을 받아서 어떻게 생태계의 구조를 적응시켜 나가는지도 알려주고 있다. 하천환경관리의 문제는 더 이상 하천의 일부 구간에 국한시킬 수 없으며, 하천을 둘러싸고 있는 전체 유역과 최상류까지도 포함시켜야 하는 이유가 여기에 있다.

근래에 정부에서 소하천의 환경 친화적 정비와 수계 단위의 관리를 강조하고, 시민 단체들이 실개천이 살리기 운동을 벌이고 있는 것은 이러한 관점에서 볼 때 타당하다고 할 수 있다.

4. 수계 단위의 하천 생태계 관리

4.1 건강한 수계의 조건

최근의 하천관리는 단순히 하천 자체만을 고려하는 것이 아니라 하천과 이를 에워싸고 있는 수계를 포함한 넓은 범위로 확장되고 있다. 하천과 수계를 전체적 관점에서 계획 관리하는 개념이다. 미국 산림청은 멸종 위협에 처한 미국 북서부 지방의 연어를 보호하기 위한 방안으로서 수계별 하천 관리(ecosystem management by watersheds)를 제시하였다. 여기에서 수계는 자연 생태계의 기본 단위가 된다. 수계로 들어온 태양에너지와 물은 지형, 토양, 식생 등과 작용하여 다양한 지표면 상태와 수문학적 기능을 만들어 내게 된다.

건강한 수계의 상태는 다음과 같은 다섯가지 항목으로 요약할 수 있다. 첫째, 토양의 보전이다. 토양의 구조와 토양내의 유기물질, 영양염류, 생물학적 작용들이 보전되어야 한다. 둘째는 하천유량의 유지이다. 수계는 높은 침투율을 나타내며 스펀지와 같이 물을 잘 흡수하여 홍수유출을 조절하고 지하수를 재충진하여야 한다. 셋째는 하도의 안정이다. 하도의 형태와 기능 및 하도상에서 일어나는 작용들은 동적인 평형상태에 있어야 한다. 협곡 형태의 심한 침식(gully erosion)이 일어나서는 안된다. 넷째는 수질과 수서생물의 서식처 보전이다. 수서생물의 종류는 다양하고 그 생산성은 높아야 한다. 그리고 수서생물의 서식처는 균형과 안정된 상태를 유지해야 한다. 다섯째는 고유 수서생물의 유전자를 보전하는 것이다. 어류와 다른 수서생물들의 외형적 특징(phenotype)과 유전인자(genotype)를 보전해야 한다.

4.2 수계 관리와 하천 생태계 복원

수계 단위의 하천 생태계 관리의 수계내의 무분별한 토지이용을 규제하고 파괴된 수중생태계를 복원하여 건강한 수계를 유지하는 것을 목표로 한다. 이와 같은 수계 관리는 수계의 분석과 관리 및 감시활동으로 구성된다.

수계 분석은 하천유량과 그외 여러 가지 생태학적 기능면에서 수계가 어느 정도의 양호한 상태를 유지하고 있는지를 진단하는 것이다. 이를 통하여 해당 지역의 지형과 기후에 부합되는 건강한 수계의 조건들을 결정하게 된다. 이렇게

결정된 바람직한 수계 상태와 현재 수계의 상태를 비교하여 수계내의 토지 이용이나 하천유량 등이 정상적인 분산 오차 범위내에 있는지 아니면 정상적인 범위를 벗어나 이상이 있는지를 판단하게 된다.

미국 산림청에서는 이러한 수계 분석의 결과를 이용하여 각 수계별로 관리 계획을 수립하고 비점오염원 관리 전략(Nonpoint Source Management Strategy)을 통하여 수계 관리를 수행하고 있다.

각 수계별 상태에 따른 일반적 관리 방침은 다음과 같다. 첫째, 수계의 상태가 현재 양호할 뿐만 아니라 안정되어 있거나 더욱 개선되고 있다면, 수계내의 토지 개발 사업은 현재의 개발 속도를 유지하거나 더욱 개발 속도를 높일 수도 있다. 둘째, 수계의 상태가 현재 양호하기는 하나 점점 악화일로에 있다면, 보다 엄격한 토지 이용 규제를 통하여 토지 개발 사업의 속도를 늦추거나 적절히 속도를 조절해야 한다. 셋째, 수계의 상태가 불량하다면 수계의 상태를 회복시키는 데 기여할 수 있는 사업만 허용하도록 하며, 수계를 복원시킬 수 있는 사업을 시행하도록 한다.

미국 클린턴 대통령은 미국 북서부 지방의 연방정부 소유 국유지내에서 산림 생태계를 보전할 수 있도록 수계 관리 계획을 제시하였다. 이 수계 관리 계획의 목표는 미국 북서부 지방의 장기적인 경제 여건을 개선함과 동시에 환경적으로 건강한 수계 상태를 유지하도록 하는 것이다. 이 수계별 생태계 관리 계획은 수서생태계와 수질보전 측면에서 긴급한 대응이 필요한 우선 관리 대상 수계를 선정하여 수계 단위의 관리를 하도록 하고 있다. 이와 같은 행정구역을 넘어서는 수계 단위의 관리를 통하여 생태계를 기본틀로 하는 종합적인 관리를 추구하고 있다.

이 계획에서는 생태계의 감시와 복원 활동이 강조되고 있으며, 이러한 활동의 일부는 지역 주민들에 대한 경제적 지원과 고용기회 창출이라는 측면에서 수행하도록 하고 있다. 산림 벌목이 집중적으로 이루어졌던 열 개의 우선 관리 대상 수계가 선정되었다. 이 계획의 수행에 있어서도 지역 이해 당사자들을 생태계 보전 계획과 관리를 위한 의사결정 과정에 참여시키도록 하고 있다.

그러나, 수계 단위의 하천 생태계 관리는 다음과 같은 중요한 사실들을 전제로 한다. 첫째 행정구역을 넘어서 하천 관리를 종합적으로 추진할 수 있는 강력

하고 효율적인 기구와 제도가 뒷받침되어야 한다. 하천 환경 문제를 수계 중심으로 전일적(holistically)으로 바라볼 수 있는 새로운 관점과 이를 뒷받침할 수 있는 법적 제도적 장치의 보완이 필요하다. 둘째, 하천 환경을 바라보는 시각을 다양화해야 한다. 예를 들어, 정부의 입장, 목장주의 입장, 하류 주민의 입장-이러한 다각적인 입장에서 하천 환경 문제를 바라볼 때 새로운 시각에서 문제의 해결을 모색할 수 있다. 셋째, 학제연합적인 문제 접근 방법(interdisciplinary approach)이 요구된다. 수계 관리는 정부의 어느 한 부서에서 독자적으로 주관할 수 없을 만큼 복잡하고 광범위하며 다양하다. 여러 관련 부서간의 팀웍과 유기적인 협조 체제가 절대적으로 필요하다. 넷째, 인간과 자연을 모두 생태계의 핵심적인 요소로 포함시켜야 한다. 인간의 활동이 자연계에 미치는 영향과 자연계로부터의 되먹임(feedback)이 인간에게 미치는 영향을 전체적으로 바라보고 해결 방안을 모색해야 한다. 자연이 병들었을 때 그 원인을 살피서 제거하지 않고 임시방편으로 넘어간다면 자연은 물론 그보다 앞서 인간의 파멸이 먼저 올 수 있음을 명심해야 한다. 다섯째, 의사소통의 중요성이다. 효율적인 공공 의견 수렴 방안과 과학적인 의사결정, 갈등 해결을 위한 보상과 규제의 장치들을 마련해야 한다.

5. 수계 관리의 핵심 문제 : 비점오염원의 관리

5.1 비점오염원이란?

미국 환경청은 오염원을 점오염원과 비점오염원으로 구분하여 관리 정책을 각각 별도로 추진하고 있다. 점오염원은 도랑, 하수도, 개천 등 식별이 가능한 통로를 통하여 오염물질이 유입되는 것을 말한다. 일반적으로 이러한 점오염원으로부터의 오염물질은 수처리 기술에 의하여 어느 정도 처리가 된다. 도시하수처리장은 점오염원 처리의 대표적인 예이다. 도시하수처리장은 많은 오염원들로부터 유입되는 오염물질을 처리하여 단일 지점에서 방류한다.

비점오염원이란 분산된 오염원이라고도 하는데 점오염원이 아닌 것을 말한다. 비점오염원은 일반적으로 오염물이 유입되는 과정이 명확히 식별되지 않으며 유역내의 토지이용과 밀접한 관련을 갖는다.

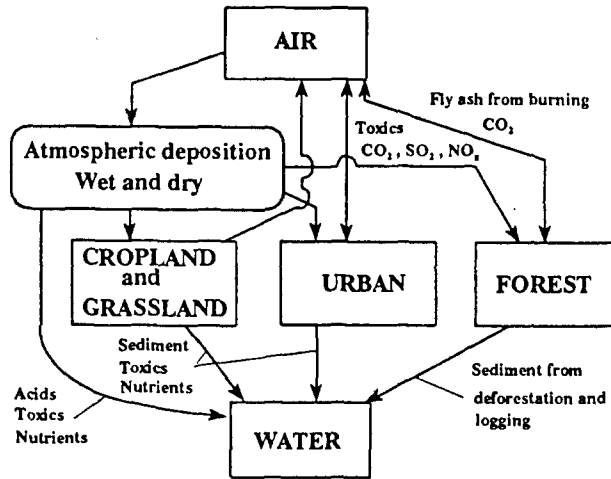


그림 11. 생태계내의 오염물질 이동 경로

강우시에 도시지역이나 농촌유역에서의 유출에는 갖가지 기름, 중금속, 토사, 비료, 농약, 가축분뇨, 병원균 등이 함께 섞여서 하천으로 흘러든다. 특히, 토사는 그 자체로서도 수질문제를 일으키지만 중금속이나 영양염류를 흡착하여 유입되기 때문에 수질을 크게 악화시킬 수 있다. 호우가 내린후에 하천에서 물고기가 용존산소 고갈로 집단폐사하는 사례들이 발생하고 있는데, 이것은 대부분 비점오염원으로부터 유입된 오염물질에 그 원인이 있다.

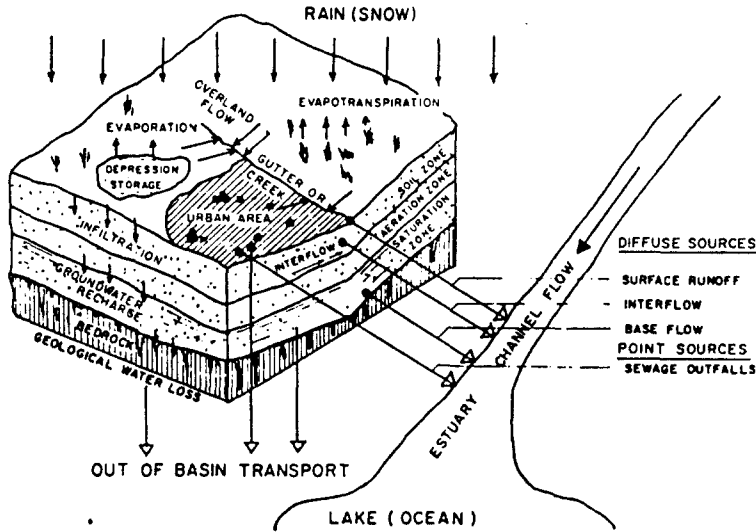


그림 12. 강수-유출에 따른 비점원오염물질의 유출 과정

비점오염원은 수계의 전지역에 분산하여 분포되어 있고 그 유입 경로가 명확하지 않아서 관리가 어렵다. 비점오염원은 점오염원과 달리 체계적으로 수집해서 처리할 수 있는 기술이 없기 때문에, 미국의 경우에는 기술과 경제성의 측면에서 타당한 관리 기술(Best Management Practice)을 현지 사정에 맞게 선택적으로 적용하고 있다.

우리나라에서는 아직까지 비점오염원에 의한 오염물질을 체계적으로 관리할 수 있는 체계를 갖추지 못하고 있다. 우선 점오염원으로부터의 오염물질을 저감시키기위한 환경기초시설의 투자가 더 우선되었기 때문이다. 비점오염원에 대한 관리가 아직까지 크게 주목을 받지 못했던 또다른 원인은 대상 오염원들이 유역내의 넓은 지역에 걸쳐 분산되어 있어서 그 대상을 결정하기가 쉽지 않으며, 그 효과도 정량적으로 판단하기가 용이하지 않다는 점에 있다.

우리나라의 하수처리율을 1993년도 기준으로 53% 수준으로 끌어올려 선진국 수준의 하수처리율로 접어들고 있지만 수질개선에는 한계를 드러내고 있다. 하수처리가 잘 되어있는 한강 수계의 경우, 팔당호의 연중 총인 유입량을 비점오염원과 점오염원으로 구분하여 비교해보면 비점오염원으로부터 유입되는 양이 점오염으로부터 유입되는 양보다 2.3배 이상 많은 것으로 나타났다. 이제는 수질관리의 차원을 한 단계 높여 비점오염원을 체계적으로 관리해야할 시기가

도래하였다. 최근에 국무총리실 수질개선기획단과 환경부에서 비점오염원 문제에 관심을 가지고 이에 대한 체계적인 관리 방안을 연구하려는 움직임은 참으로 다행스러운 일이라고 하겠다.

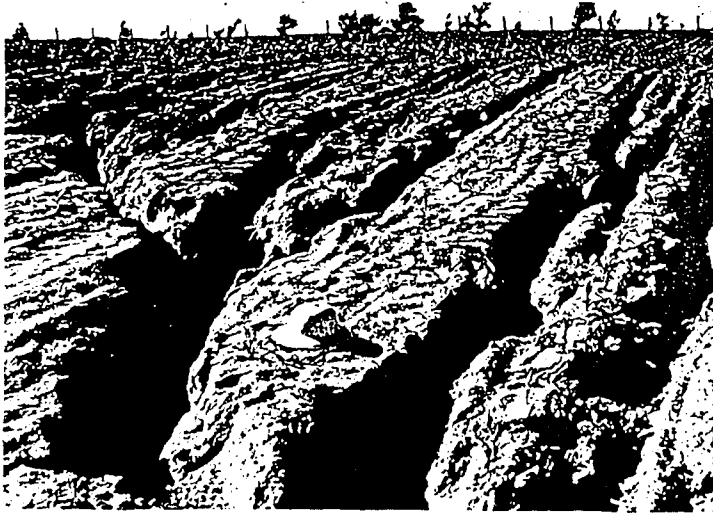


그림 13. 토양의 침식-가장 광범위한 비점오염원 문제



그림 14. 박테리아와 유기물질로 심하게 오염된 축사옆 하천

5.2 비점오염원의 생태학적 관리방안 : 수변 녹지대

비점오염원을 관리하는 방법은 발생원에서 처리하는 방법, 발생지에서 하천으로 유입되는 과정에서 처리하는 방법, 하천에 유입된 후에 처리하는 방법으로 구분할 수 있다. 비용과 처리효율면에서 볼 때 발생원과 가까운 방법이 일반적으로 더 유리하다. 따라서, 축산농가에서 가축분뇨를 합부로 버리거나 야적하지 않고 가축폐수 공동처리시설을 이용하여 처리하는 것이 거시적으로 볼 때 가장 합리적인 처리방법이다. 경작을 하는 농가에서는 비료와 농약의 사용량을 줄이는 것이 가장 좋은 비점오염원 관리방안이다. 앞으로 지속적인 시설 지원, 법적 규제, 교육 및 홍보를 통해서 정착시켜 나가야 할 과제이다.

그러나, 발생원에서의 처리가 어려울 경우에는 하천에 유입되기 전에 이송 과정에서 처리하는 것이 차선의 방법이다. 일단 하천에 유입되고 나서는 처리 비용도 많이 들지만 그 효과도 미미하다. 이송 과정에서의 처리 방법으로는 장기 침사 저류조(extended detention pond)와 같이 유속을 감소시키고 지체 시간을 늘리며 자갈이나 모래로 형성된 여과층을 통과하도록 하여 침투홍수량을 감소시키는 동시에 수질을 개선하는 방법이 있다. 그러나, 이 방법은 침사 저류조를 설치할 넓은 토지가 필요할 뿐만 아니라 지속적인 관리가 필요해서 일반 농촌지역에서 적용하기는 어려운 방법이다.

우리나라 농촌의 실정을 감안해 볼 때 타당성이 높을 것으로 생각되는 비점오염원 관리방안은 수변 녹지의 조성이다. 하천변을 따라 폭 30미터 내외의 완충 녹지대(buffer strip)라고 하는 수변 식생대를 조성하여 유역으로부터의 유출수에 포함된 오염물질이 하천에 유입되기 전에 차단하여 제거하는 방법이다. 녹지 조성 상태에 따라 달라지지만 일반적으로 토사나 인, 질소, 중금속 등의 제거효율이 좋은 것으로 알려져 있다. 이 방법은 특별한 유지관리가 필요없을 뿐만 아니라 하천 부지의 세굴방지와 친생태계적인 수변환경 조성에도 기여할 수 있으며 산악, 농촌, 도시지역을 막론하고 적용할 수 있다.

식생을 이용한 또다른 방법으로는 잔디 수로(grassed waterway)가 있다. 미국에서는 도시나 고속도로 주변의 배수로에 잔디가 자라도록 하여 유속을 감소시켜 배수로의 세굴을 방지할 뿐만 아니라 강우시 흘러들어오는 오염물질들을 잔디가 차단하도록 하여 하천의 수질오염을 방지하고 있다.



그림 15. 수변 녹지대를 이용한 인접하천 수질보호



그림 16. 잔디 수로를 이용한 수질보호

표 1에 나타난 바와 같이 토사, 질소, 인, 지표면 유출 등 대표적인 비점오염
원관련 문제를 해결함에 있어 수변 녹지대를 이용한 관리방안(streamside
management zones)이 매우 효과적임을 알 수 있다.

앞으로 이러한 수변 녹지대의 수질정화 효과에 대하여 심도 있게 연구하고
이를 국내의 환경에 알맞게 토착화시켜 적용시킬 수 있는 방법을 모색해야 할
것이다.

표 1. 비점오염원 관리를 위한 BMP의 효과, 비용, 부작용 비교

	Effectiveness				Cost	Chance of Negative Effects
	Sediment	Nitrogen	Phosphorus	Runoff		
<i>Agriculture</i>						
Conservation tillage	G-E	P	F-E	G-E	F-G	F-G
Contour farming	F-G	U	F	F-G	G	P
Contour stripcropping	G	U	F-G	G-E	G	P
Range and pasture management	G	U	U	G	G	P
Crop rotation	G	F-G	F-G	G	F-G	P
Terraces	G-E	U	U	F	F-G	F
Animal waste management	N/A	G-E	G-E	N/A	P	F
<i>Urban</i>						
Porous pavement	F-G	F-G	F-G	G-E	P-G	F
Street cleaning	P	P	P	P	P	U
<i>Silviculture</i>						
Ground cover maintenance	G	G	G	G	G	P
Road and skid trail management	G	U	U	U	P	F
<i>Construction</i>						
Nonvegetative soil stabilization	E	P	P	P-G	F-G	F
Surface roughening	G	U	U	G	F	P
<i>Multicategory</i>						
Streamside management zones	G-E	G-E	G-E	G-E	G	F
Grassed waterways	G-E	U	P-G	F-G	F-G	P
Interception or diversion practices	F-G	F-G	F-G	P	P-F	P
Streambank stabilization	G-E	P	P	G-E	F-G	F
Detention/sedimentation basins	G	U	U	P	P-G	F

Note: E = Excellent; F = Fair; G = Good; P = Poor; U = Unknown.

6. 하천의 본래 모습 찾기: 친생태계적인 하천환경정비

6.1 우리나라 하천 본래의 모습은?

우리나라의 강과 산은 우리 민족의 정서에 독특한 영향을 주어 왔다. 우리조상들은 우리나라를 삼천리 금수강산이라고 부르며 아껴왔다. 강이 산허리를 돌아돌아 고향 마을의 앞을 굽이치며 누렇게 잘 익은 논밭 사이로 흐르는 그림을 바라보노라면 어느덧 아련한 향수에 잠기곤 한다. 우리나라에는 어디에 가나 작은 실개천일 망정 물이 흐르는 하천이 있다. 강과 함께 살아온 우리민족의 가슴속에는 강에 대한 이상적인 모습이 새겨져 있다.



그림 17. 물통방아 ('94 수자원공사 주최 물사진 공모전 입선작 중에서)

이점에 대해서 본 고에서 더 깊이 들어갈 생각은 없지만 우리가 생각하는 하천의 모습은 물장구치며 놀 수 있을 만큼 깨끗하고, 하천 바닥에는 조약돌과 모래와 또 호박돌도 있으며, 하천 주변에는 풀과 나무, 그리고 옷을 말리던 너럭 바위도 있는 그런 모습일 것이다. 물이 조용히 흐르는 논밭쪽에는 갈대가 우거져서 가끔 이름모를 물새도 찾아와 머물다 간다. 개구리와 풀무치는 어디에나 흔했고 가끔 마주치는 화사는 어린 가슴을 화들짝 놀라 뛰게 하곤 한다. 깊은

계곡을 돌돌거리며 흐르는 물소리를 듣기만 하여도 마음이 평안해지고, 확트인 강변을 내려다보면 마음이 시원해지는 것은 인간의 기본적인 심성인 듯 하다.

그러나 이렇게 정답던 하천도 홍수때에는 무서운 기세로 모든 것들을 쓸어가버리곤 하였다. 물관리의 기본이요 으뜸가는 우선 순위가 치수일 수 밖에 없는 이유가 여기에 있다. 또 봄가뭄이라도 들면 짹짹 갈라지는 논바닥을 바라보며 탄식하고 먹을 물도 모자라서 찼찼매던 우리로서는 안정적인 용수의 공급이라는 면이 중요할 수 밖에 없었다.

이제 이러한 이치수 문제가 어느 정도 해결되어서 보다 깨끗하고 쾌적한 수준 높은 하천환경을 요구하는 시점에 이르게 되었다. 이치수적인 기능을 유지하면서도 인간에게는 친수적이며 모든 것들이 사는 생물들에게는 친생태계적인 하천 환경으로 정비해야할 때이다. 그런데, 다행스러운 것은 이러한 친수적이며 친생태계적인 하천의 모습이 우리나라 본래의 하천 모습과 다르지 않다는 것이다.

6.2 친생태계적인 하천정비공법

친생태계적인 하천정비공법이 독일이나 유럽 등 외국에서 정립된 것은 사실이지만 우리 주변에서도 이러한 공법의 위형을 얼마든지 찾아볼 수 있다. 그림 18은 전북 무주군 석상면 괴목리 지북마을을 통과해서 흐르는 덕적골천이다. 주변이 논과 밭으로 둘러싸인 소하천으로 유량이 많지 않음을 알 수 있다. 그늘진 곳에는 덜 녹색 눈이 희끗이 보인다.

사진의 좌측을 보면 냇가의 조약돌을 밭 둔덕에 쌓아올린 것을 볼 수 있다. 비가 많이 와서 토양이 빗물에 씻겨 하천으로 흘러들어가는 것을 막고, 하천이 범람했을 때 하천과 인접한 밭의 토양이 세굴되지 않도록 돌을 쌓아놓은 것이다. 자연형 하천정비공법이라는 말을 들어본 적도 없을 농부가 밭과 하천 근방에 있는 자연 재료인 조약돌을 이용해서 하천제방을 형성하고 있는 밭을 보호한 것이다. 이것을 전문적인 용어로는 '조약돌 쌓기 공법'이라고 한다.

그리고 물이 흐르는 수로 주변에는 겨울이라 말라버렸지만 한여름동안 무성했을 잡초들이 우거져있음을 볼 수 있다. 홍수시 유속의 감소와 하도의 세굴을 방지하고, 여러 가지 하천주변 생물들의 서식처를 제공했을 것이며, 물에 그늘

을 드리워 뜨거운 한여름 하천의 수온을 서늘하게 유지하는데도 기여하였을 것이다. 그리고, 주변의 논밭으로부터 흘러드는 오염물질을 차단해서 수질을 개선하는데도 보탬이 되었을 것이다. 이러한 자연스러운 하천환경관리 기법을 체계화하여 자연형 하천공법이라고 부르게 된 것이다.



그림 18. 자연형 하천정비공법의 원형-조약돌 쌓기와 수변 자연녹지

여기에서는 자연형 하천정비공법이라고도 불리는 하천과 제방의 복원 기법에 대해서 보다 구체적으로 살펴보기로 하겠다. 이러한 공법은 침식을 감소시켜 제방을 안정시키고 수서생태계의 서식처를 제공함으로써 하천이 빠른 시일내에 자연적인 상태로 복원되도록 한다. 하천복원공법은 다음과 같이 크게 세가지 부류로 구분할 수 있다.

1) 생태공학적인 기법 (bioengineering techniques)

이 방법은 하천제방이 침식되었거나 식생 상태가 불량할 경우에 적용하는데, 자연제방이 식생에 의해 안정화되는 원리를 모방하여 식물을 이용하여 제방을 안정화시키는 방법이다. 하천제방의 식생은 침식방지 뿐만아니라 그들의 제공, 토양상태의 개선을 통하여 생태계에 큰 도움을 준다. 일반적으로 토종식물이 그 지역의 환경에 더 잘 적응하므로 가능하면 토종식물을 이용하는 것이 좋다.

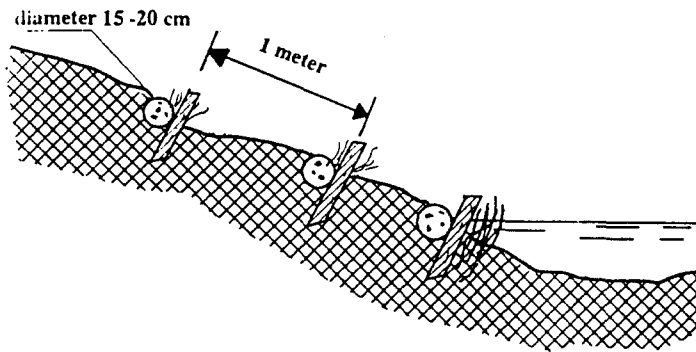


그림 19. 생나뭇단 공법(Live fascines)

생나뭇단 공법은 살아있는 나뭇가지를 잘라서 단을 묶은 것을 말뚝과 함께 설치하는 것이다. 이 방법은 하천제방이 세굴되는 것을 막는데 효과가 있으며, 특히 물이 찰랑거리는 부근의 제방을 보호하는데 좋다.

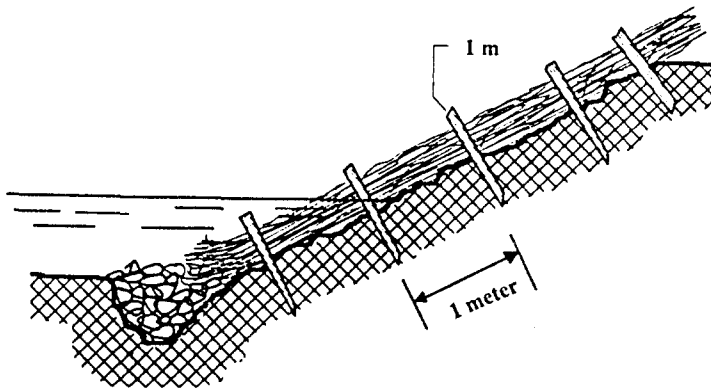


그림 20. 버드나무 매트 공법(Brush mattresses)

버드나무 매트 공법은 비교적 가느다란 버드나무가지들을 1.5미터 정도로 잘라서 서로 엮어서 매트를 만든다. 이렇게 만든 매트를 제방위에 설치하고 말뚝이나 사석 등을 이용해서 고정시키는 방법이다.

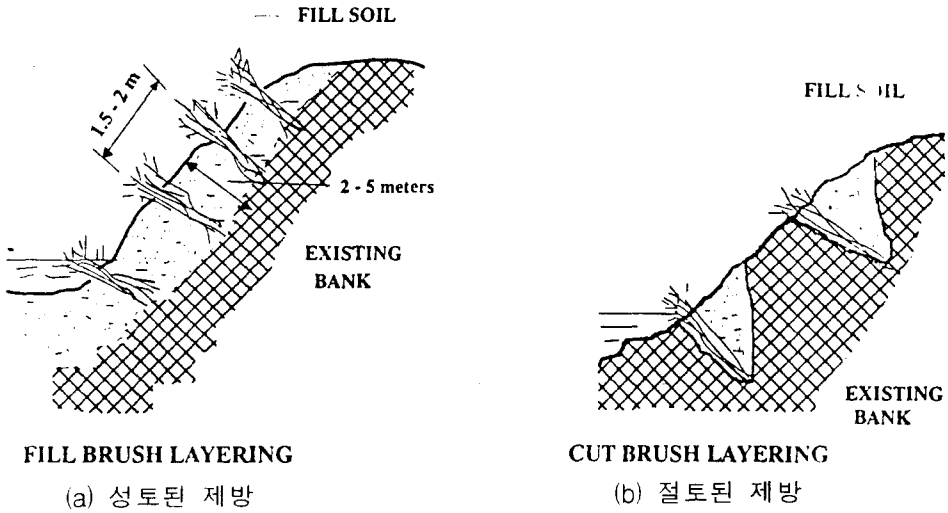


그림 21. 생나무층 공법(Brush layering)

생나무층 공법은 생나무가지를 일정한 간격으로 제방의 경사면에 식재하는 방법이다. 이때 가지들은 경사면과 수직을 이루도록 한다. 나뭇가지는 직경 1.3-7.2센티미터 범위의 것을 사용한다. 이때 나무는 버드나무를 주로 쓰는데, 휴지기(dormant)에 삽주하는 것이 활착율이 좋고, 활착하기까지 토양이 수분포절에 주의해야 한다.

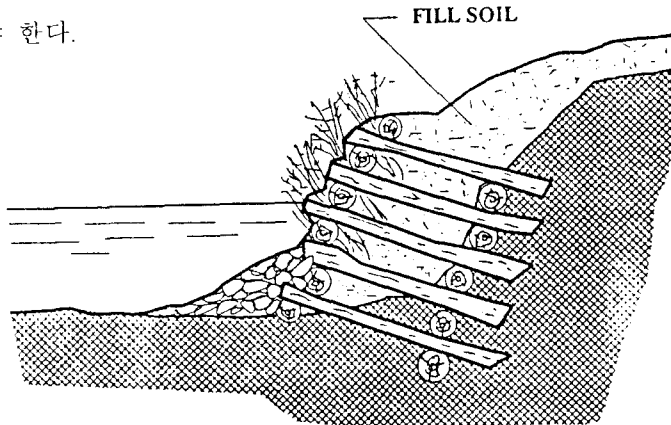


그림 22. 통나무 공법(Live cribwall)

통나무 공법은 만곡부의 튀어나온 곳과 같이 유속이 강한 곳의 하천 제방을 보호할 목적으로 사용된다.

2) 수서생태계의 서식처 개선 공법

여기에 포함되는 공법들은 구조물을 설치하여 수서생태계의 서식처를 개선하는 방법이다. 일반적으로 하천에 다음과 같은 효과를 가져오도록 구조물을 설치한다.

- (1) 자갈층의 하상 조성
- (2) 밋밋한 하천에 구조적으로 복잡한 형태 창출
- (3) 하천 흐름 상태의 제한
- (4) 여울과 소의 조성

이러한 하천 특성은 수서생물의 산란과 성장에 중요한 요소들이다. 특정한 방법의 선택은 현재의 하천형태, 수문학적인 조건, 서식처의 조건 등을 고려하여 결정한다. 이러한 공법을 적용할 때는 다음과 같은 사항을 고려해야 한다.

- (1) 이러한 공법들은 갈수기에 그 효과가 가장 크게 나타날 수 있도록 설치해야 하며, 홍수기에는 홍수소통에 최소한의 영향을 주도록 해야 한다.
- (2) 이러한 공법은 자연상태의 서식처 조건에 가깝게 설치해야 한다. 예를 들면, 소는 일반적으로 만곡부에 생기며, 여울은 직선구간에 생긴다는 점을 고려해서 여울과 소를 설치하도록 한다.
- (3) 설치한 구조물은 어류를 포함한 수서생물의 이동에 장애가 되지 않도록 한다.
- (4) 서식처를 조성하면서 인근 자연 서식처를 파괴하지 않도록 한다.
- (5) 서식처 조성으로 하천 수로가 변경되어서는 안되며 제방에 손상을 주어서는 안된다.
- (6) 산란기나 치어의 성장기 등을 피해서 공사를 해야 한다.

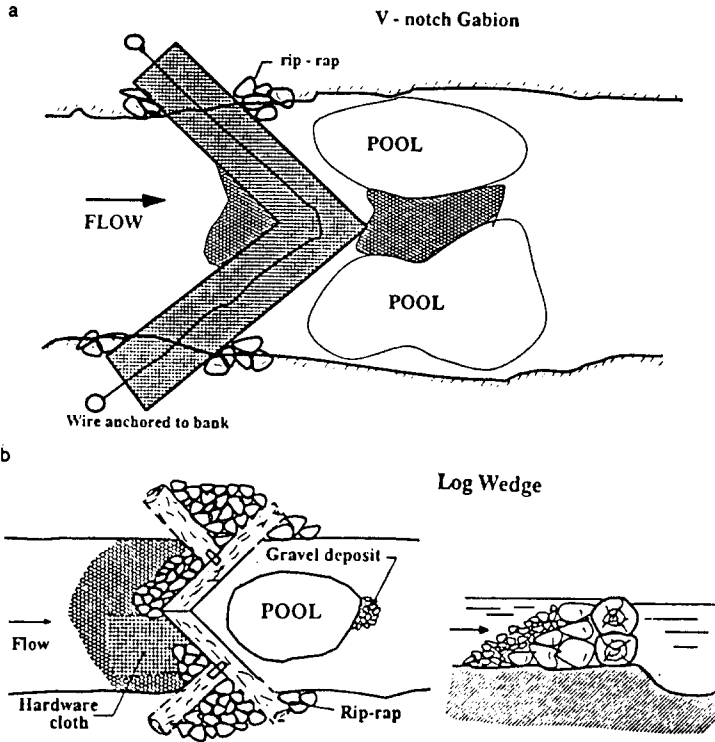


그림 23. 돌망태와 통나무를 이용한 서식처 조성

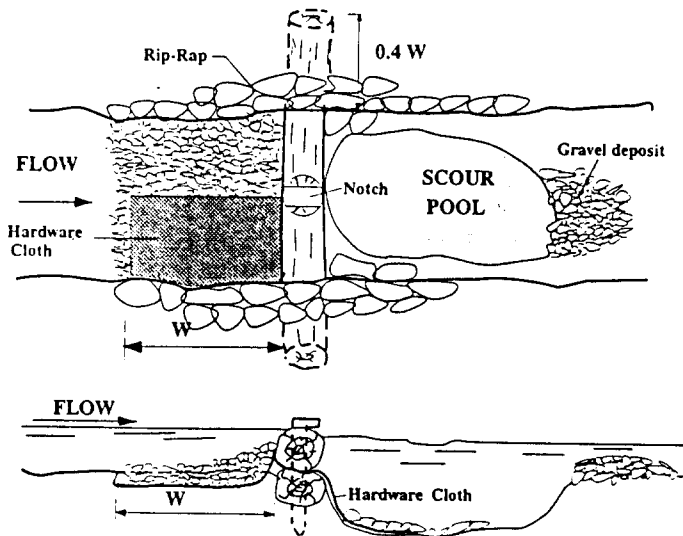


그림 24. 통나무를 이용한 서식처(체크댐)

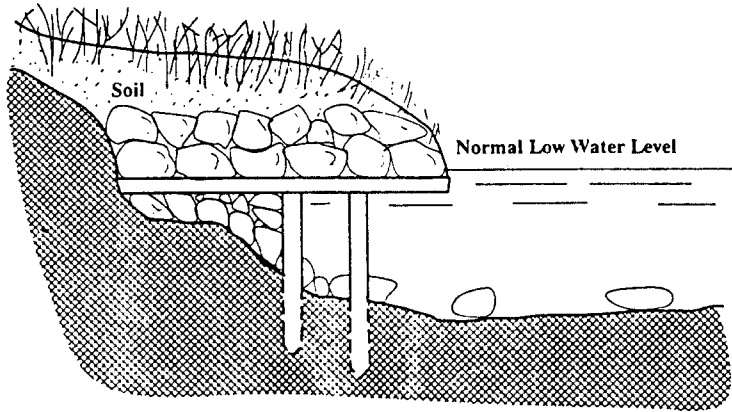


그림 25. 제방 커버 형태의 서식처 복원

6.3 친생태계적인 하천정비공법의 적용 방향

본고에서는 산악자연하천, 전원하천, 도시소하천, 도시대하천으로 나누어 생태계를 고려한 자연형 하천 정비의 기본 방향에 대하여 살펴보기로 하겠다.

1) 산악자연하천



그림 26. 산지자연하천-무주군 설천면 남대천 상류

일반적으로 산악자연하천은 계곡이나 급류를 형성하고 있으며 자연식생 상태를 잘 유지하고 있다. 따라서, 이러한 산악자연하천에 대해서는 원칙적으로 하천정비를 할 필요가 없지만 하도세굴 등 하천관리상의 문제가 발생할 경우에 이를 보강하고 하천을 복원시키는 방향으로 하천을 정비할 수 있다. 그림 26은 무주군 설천면 장덕리 장평교 지점으로 남대천 상류에 위치해 있다. 급하게 흐르는 여울과 바위가 어울어져 산지자연하천의 전형적인 모습을 나타내고 있다.

2) 전원하천

전원하천은 일반적으로 도시외곽이나 농촌지역을 통과해서 흐르는 하천으로서 하폭이 크고 유속이 비교적 느리며 용수공급 등 주민생활과 밀접하게 연관되어 있다. 이러한 하천은 일반적으로 홍수터와 자연제방이 잘 발달되어 있지만 하천개발 사업 등으로 정비해야 할 경우에 하천 제방은 메쌓기 등 호안의 안전성과 생태계의 서식처를 제공할 수 있는 근자연형 공법이 적합할 것이며 수층부에는 사석과 돌망태쌓기 등 안전성을 위주로 정비해야 할 것이다.

하천부지는 치수에 지장을 주지 않는 초지를 식재하여 수변 녹지대로 조성하여 유역으로부터의 오염물질을 차단 정화하고 하천 주변 생물들의 서식처와 수서곤충들의 먹이 공급처를 제공하도록 한다.



그림 27. 전원하천-완경사와 넓은 하폭을 갖추고 있다

그림 27은 무주읍 오산리 장백교지점으로 사진에 나타난 바와 같이 하상 경사가 매우 완만하고 하폭이 넓으며 조약돌과 모래가 잘 발달되어 있다. 이러한 구간을 유원지 등으로 개발한다면 환경사 부분은 자연 그대로 두되 수심이 깊은 쪽에는 자연석을 하천 바닥에 쌓아서 세굴을 방지하도록 하는 것이 좋을 것이다.

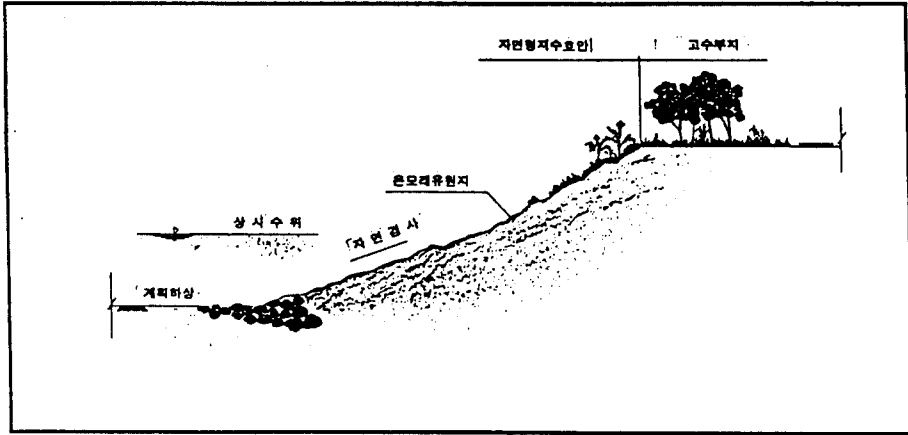


그림 28. 유원지를 위한 자연형 호안의 설계

다음 그림들은 하천 제방이 심하게 세굴된 것을 자연석과 식생을 이용해서 복원한 모습이다.



그림 29. 하천 제방이 심하게 세굴된 상태

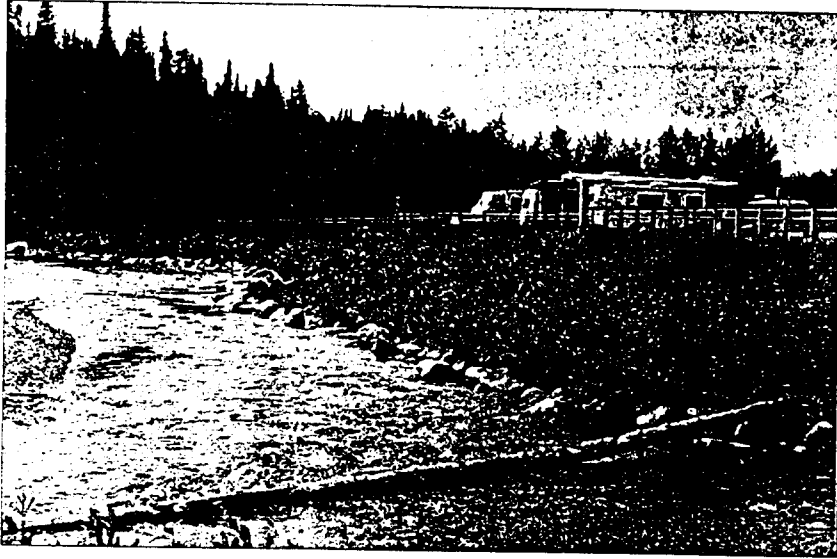


그림 30. 생태공학적 공법으로 복원한 모습

3) 도시소하천

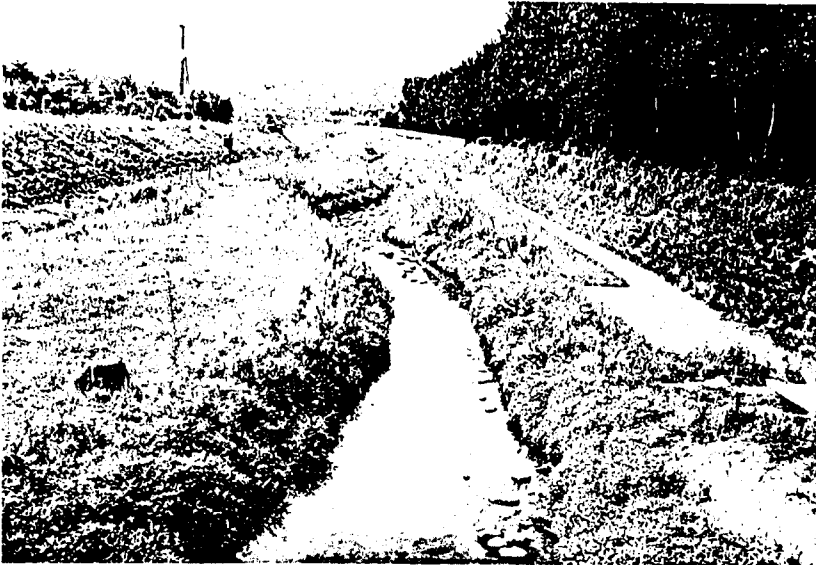


그림 31. 도시소하천의 정비-여의천

도시소하천은 유량이 대체로 작기 때문에 소규모하수처리장의 건설과 처리수의 이용, 도시 터널 개발시 발생한 지하수 이용 등 적절한 유량을 확보할 수 있는 방안을 모색해야 한다. 보와 같은 수리구조물이 있을 경우에는 상하류 양방향으로 일정 구간에 대해서 메쌓기 등으로 하천 양안을 보강해주어야 한다. 자연석, 코코넛 섬유, 복토 등을 이용한 자연형 호안으로 조성하는 것이 바람직하다.

그림 31은 양재천의 지류인 여의천에 친생태학적인 하천정비공법을 시범적으로 시행한 모습이다. 메쌓기를 한 돌 틈으로 식생이 우거져서 자연상태의 하천에 가까운 모습을 보여주고 있다. 그리고, 하천주변으로 풀과 나무의 녹지대가 우거져서 훌륭한 생태하천으로서의 모습을 나타내고 있다.

4) 도시대하천



그림 32. 도시대하천-무주읍내를 통과하는 남대천

도시대하천은 하천정비의 핵심을 안전성과 쾌적성의 확보에 두어야 한다. 따라서, 하천 제방은 현장의 여건에 따라 블럭이나 메쌓기 등 안전성을 최대한 확보할 수 있는 공법을 사용하되 호안은 생태계의 서식처를 제공할 수 있는 메쌓

기와 같은 근자연형 공법이 적합할 것이며 수층부에는 사석과 돌망태쌓기 등 안전성을 위주로 정비해야 할 것이다. 그리고 돌망태를 이용할 경우 평수위 이하의 부분에 사용하는 것이 바람직하다. 왜냐하면, 돌망태에 헝겊이나 비닐 등이 달라 붙어서 미관상 좋지 않아 관리에 어려움이 있을 수 있기 때문이다.

도시하천을 정비할 경우에 하천 바닥을 무조건 준설할 것이 아니라 저질의 상태와 홍수소통능력 등을 판단하여 반드시 필요한 경우에 준설하도록 하며, 가능하다면 하천 저질의 자정능력을 보전하는 방향으로 정비하여야 할 것이다. 그리고 하천에 위치한 섬의 경우에도 생태 및 친수적 가치를 신중히 판단하여 처리해야 할 것이다.

그림 32는 무주군 읍내마을 중앙교에서 바라다본 남대천이다. 하폭이 상당히 넓으나 유량은 많지 않은 편이다. 한가지 특이한 점은 하안 우측은 콘크리트제방, 좌측은 흙으로 성토한 제방으로서 극적인 대조를 이루고 있다.

7. 친생태계적인 하천환경정비 사례 : 일본의 반딧불 생태계 복원

과거에 코쿠마노강은 낚시를 즐기며 반딧불을 감상할 수 있었던 깨끗한 하천이었다. 그러나, 1960년대 급속한 산업 성장과 인구의 급증, 이에 따른 폐수의 대량 유입과 상류쪽 산림의 남벌에 따른 엄청난 토사의 유출로 녹색이던 하천이 갈색으로 변하고 반딧불과 새도 자취를 감춰버렸다.

1970년대에 미나미가오카 주민들이 하천 되살리기 운동을 펼쳤다. 주부, 노인, 학생 등 많은 단체들이 참석하여 하천 주변 쓰레기 줍기, 강 주변 식생 조성, 하천오염에 대한 교육 등의 활동을 벌였다. 이러한 주민들의 자발적인 환경운동에 감동된 기타규슈 시의회는 도움으로 하수처리장을 건설하여 처리수를 다른 곳으로 보내게 됨에 따라 더 이상 하수가 코쿠마노강에 유입되지 않게 되었다.

1980년대초 반딧불 연구회에서 1,200마리의 반딧불 유충을 방류하여 그해 20마리의 성충을 관찰할 수 있었다. 코쿠마노강에 다시 반딧불이 돌아왔다는 소식이 전 주민들에게 큰 뉴스가 되었다. 주민들은 자연적 반딧불 서식처를 복원하기 위한 사업을 전개하였다. 반딧불이 살 수 있도록 하천 호안과 고수부지를 재건설하였다. 이와 같이 자연 호안을 건설하자 다른 수서생물들의 수도 크게 증가하였다. 자연 호안은 돌과 자연재료를 이용하였으며 반딧불의 자연 서식처를 본따서 호안 구멍에 수서생물들이 살 수 있는 공간을 만들었다.

1981년 6월 1일 제1회 반딧불축제를 열었으며 10,000여명이 참석하였고 이 사업을 계기로 각계에서 지원을 받아서 반딧불 유충을 기르는 시설 설치, 오염 감시에 소요되는 경비 지출, 식생 조성 비용에 사용하였다. 이해 6월에는 300여마리의 반딧불이 관찰되었다.

이러한 행사를 통하여 하천환경보전에 대한 주민들의 가치관과 태도가 변화하였으며 전체 주민이 맑은강 만들기 운동에 참여하게 되었다. 이 행사는 노인들에게 지역사회 일원으로서의 자긍심과 소속감을 심어주고 있으며, 청소년들과의 대화를 통한 교류의 장을 제공하고 있다. 그리고 어린이들에게는 하천환경의 중요성에 대한 의식과 책임감을 느낄 수 있는 기회를 제공하고 있다. 이 반딧불 사업(Hotaru project)은 지역사회기반의 성공적인 환경관리사업의 대표적인 사례로 꼽히고 있다.

8. 결 론

본 고에서는 생태계의 구성과 그 기본원리를 바탕으로 하천생태계의 관점에서 하천환경관리방안을 살펴보았다. 수계를 생태계의 기본 단위로 하여 하천을 관리하는 방안은 유역의 관리가 하천생태계에 미치는 영향을 반영하여 전체적인 시스템으로서 하천환경을 관리하는 개념이다. 그러나 수계 관리에 있어서 가장 힘든 과제는 비점오염원의 관리로서 본고에서는 이를 해결하는 방안으로서 하천변의 녹지대 조성 방법을 살펴보았다.

친생태계적인 하천의 정비는 우리나라 고유의 하천 본래 모습을 찾는 일이라고 할 수 있다. 친생태계적인 하천과 제방의 복원 공법을 살펴 보았으며, 하천의 유형별로 하천 정비 방향을 살펴보았다.

아직까지 우리나라에서는 이러한 공법이 양재천과 여의천에 시범적으로 적용되는 단계인 만큼 앞으로 우리나라의 현실과 수문학적 특성에 맞는 공법으로 토착화하는 노력이 더욱 필요할 것으로 생각되며, 일반화되기 위해서는 충분한 검증이 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 내무부 (1996). 소하천정비사업 업무 기본지침서.
2. 내무부. 소하천정비 방향과 모델.
3. 유재근 (1997). 2000년대를 향한 한강수계 환경정책의 신전개 - 비점오염원 관리와 생태공학적 접근 필요성-, 환경부.
4. Kupchella, C.E. and M.C. Hyland (1989). Environmental Science, 2nd ed., Allyn and Bacon.
5. Maxwell J. (1997). Ecosystem Management by Watersheds, USDA Forest Service.
6. Project Summary #36, Water - Urban Habitat Rehabilitation, ICLEI (1995).
7. US EPA (1997). A New Look at the Management of Western Water and Related Resources.
8. Wise H. ed. (1997). A Forest Service Conference on Riparian Management and Western River Management Strategies, US EPA.