



조운자 | (주)네이코스
엔지니어링 대표
(1004wjcho@hanmail.net)

생태하천 복원사업을 통한 수처리 가능성 진단

조운자 송기선¹⁾

연재순서

1. 기본계획으로부터 시공까지의 연속성 부재
2. 꽃밭도 아니고 자연천이도 아닌 식재계획의 문제점
3. 생태하천복원사업을 통한 수처리 가능성 진단
4. "유지관리비가 없다"에 대한 해법

1. 들어가며

해마다 지금처럼 무더운 여름이면 동네 친구들과 하천으로 물러가 느티나무 아래다 옷을 던져놓고 하루 종일 물장구치며 멍 감고 물고기 잡던 어린 시절 추억이 새록새록 되살아난다.

환경부는 2015년까지 "물고기가 뛰놀고 아이들이 멍 감을 수 있는 물환경 조성"이라는 물환경 정책목표를 수립한 바 있다. 이는 아이러니하게도 지금의 하천은 물고기가 없고 아이들이 멍 감을 수 없는 하천이라는 의미로도 해석될 수 있다.

한편, 하천법에서 하천은 "지표면에 내린 빗물 등이 모여 흐르는 물길로서 공공의 이해에 밀접한 관계가 있어 국가하천 또는 지방하천으로 지정된 것을 말하며, 하천구역과 하천시설을 포함한다."라고 정의하고 있다.

1) (주)네이코스 엔지니어링 차장 (sks22@hanmail.net)

즉, 하천이라 함은 물이 있어야 하며, 그 중 “물고기가 뛰놀고 아이들이 먹 감을 수 있는 하천”이란 항상 맑은 물이 흐르는 하천 즉, 유량과 수질, 흐름이 확보된 하천이라 할 수 있겠다. 이중 “맑은 물”은 하천의 경관, 생태, 문화의 질을 결정하는 가장 중요한 요소이다.

그간 환경부는 생태하천 복원사업을 통해 하천 생태환경의 복원, 수질향상, 주민 친수기능 확대 등을 추진해 왔으며, 동 사업을 통해 과거 90년대 이전 관점에서의 하천과 비교해 볼 때 하천다움을 갖추어나가는 괄목할 만한 성과를 거두고 있다고 할 수 있을 것이다. 그러나 환경부의 물환경 정책목표 및 과거 기억 속의 자연하천으로의 복원을 목표로 할 때 아직도 가야할 길이 멀다고 생각된다.

그 동안 생태복원 및 친수기능 등은 전회에 걸쳐 단편적으로 언급한 바 있다.

금회에는 생태하천 복원사업에서 추진하고 있는 하천수질 개선방안들에 대해 검토해보고 이를 통한 수질개선 효과에 대해 진단해보고자 하며, 그간 생태하천 복원사업에서 하천수질 개선을 위해 도입하고 있는 방법인 비점오염저감 시설, 하천정화시설, 인공습지, 하천자정능력 증대 등의 방법들에 대하여 설치 후 효과 분석 및 향후 개선방안을 모색해 보고자 한다.

2. 하천수질 개선을 위한 수처리방법

2.1 오염원

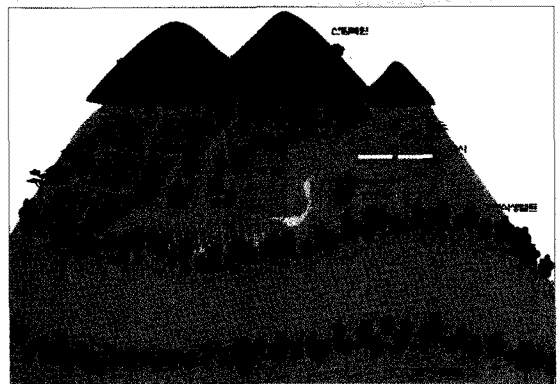
하수처리시설이 없던 과거에는 생활오수가 하천으로 직접 유입되었어도 하천수질이 맑고 깨끗하였다. 특히 미나리나 갈대 군락지를 통과하면 생활오수가 유입되더라도 맑은 물로 재생되는 것을 쉽게 발견할 수 있는데 이런 것을 자정작용이라 한다.

오늘날 인간 활동이 다변화되고, 도시화 및 소비량이 증가함에 따라 하천으로 유입되는 생활오수, 농축산 폐수, 산업 활동에 의한 산업폐수 등이 수처리시설을 통해 처리된 후에 하천으로 유입되더라도 하천은 더 이상 스스로 정화할 수 있

는 능력을 상실하게 되었는데 이 단계를 우리는 하천수질이 오염되었다고 말한다.

자연이 스스로 정화할 수 있는 능력을 상실하자 대규모의 하수처리장, 농축산폐수처리장, 산업폐수처리장을 건설하여 하천으로 직접 유입되는 오염부하량을 삭감하고자 하는 노력이 지속되어져 왔다.

그러나 생활하수나 산업단지 등에서 발생하는 오폐수는 차집관거를 통해 처리장으로 유입시켜 처리한 후 배출하면 되지만 강우시 시가지 및 도로, 농경지 등에서 산발적으로 유입되는 비점오염원의 경우는 유량과 수질이 일정하지 않을 뿐만 아니라 강우시에만 오염원으로 작용하므로 유량과 수질, 발생 시기를 예측하기가 쉽지 않다.



〈그림 1〉 유역개념의 하천관리 개념도
(출처 : 생태하천복원사업 추진 지침, 2011, 환경부)

2.2 처리방법

생태하천 복원사업을 통한 수질개선에서는 강우시 유역으로부터 유입되는 비점오염원 및 하천본류의 수질개선 방법이 주로 시행되며, 이에 대한 처리방법에 대해 검토해 보았다.

하천수 전체를 처리한다거나 유역으로부터 들어오는 비점오염원 전체를 어떤 처리시설을 통해 하수처리장처럼 처리한다는 것은 막대한 경제적 비용을 필요로 한다.

근래에는 유역단위 개념에 기초한 생태하천 복원사업의 추진, 유역내 일정규모 이상의 개발사업장에 대한 비점처리 시설 설치 의무화, 수질오염총량제의 확대 등을 통해 유역내 발생 오염원을 차단하고자 노력하고 있다.

생태하천 복원사업에서 적용할 수 있는 수처리방법으로

는 저류형시설(습식연못, 저류조, 인공습지), 침투형(유공포장, 침투저류지, 침투도랑), 식생형(식생여과대, 식생수로), 장치형(여과형, 와류형), 하수처리형 시설 등이 있다. 이중 생태하천 복원사업에서 주로 이용되고 있는 방법은 인공습지, 식생수로, 식생여과대, 장치형 비점저감시설 등이 있으며 특징은 다음과 같다.

인공습지는 도시의 비점오염물질 또는 하천수 등을 처리하기 위하여 얇은 늪을 만드는 기법으로 오염물질 처리, 홍수량 조절 등의 역할을 한다. 유입된 오염물질은 침강 또는 수생식물 등에 의한 섭취 등으로 제거할 수 있으며, 그 외 경관적 가치, 비오름으로서의 역할 등을 하는 효과적인 기법 중의 하나이다.

식생형 비점오염저감시설은 크게 식생여과대, 식생수로가 있으며, 식생수로 및 식생여과대를 거치면서 유속 저하에 따른 오염물질 여과, 흡착, 침전, 수생식물에 의한 흡수 등을 통해 오염물질이 저감된다. 식생형 시설은 오염물질 저감 및 홍수조절 등에 기여할 뿐만 아니라 동·식물 서식공간을 제공하고 경관녹지로 이용될 수 있는 장점이 있다.

비점오염물질 저감을 위한 장치형시설은 물리·화학적, 생물학적 원리를 이용한 장치로서 혐잡물, 총부유물질(TSS), 박테리아, 용존 유기물질 등의 제거에 효과가 있으며, 크게 여과형 시설, 와류형시설, 스크린형시설, 응집·침전처리형 시설 등으로 구분된다. 장치형 시설은 소요부지 면적이 적고, 기존 관거와 연계 설치하여 처리효율을 높일 수 있는 장점이 있으나, 처리효율 유지를 위해 지속적인 유지관리가 수반되어야 하며, 유지관리가 자연형 시설에 비해 상대적으로 까다롭고 관리 부실시 효율이 크게 저하된다는 단점이 있다.

2.3 문제점

유역 내에서 걸러지지 않고 하천으로 유입된 오염물을 유역의 말단인 하천에서 처리하고자 하는 경우 오염물이 하천수와 혼합됨에 따라 처리 대상량이 증가하고, 이를 처리하기 위해서는 대규모의 시설이 필요하게 되므로 비효율적일 수밖에 없다.

따라서 제내지에 인공습지를 조성하여 하천으로 유입되기 전에 오염원을 제어하는 것이 바람직하나 그간 토지보상비에 대한 부담 때문에 제외지에 소극적으로 조성하거나 전술한 장치형 시설들을 도입하였으나 홍수기를 겪고 나면 많은 시설들이 기능을 상실하게 되는 등의 문제점이 지속적으로 발생해 왔다.

특히, 생태하천 복원사업비는 비율의 차이는 있으나 일반적으로 국고가 70% 지원되는 사업이므로 초기 시설투자에는 적극적이지만 조성후 유지관리는 순수 지자체의 예산으로 집행되어야 하므로 소홀해지기 쉽다.

결국 하천내에 수처리시설 설치 시 발생하는 가장 큰 문제점은 각 하천의 고유성을 반영하기 어렵다는 것과, 하천수 전체를 대상으로 할 경우 설치 및 운영에 막대한 예산이 지속적으로 소요되며 유지관리가 원활하지 못할 시 무용지물로 변할 수도 있다는 것이다.

3. 하천수질 개선효과

전술한 바와 같이 생태하천 복원사업에 적용되는 수처리 방법은 물리적(원심력 등) 및 생물학적 처리방법이 대부분이다. 특히 생물학적 처리방법의 경우는 수생태계에 의한 자정능력을 회복하게 함으로써 얻어지는 결과이므로 수질개선 효과를 정량화하는 것이 쉽지 않다.

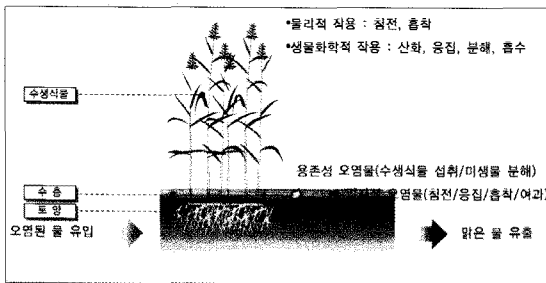
하천으로 유입되는 오염원은 점오염원의 형태로 유입되는 하·폐수처리수와 강우시에 발생하는 비점오염원이 있다.

하천수질 개선을 위한 점오염원의 직접처리방법이라 할 수 있는 하·폐수 처리의 경우 현재의 2차처리방법에 의한 유기물 제거만으로는 조류의 성장에 따른 부영양화 발생 등을 예방하기는 어렵고 비점오염원의 경우 유량과 수질이 일정하지 않으므로 목표수질을 달성하기가 어려울 수밖에 없다.

따라서 수중의 영양물질(인과 질소)의 제거를 위한 고도처리시 막대한 비용과 운영에 대한 부담이 발생하는 물리·화학적 방법의 대안으로 인공습지가 주목 받아왔다. 특히, 발생량 변동이 크고 오염원이 산발적으로 분포하여 차집 등

을 통한 처리가 어려움에 따라 규격화된 처리장과 같은 수질 정화방식을 도입하기 어려운 비점오염물질 처리시설의 경우 더욱 적합한 방안이 될 수 있을 것이다.

습지는 물과 토양 등의 기질, 식물, 미생물로 구성되는 생물학적 통합시스템으로서 인위적으로 조성 가능한 식물, 토양, 물 외에도 미생물 및 무척추동물, 대상지역의 자연환경(광량, 강우량, 기온 등)에 의해 습지 생태계를 형성하게 되며, 이러한 다양한 인자가 복합적으로 수질정화, 즉 자정능력으로 작용하게 되는 것이다.



(그림 2) 습지의수질정화기능 모식도

그럼 생태하천 복원사업의 수처리방법은 과연 얼마만큼의 처리효율을 보증할 수 있을까?

여기서 장치형 시설들의 경우 장시간 모니터링한 결과가 거의 없고 공법마다 다른 처리효율을 제시하고 있기 때문에 급회에는 인공습지의 처리효율에 대해서만 서술하고자 한다.

인공습지를 통한 수질정화효율을 평가하는 데는 몇 가지 문제가 있다.

첫째, 수질정화를 목적으로 하는 인공습지의 경우에 유입수의 오염부하량, 습지의 용량 및 구조, 식재종, 식생분포 및 밀도 등이 상이하여 기능 또한 현저한 차이가 발생한다.

둘째, 인공습지를 자연으로 보고 유지관리를 안 해도 되는 시설로 생각하면서 관리자가 상주하여 운영하고 있는 하수처리장과 같은 수처리시설로 비교하는 것은 곤란하다.

셋째, 인공습지를 조성한 이후 지속적인 수질모니터링을 수행하지 않아 효율에 대한 자료가 부족하다.

넷째, 습지의 효율평가 방법으로는 유입수와 유출수의 농도차, 오염물질의 유입량에 대한 유출량의 비율(%), 오염물질의 제거량(kg/year) 등을 이용하나, 실제 적용사례와 비교해 보았을 때 상관관계가 높아 보이지는 않는다.

다섯째, 일반적으로 고농도의 유입수를 처리하는 습지의 처리효율이 높고 저농도의 유입수를 처리하는 습지의 경우는 상대적으로 처리효율이 낮게 나타나는데 그 기준이 되는 농도를 제시할만한 자료가 부족하다.

여섯째, 습지로 유입되는 오수가 주로 하천수이며 처리유량 대비 사용가능 하천부지가 부족하므로 인한 온전한 처리가 어렵다는 것도 습지를 통과한 이후 본류 하천에 합류된 이후의 수질에서 보면 효과가 미흡해 보인다.

결론적으로 인공습지에 의한 수처리 효율은 항상 일정한 효과를 기대할 수 없지만 그간 조성된 사례지들의 평균적인 처리효율은 환경부의 다음 자료를 참고로 사용할 수 있으며 실제 조성된 인공습지를 모니터링해 보면 이 보다 더 높은 효율을 나타내기도 한다.

(표 1) 인공습지의 처리 효율 (단위: %)

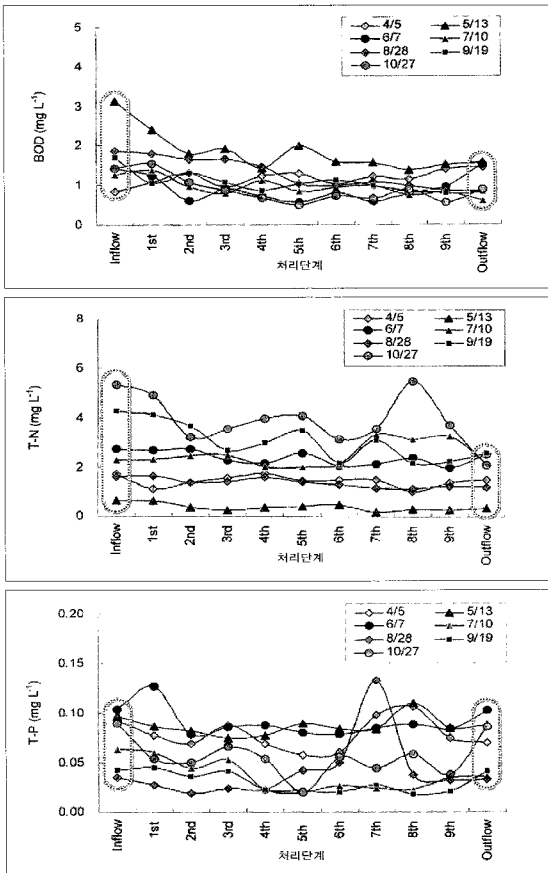
구분	BOD	TN	TP
습식연못	18	24	48

출처: 제2단계 수계오염총량관리 기술지침, 2008, 국립환경과학원

따라서 인공습지에 의한 수처리효율에 대해서는 다음과 같이 정리할 수 있다.

첫째, 고농도의 유입수를 대상으로 하는 습지가 저농도의 유입수를 대상으로 하는 습지보다 처리효율이 높게 나타나고 있다.

광주광역시에서 동북천에 조성한 인공습지 모니터링 사례를 보면 계절별, 항목별 차이가 있으나, 유입수 농도가 높을 경우 유입수 농도가 낮을 경우 보다 처리효율이 상대적으로 높은 것으로 나타난다.



(그림 3) 동북천 인공습지 모니터링 결과
(출처: 주암호 등 상수원 상류지역 인공습지의 저감효율 분석 및 최적 관리방안, 2009, 영산강·섬진강수계관리위원회)

둘째, 습지의 제거량으로 습지를 평가하는 경우 연간 습지로의 단위 유입량과 유출량이 유사하거나, 오히려 높은 경우도 있다.

셋째, 오염원에서 발생하는 수질은 연중 변동 폭이 크다. 그럼에도 불구하고 결과적으로는 유입수 농도 변동 폭이 커도 유출수 농도는 일정 범위를 유지함으로써 최악의 수질 시에는 유역내 유출량을 완화



(그림 4) 복합공간으로서의 습지

하고 최상의 수질 시에는 평상시의 수질을 유지하는 완충지역으로서의 기능을 하는 것은

분명하다 할 수 있다.

넷째, 인공습지에 의한 수질개선 효과를 보다 종합적으로 평가할 수 있는 방안 개발이 필요할 것이나, 무엇보다 습지계획 시 습지의 특성과 한계를 인정하고 보다 유연한 접근이 필요할 것으로 판단된다.

4. 맺으며

습지조성 후 효과 또는 유출수 농도를 정량적으로 예측한다는 것은 어렵다. 그럼에도 간혹 인공습지를 수처리시설과 동일시하여 성능보증을 장담하는가 하면 목표효율 및 보증효율을 반드시 달성하여야함을 강요하기도 한다.

습지가 규격화된 수처리시설이 아니고 사람이 상주하면서 관리하는 시설이 아님을 감안할 때 습지에 의한 처리효율은 자정능력의 한계로 인정할 필요가 있을 것이다.

하천수질 개선을 위해서는 유역내 오염원의 하천내 유입을 최대한 차단하는 것이 가장 느리지만 가장 근본적이고 효율적일 것이라 생각되며, 유역의 말단인 하천에 대규모 시설 조성을 통한 단기적인 효과를 기대하기 앞서, 각 소유역, 발생원 별로 다수의 소규모 저감시설을 배치함으로써 하천이 감당할 수 있는 물을 하천으로 흘려보내는데 주력해야 할 것이다.

또한 인공습지의 경우 주 목적이 수질정화라 할지라도 경관조성 및 생물상 복원, 홍수조절, 주민 여가 및 교육공간 조성, 미세기후 조절 등 정량적으로 평가할 수 없는 무형의 부가적 가치를 무시할 수 없다.

따라서 어렵고 다소 시간이 걸리겠지만 어느 시간이 지나고 나면 하천에서 살아가는 우리 풀과 꽃, 동물들이 그 물을 스스로 깨끗하게 만들어 우리에게 돌려 줄 것으로 믿는다. ●