

비점원 오염관리를 위한 식생여과대의 적용

Application of Vegetative Filter Strip to Control Nonpoint Source Pollution

정 상 옥* 정 지 은*
 Chung, Sang-Ok Chung, Ji-Eun

1. 머리말

수질오염은 부유물질, 부패성 물질, 유독물질 등이 지표수, 지하수 및 해수로 유입되어 물의 물리·화학적 변화를 일으킴으로써 각종 용수로 사용할 수 없게 되거나 수서생물에 악영향을 초래하는 경우를 말한다. 수질오염 물질은 배출되는 형태에 따라 점원(point source pollution)과 비점원(nonpoint source or diffuse pollution)으로 분류할 수 있다. 점원

오염이란 공장, 폐수처리장, 발전소, 광산, 유류저장 탱크 등과 같이 특정 지점이나 장소에서 배출되어 오염을 일으키는 것을 말하며, 비점원 오염이란 광범위한 지역에 걸쳐 발생하는 오염으로 정의할 수 있다. 표 1은 수질오염 발생원의 분류와 특징을 보여주고 있다.

비점원오염 방지대책은 오염원의 종류나 오염과정 만큼이나 다양하다. 점원오염과 같이 처리시설을 갖추어 오염물질의 농도 또는 총량을 적정수준 이하로 처리한다는 것은 비점원오

표 1. 수질오염 발생원의 분류와 특징

| 분 류 | | 발 생 원 | 특 징 |
|-----|-----|--|---|
| 점원 | 대점원 | 공장 사업장 도시하수 분뇨처리장 큰 양돈장 | · 농도가 높은 물이 수역의 한 점에서 집중적으로 배출한다. · 주로 인위적인 활동이 원인이 된다. · 오염물질의 이동은 파이프나 하수도를 통하여 이루어진다. · 인위적인 활동 즉 시각(時刻)과 휴일에 따른 변화가 있다. |
| | 소점원 | 소규모 공장 정화조 소규모 축사 | · 부하점이 적다. · 유역에 넓게 분산되어 있어 비점원과 유사하다. · 유사 비점원오염이라고도 하여 비점원 취급을 할 수 있다. |
| 비점원 | | 시가지 논 밭·과수원 초지 산지 건설현장 매립지 | · 오염원을 찾기 어렵다. · 오염원이 넓은 장소에 퍼져있다. · 수문 현상의 올바른 이해와 적용이 필수적이다. · 일반적으로 강수기간 중 빗물과 함께 수역으로 유입한다. · 저농도이나 처리해야 할 수량이 많으므로 조절이 어렵다 · 점원오염과 아주 다른 비점원오염 관리방안이 강구되어야 한다. · 인위적인 부하는 물론, 자연적인 부하도 포함된다. · 정체수역(호소, 저수지)의 부영양화와 밀접한 관계가 있다. |

(자료 : 권순국, 1998)

* 경북대학교 농과대학 (sochung@kyungpook.ac.kr)

염이 광범위한 지역에 걸쳐서 발생하는 특성상 현실성이 없다. 따라서 비점원지역에서 오염물질의 배출을 억제하든지 또는 방류수계에 도달하기 전에 적절히 처리할 수 있는 방안이 모색되어야 한다.

비점원오염의 방지에 대한 전략으로 농경지, 공사장, 도시지역 등 토지이용의 합리적인 관리를 통해서 영양물질 유실과 토양침식을 감소시키는 노력이 포함되어야 한다. 정상옥(1996)은 농업배수의 수질오염을 저감시킬 수 있는 여러 가지 영농기법을 소개하였다. 소위

최적관리기법 (best management practices)을 선정하여 오염을 억제하는데 최적관리기법이라고 함은 비점원오염을 최소화하는데 적합한 유·무형의 방법들로서 정의할 수 있다. 토지이용별 최적관리기법의 종류는 표 2와 같다. 농업지역에서 생태계를 이용한 기법의 하나로서 식생여과대 (vegetative filter strip; VFS)의 설치가 있다. 본 고에서는 비점원오염 관리를 위한 최적관리기법 중 VFS에 대해 알아보려고 한다.

표 2. 토지이용별 최적관리기법의 종류

| 농업 | 산림 | 도시 | 습지, 수변지 |
|---|--|--|--|
| 1) 발생원대책 -환경교육·홍보 -시비량 및 방법의 개선 -작물·품종 선택 -완효성비료의 사용 -침사지 축조 2) 물관리 개선 -이양과정의 개선 -순환관개법 실시 3) 농법의 개선 -경운 작업의 최소화 -등고선 혹은 테라스 재배 4) 생태계를 이용한 정화 -나지 및 경지의 피복 -식생여과대(VFS) 설치 -수생식물의 이용 5) 축산폐수의 적정관리 -비육장 유출수 및 침출수 관리 등 | 1) 산림유지관리의 적정화 -환경교육·홍보 -침광혼합 다층림 식재 -벌목방지 2) 침식·붕괴의 방지 -급경사지 벌채방지 -식재에 의한 지표면 개량 -개발의 억제 3) 수변관리지역(SMA)의 설치 4) 임도의 건설 및 관리 적정화 -토사침전조 설치 -임도 적정 경사도 -배수로의 적정설치 -토양침식의 방지 5) 적절한 침전시설의 설치 -식생장애물 설치 -실트 팬스 설치 -사석 설치 -식생여과대 설치 6) 산불의 예방관리 -자연 혹은 현장 장애물 이용 -방화선 구축 | 1) 발생원 제거 -환경교육·홍보 -도로, 하천, 수로청소 2) 빗물유출량 제어 -침투촉진(투수성포장) -빗물저류시설 -스크린설치 -나지의 식생피복 3) 빗물배수의 처리 -침전처리 시설 축조 -정화시설 4) 대기오염의 제어 -자동차 배기가스 대책 -쓰레기 소각의 제한 5) 하천정비 -보전수로의 설치 6) 가정배수의 적정처리 -정화조 관리 -자동차 관련 화학물질 관리 철저 | 1) 습지와 수변지역의 보호 2) 습지 및 수변지역 재생 3) 식생처리 시스템의 이용 증진 |

자료 : 권순국, 1998

2. VFS의 개요

VFS는 보통 식생여과대라고 부르며, 이는 잠재 오염원과 유출을 받아들이는 수체 (water body) 사이에 위치하는 자연적 또는 인공적인 식생지대이다. VFS는 물이 오염되는 것을 완충하는 곳이라고 해서 식생완충대 (buffer strip or buffer zone)라고도 한다. 지면 경사에 따른 VFS의 최소 폭은 표 3과 같다.

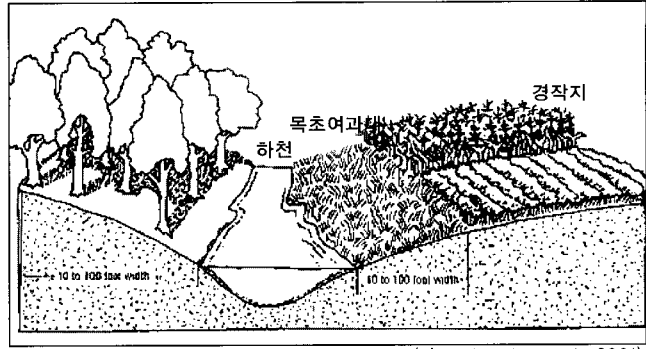


그림 1. 식생여과대

(자료 : Leeds, et al., 2001)

표 3. 지면 경사별 식생여과대의 최소폭

| 지면 경사 | 최소폭 |
|-------|-----|
| 0~10 | 4.5 |
| 10~20 | 6.0 |
| 20~30 | 7.5 |

(자료 : Smith, 2000)

VFS는 유출수에 의하여 운반되는 토사, 유기물질, 영양물질 및 독성물질을 물리적, 화학적 및 생물학적인 메커니즘으로 제거하여 지표수의 수질보호를 위해 수로, 하천, 연못 또는 호수를 따라 건설되며, 이는 또한 야생동물의 서식지를 제공한다. 이처럼 VFS는 비점원오염 물질의 제거뿐만 아니라 동·식물 서식 공간의 제공, 녹지 경관의 조성 등의 기능도 가지고 있다.

VFS의 주된 오염물질 제거 메커니즘은 다음과 같다 (Virginia Tech, 2002).

- ① 지표유출수와 오염물질이 침투할 수 있도록 흐름을 지체시킨다.
- ② 부유물질을 침전시킨다.
- ③ 식생이 부유 토립자를 여과시킨다.
- ④ 토양과 식물의 표면에 화학물질과 미생물을 흡착한다.

⑤ 식물이 용해물질을 흡착 또는 섭취한다.

Figure 1은 폭이 3 m 내지 30 m 되는 목초나 나무로 조성된 VFS 개요를 보여주고 있다.

3. VFS의 기능과 장·단점

그림 2는 하천변에 위치한 VFS의 기능을 도시하고 있다. 그림 4는 VFS의 장점과 단점을 보여준다. VFS는 많은 장점을 가지고 있지만 단점도 가지고 있다. 그림 5는 풀 (grass), 관목 (shrub) 및 나무 (tree) 등의 VFS의 식생 종류에 따른 기능의 비교를 보여주고 있다. 우리나라에서 필요한 비점원 오염의 저감을 목표로 하는 경우에는 목초가 가장 높은 효과를 보여주는 것을 알 수 있다.

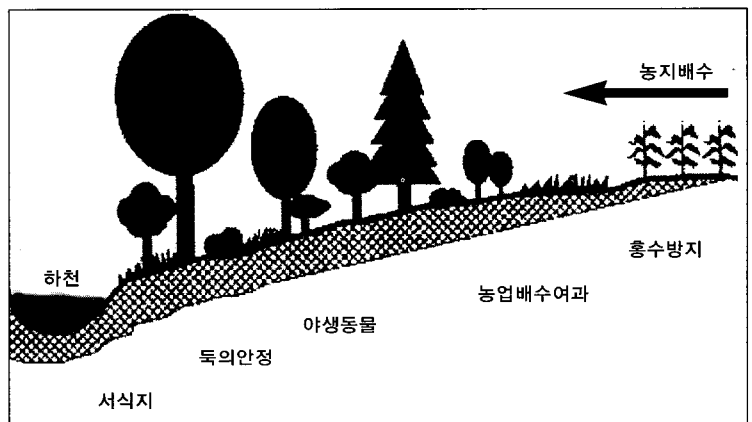


그림 2. 수변 완충지역의 이점

자료 : Strohmeier, 2002

표 4. VFS의 장·단점

| 장 점 | 단 점 |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - 강우로부터 토양을 보호함으로써 침식량 감소 - 지표면 유속감소, 침투시간 증가, 침투증가에 의해 유출량 감소 - 유속이 감소됨에 따라 여과, 흡수, 및 침전으로 부유성 침전물을 제거 - 자연환경개선 효과 - 동물군과 식물상에 대한 서식지 제공 - 홍수 저감 | <ul style="list-style-type: none"> - 수질조절을 위한 저류와 침투가 충분하지 못할 경우가 있음 - 오염물 제거에 필요한 이상적 환경이 유지되어야 함 - 일정규모의 토지가 필요함 |

표 5. 식생별 식생여과대의 기능 비교

| 이 점 | 식생 종류 | | |
|----------------|-------|-----|-----|
| | 목 초 | 관 목 | 나 무 |
| 제방의 안정 | 낮 음 | 높 음 | 높 음 |
| 여과 (부유물질) | 높 음 | 낮 음 | 낮 음 |
| 여과 (용해물질) | 중 간 | 낮 음 | 중 간 |
| 수생 동물 서식지 | 낮 음 | 중 간 | 높 음 |
| 야생 동물 서식지 (초원) | 높 음 | 중 간 | 낮 음 |
| 야생 동물 서식지 (숲) | 낮 음 | 중 간 | 높 음 |
| 생산물 | 중 간 | 낮 음 | 중 간 |
| 경관 | 낮 음 | 중 간 | 높 음 |
| 홍수조절 | 낮 음 | 중 간 | 높 음 |

자료 : Strohmeier, 2002

표 6은 Kentucky 주립대학의 자료 (Strohmeier, 2002)로 지면경사가 9%인 경우에 목초 VFS의 폭에 따른 포착효율을 나타 낸 것으로 폭이 30 ft일 때 그 효율이 가장 좋은 것을 보여준다. 더 넓은 45 ft 폭에서는 오

히려 포착효율이 감소되는 것을 알 수 있다. 표 6에서 폭 30 ft인 VFS에서 물, 퇴사, 질산염 및 농약 (atrazine)이 97 내지 99% 제거되었으며 이중 90%가 상부 폭 15 ft에서 제거되었다. 지면경사가 15% 이하인 경우 30 ft 폭의 VFS가 대부분의 퇴사를 제거한다.

표 6. 식생여과대의 포착 효율 (지면경사 : 9%)

| 여과대 폭(ft) | 포착 효율(%) | | | |
|-----------|----------|----|-------|----|
| | 토사 | 물 | 질산성질소 | 토사 |
| 15 | 96 | 96 | 94 | 93 |
| 30 | 99 | 97 | 98 | 99 |
| 45 | 99 | 91 | 97 | 98 |

(자료 : Strohmeier, 2002; 9% slope, Kentucky)

표 7은 Arkansas주의 자료로 지면 경사가 3%인 경우에 목초 VFS의 폭에 따른 포착효율을 보여주고 있으며, 폭이 70 ft 일 때 가장 높은 포착효율을 보여주고 있다. 즉, 지면경사가 완만할수록 넓은 폭의 VFS가 상대적으로 높은 포착효율을 보여준다는 것을 뜻한다.

Leeds 등 (2001)은 CREAMS (Chemical

표 7. 식생여과대의 포착 효율 (지면경사 : 3%)

| 여과대 폭(ft) | 포착효율(%) | |
|-----------|----------|----|
| | 암모니아성 질소 | 총인 |
| 10 | 47 | 40 |
| 20 | 70 | 58 |
| 30 | 78 | 74 |
| 50 | 94 | 87 |
| 70 | 98 | 91 |

자료 : Strohmeier, 2002; 3% slope, Arkansas

Runoff Erosion and Agricultural Management Systems) 모형을 사용하여 미국 29개 주의 230개의 지점에서 VFS의 효과를 분석하였다. 표 8은 30년간의 모의발생 분석결과를 보여주고 있으며 VFS가 농경지로 부터의 유출에서 침전물, 총인과 총질소의 양을 감소시킨다는 것을 알 수 있다. VFS의 효과는 토양특성, 토지경사, 지형 및 배수면적, 식생의 형태, 품질 및 폭 적합한 설치와 지속적 관리상태 등에 지배된다. 일반적으로 VFS에서 식생의 품질이

표 8. CREAMS 모형이 추정 한 식생여과대의 효율

| 주 | 지점 | 여과대 폭(ft) | 배수면적 (acre) | 지면경사 (%) | 토성 | 식생의 질 | 포착 효율(%) | | |
|----------|----|-----------|-------------|----------|---------|-------|----------|----|----|
| | | | | | | | 토사 | 인 | 질소 |
| Illinois | 1 | 99 | 2.5 | 7.3 | 실트롬 | F | 42 | 36 | 36 |
| | 2 | 99 | 28 | 4.0 | 실트롬 | G | 67 | 68 | 68 |
| Iowa | 1 | 66 | 39 | 2.2 | 롬 | E | 75 | 71 | 71 |
| | 2 | 99 | 30 | 3.8 | 실트롬 | F | 61 | 54 | 54 |
| Ohio | 1 | 66 | 9.9 | 2.6 | 실트롬 | G | 71 | 72 | 72 |
| | 2 | 99 | 32 | 0.6 | 실트롬 레이롬 | G | 71 | 73 | 73 |

* F : Fair, G : Good, E : Excellent (자료 : Leeds, et al., 2001)

VFS 효과를 결정짓는 가장 중요한 인자이다.

VFS의 기능을 추정하기 위한 모형에 대하여 알아보면, Hayes et al. (1979)은 VFS 모형인 GRASSF를 개발하였고, Warner et al. (1984)은 GRASSF를 이용하여 SEDIMOT II 모형을 개발하였고, Lee et al. (1989)은 VFS 내에서 인의 거동을 추정하기 위하여 인 부모형을 SEDIMOT II에 추가하여 GRAPH (GRass PHosphorus) 모형을 개발하였다.

최근에는 USDA Southeast Watershed Research Laboratory (1999)는 주로 VFS를 통과한 질소의 지하에서의 거동을 모의하며, 추가로 퇴사, 질소, 인의 지표수에서의 거동을 모의하기 위하여 종합 VFS 모형인 REMM (Riparian Ecosystems Management Model)을 개발하였다. Tucker et al. (2000a,

b)과 Stone et al. (2001)은 GLEAMS 모형과 REMM 모형을 통합하여 강변생태계 관리모형을 개발하였다.

4. VFS의 설계기준 및 유지관리

VFS의 효율은 다음의 5가지 인자에 의해 지배된다 (Smith, 2000).

- ① VFS에 도달하는 퇴사의 양 : 이는 VFS 상류에 있는 농지의 경운방식과 빈도, 경운한 후로부터 강우 까지의 시간, 강우강도 및 기간, VFS 상류지역의 경사도 및 사면길이 등에 영향을 받는다.
- ② 물이 VFS에 도달하여 체류하는 시간 : 이는 VFS의 폭과 식생의 질과 높이에 영향을 받는다.

- ③ 토양의 침투율.
- ④ VFS를 통해 흐르는 물 흐름의 균등성.
- ⑤ VFS의 유지관리.

VFS의 설계기준과 적지선정시 고려하여야 할 사항은 다음과 같다 (Virginia Tech, 2002).

- ① 식생이 잘 자랄 수 있는 적당한 토양배수와 지하수면까지의 깊이가 요구된다.
- ② 경사지나 다른 배출원으로부터 연속적으로 VFS로 물이 흘러들어오는 것을 방지하여야 한다.
- ③ 눈이 올 때와 토양이 얼면 VFS의 효율이 저하된다.
- ④ 설계기간 동안 VFS의 효율을 유지할 수 있는 폭이 요구된다. 다시 말하면 오염물의 축적과 제거 기법이 설계항목에 포함되어야 한다.
- ⑤ 지면경사가 VFS의 효율에 미치는 영향을 고려하여야 한다.
- ⑥ VFS의 효율을 유지하기 위한 풀깎는 설비가 있어야 한다.
- ⑦ 가축방목이 VFS의 실행에 미치는 영향을 알아야 한다.
- ⑧ VFS와 인근 농지의 잡초제거를 위한 제초제의 살포가 VFS에 미치는 영향을 파악하여야 한다. 만약 농지에 제초제를 살포한다면 VFS를 건널 때에는 살포기를 꺼고 건너야 한다.
- ⑨ VFS는 되도록이면 등고선 방향으로 설치하여 지표유출을 여과시켜야 한다.
- ⑩ 농지 경운시에 VFS를 일부 경운하여 지역적인 흐름을 유발하여서는 안된다.
- ⑪ 대규모 배수로나 초생수로로 가진 넓은 지역은 VFS가 내부 배수로의 양측에 설치될 때만 VFS가 적용 가능하다.
- ⑫ VFS지역 안에 걸리침식이 발생한 곳이나, VFS지역 안이나 바로 하류에 높은 지역이 있을 때에는 흐름을 원활하게 하기 위하여 지균작업이 필요하다.
- ⑬ 관목류나 야생식물대는 목초나 콩과식물

VFS에 비해 수질개선 효과가 떨어지므로 비점오염원 관리목적의 VFS에는 사용하지 않아야 한다.

- ⑭ 흐름이 VFS에 연하여 또는 VFS와 평행하게 흐를 때에는 15 to 30 m 간격으로 독을 설치하여 흐름이 VFS를 통과하도록 한다.
- ⑮ VFS는 농지보다 높은 곳에 설치하여서는 안된다.

VFS의 설치 후 지속적인 유지관리는 매우 중요하다. 지속적인 관리는 VFS의 효과와 내구성 증진에 중요하다. 지속적인 관리를 위한 요구 사항은 다음과 같다.

- ① 자주 조사를 실시한다. 특히 비가 온 후 또는 장기간의 강우 유출 후 조사한다.
- ② 침식성 하천의 발생을 최소화 한다. 즉시 수리하고 다시 씨를 뿌린다.
- ③ 필요시에는 관개를 하고, 노출된 지점에는 다시 씨를 뿌린다.
- ④ 잘 자라는 곳에서 정기적으로 일년에 약 2~3회 정도 식생을 베거나 제거한다.
- ⑤ 정기적으로 식물의 상태를 보증하기 위해 토양검사를 실시한다.
- ⑥ 불필요한 나무, 덩굴 및 유해한 잡초를 억제한다.

우리 나라의 경우 VFS의 주 목적이 비점원 오염 관리에 있으므로 식생의 종류로는 목초가 가장 적합하다. VFS에 적용할 수 있는 주요 목초의 종류와 특성은 표 8과 같다. 목초의 식재는 일반적인 경운을 한 후에 전면 산포(broadcast)를 한다. 토양시험의 결과에 따라서 석회나 비료를 살포하여야 한다.

목초를 이용한 VFS의 폭은 지면 경사, 토성, 배수 면적, 식생의 종류, 토지 이용 등에 따라 다르나 대체적으로 지면 경사 15%까지는 5 내지 10 m 정도가, 지면 경사 15% 이상에서는 10 내지 20 m 정도가 적정할 것으로 판단된다.

축분을 살포하는 농경지 인근의 VFS는 축분 입자의 비중이 토립자의 비중보다 작기 때문에 잘 여과되지 않으므로 폭이 더 넓어야 한다. 이

표 9. 목초 및 콩과 식물의 특성

| 목 초 | 특 성 |
|--------------------|---|
| Smooth bromegrass | 잘 번식하며 직립형 다년생이며, 조밀하게 자라므로 침식방지에 매우 효과적이다. |
| Kentucky bluegrass | 밀도가 높고 얇은 뿌리 시스템과, 적당히 짧고 두꺼운 잎을 가지는 수명이 긴 다년생 식물 |
| Orchardgrass | 좁 산개한 잔디를 형성하는 목초로 여름철에 매우 빨리 자라고 legume 또는 다른 목초와 섞어서 뿌려야 한다. |
| Perennial ryegrass | 광범위한 비옥도의 토양에 적용할 수 있으며 봄에 빨리 성장하는 목초로 질이 매우 우수하지만 orchardgrass에 비해 생산량이 적다. |
| Tall fescue | 뿌리 깊은 목초로 잎에 독성이 있으므로 가축사료로 사용할 수 없다. |
| Alfalfa | 광범위한 범위의 토양에 적용 가능하며 높은 영양분을 가지고 있는 콩과식물로 생산량이 높다. 토양침식 방지를 위해서 목초와 섞어서 뿌려야 한다. |
| Red clover | 온대지방 온도와 습도에 가장 적합하며 수명이 비교적 짧은 다년생 콩과식물로서 건조용으로 좋다. 토양침식 방지를 위해서 목초와 섞어서 뿌려야 한다. |

때에도 여러 가지 설계 인자를 고려하여 폭을 결정하여야 하나 대체적으로 일반 농경지 인근의 VFS의 폭보다 50~100% 더 크며, 22 내지 30 m 폭의 VFS가 적정할 것으로 판단된다.

우리 나라와 같이 토지 자원이 풍부하지 못한 곳에서는 넓은 토지를 VFS에 할당할 수 없으므로 최소한의 폭을 가지는 VFS를 설치하는 것이 가능할 것이다. 또, 보다 효율적인 토지이용을 위해서는 VFS 단독으로 보다는 저류지나 습지 등과 함께 사용하는 것이 좋을 것이다. 앞의 Kentucky 주 자료에서 9 m 폭의 목초 VFS의 제거율의 대부분이 상부 4.5 m 폭에서 제거되었다는 것을 볼 때 적절한 조건 하에서는 폭 5 m 정도의 VFS도 충분히 기능을 발휘할 수 있을 것으로 생각된다. 그러나 이러한 기준들은 앞으로 VFS의 실제 적용을 통하여 많은 자료를 축적한 후에 보다 신뢰성 있는 설계 기준을 마련하여야 할 것이다.

5. 적용사례

가. 국내

1) 난지천

‘살아 숨쉬는 한강 만들기(새서울 우리 한강

사업, 2002)’ 운동 중 난지천에 대한 환경개선안에서 VFS를 적용하고 있다. 환경개선안의 내용은 난지천을 자연 하천생태를 보여줄 수 있는 공원으로 특화하고 월드컵 주 경기장에 이르는 도로변의 불량한 경관을 개선하기 위하여 다음과 같이 실행하고 있다.

- ① 하천의 선형은 직강화를 피하고 하천고유의 사행형으로 조성되도록 하고 자연 생태 복원지역 내의 하천은 기존의 하천 선형을 그대로 보존.
- ② 현재 상시유량은 없으나 평화의 공원 호수로부터 약 5천 m³/일의 한강물 유입.
- ③ 식생여과대를 충분히 확보하여 오염물질을 여과 및 완충 가능한 식물종을 식재.

2) 온천천

부산지역의 대표적인 하천인 온천천 유역에서 하천 생태계의 기능회복을 위해 자연형 하천복원공법을 적용하였다(동의대학교, 1999). 적용된 자연형 하천복원공법의 목적은 하천 고유의 생명력을 유지하도록 함과 동시에 하천생태계의 자연적인 속성을 촉진시켜 하천의 자연성을 재생시키기 위함이다. 또한 자연형 하천복원공법으로 기대되는 효능으로 생태계 구성요소의 발생기반을 조성하여 하천 생태계의 역

동성 회복을 피하여 하천 생태계 기능의 회복을 기대하고 식생의 안착으로 식생여과대를 확보할 수가 있다. 자연형 하천복원공법에 쓰이는 재료들은 대부분 천연재료를 이용한 것들로 대표적인 공법으로 돌망태공법, 자연석 쌓기 공법, 천연섬유 마대공법 등이 있다. 이 중 식생을 위한 천연섬유 마대공법은 방부목 등을 이용하여 천연섬유를 호안에 안착시키고 식생 호안을 피하는 공법으로 사형천의 경우에는 세굴이 적은 퇴적지역을 중심으로 시공되어 차후에 식생여과대의 효과를 기대할 수 있다.

나. 국외

1) 미시시피 삼각주 지역

미시시피 삼각주 지역에서 수질 개선을 위해 연구사업을 벌이고 있는 미 농무성 농업연구소(Agricultural Research Service) 과학자들에 따르면 좋은 농법이 이 지역에 위치한 Deep Hollow Lake의 토양 침전물을 줄이는데 성공적이라는 것이 입증되고 있다고 한다. 겨울 피복작물을 재배하고 경운을 줄이고 식생여과대를 설치하는 등의 보존농법을 했기 때문이다. 이러한 농법은 토양의 이동을 최소화하고 제초제가 호수로 흘러가는 것을 제한한다. ARS 연구자들은 수질이 개선된 것을 볼 때 보존 농법이 Deep Hollow Lake로 침전물이 이동하는 것을 줄였다는 것을 알 수 있다고 말했다. 반면에 인근에 있는 Thighman과 Beasley 주위에서는 농민들이 이러한 보존농법을 이행하지 않았고 그 결과 이들 호수에서는 침전물이 줄어들지 않았다(Weaver, 2000).

2) Nebraska

1997년에 Nebraska 주에서 지표수 수질을 향상시키기 위해 VFS를 사용하였다. NRCS(Natural Resources Conservation

Service)는 VFS가 수질을 향상시키고 자연 자원을 보호한다고 발표하였다.

그러나 VFS만으로 비점원오염의 관리를 충족시킬 수는 없다. 그러므로 한가지만의 대책보다는 복합적인 관리대책을 강구하는 것이 바람직하다. 하천연변의 관리는 비점원오염을 최소화 하기 위한 복합적인 관리대책의 일환으로 수변선의 연안을 따라 일정거리의 너비를 가진 VFS와 인공습지와 같은 완충지대를 설치하여 지표유출수의 오염물질을 침전, 여과, 흡착하고 유입수를 일시 저류하여 지하침투를 촉진하는 기법을 적용할 수 있다.

6. 결 론

VFS는 침전물, 영양물질, 농약 등이 지표수로 유입하는 것을 감소시킬 수 있는 유용한 BMP이다. VFS의 식생의 종류는 목초, 관목 및 나무가 있으나 우리 나라와 같이 비점원오염 관리를 목적으로 하는 경우에는 목초가 가장 적당한 식생이다. VFS는 효과는 토양특성, 배수면적, 지형과 지면경사, 식생의 품질과 토지이용과 기후에 지배된다. 그리고 주기적인 VFS의 관리는 비점원오염을 관리하는데 중요한 요소이다.

식생의 정화능력을 이용한 VFS는 비점원오염 관리에 매우 효과적인 것으로 밝혀지고 있다. 그러나 VFS 독자적인 적용보다는 저류지와 같은 다른 기법과 동시에 적용하는 복합적인 관리대책을 강구하는 것이 더 효과적이다.

VFS의 폭은 토양 특성, 배수면적, 지면 경사, 식생의 종류, 토지 이용도 등에 따라서 다르나 대체로 10 m 정도가 적당 할 것으로 생각된다. 그러나 보다 신뢰성 있는 VFS의 설계기준은 실제 시공과 사후 효과분석을 통하여 많은 자료를 축적한 후에 얻을 수 있을 것이다.

참고문헌

1. 과학정보사, 2002, 수질오염, (<http://lab114.com./envi/sujil.htm>)
2. 권순국, 1998, 우리나라 비점원 수질오염 관리의 문제점과 개선방안, (<http://aginfo.snu.ac.kr/ipforum/tugo/INDEX.htm>)
3. 권순국 외, 1998, 지역환경공학. 향문사
4. 동의대학교, 1999, 온천천의 자연형 복원 공법의 적용에 관한 연구. (<http://hyomin.donggeui.ac.kr/%7Ecivil/newsuri/class3-1.htm>)
5. 새서울 우리 한강 사업, 2002, 살아 숨쉬는 한강 만들기. (http://focus.seoul.go.kr/kor2000/han_project/clean/clean09.html)
6. 정상욱, 1996, 농업배수가 수질에 미치는 영향과 오염저감 대책. 한국관개배수, 3(2): pp. 20~35. 한국관개배수위원회.
7. 한국환경생명연구원, 2001, 비점오염관리요령-2. (http://www.happygreen.co.kr/executive/execu_view1)
8. Franti, T.G. 1997, Vegetative Filter Strips for Agriculture. (<http://www.ianr.unl.edu/pubs/water/nf352.htm>)
9. Hayes, J. C., Barfield, B. J. and Barnhisel, R. I. 1979, Filtration of sediment by simulated vegetation II. Unsteady flow with non-homogeneous sediment. TRANS. of the ASAE 22(5): pp. 1063~1067.
10. Lee, D., Dillaha, T.A. and Sherrard, J.H. 1989. Modeling phosphorus transport in grass buffer strips. Journal of the Environmental Engineering Division, ASCE 115(2): pp. 408~426.
11. Leeds, R., Brown, L.C., Sulc, M.R. and VanLieshout, L. 2001, Vegetative Filter Strips : Application, Installation and Maintenance. (<http://ohioline.osu.edu/aex-fact/0467.html>)
12. Schnoor, et al., 1995, Vegetative Filter Strip(VFS). (http://lamar.colostate.edu/~epsmits/BZ580/Helen/Vegetative_Filter_Strips.html)
13. Smith, M. 2000, Vegetative Filter Strips for improved surface water quality. Iowa State University Extension.
14. Southeast Watershed Research Laboratory, 1999, REMM(Riparian Ecosystem Management Model) Users guide. USDA. <http://www.cpes.peachnet/remmwww/>
15. Stone, K.C., Gerwig, B.K., Williams, R.G., Watts, D.W. and Novak, J.M., 2001. Using GLEAMS and REMM to estimate nutrient movement from a spray field and through a riparian forest. Trans. Amer. Soc. Agric. Engrs. 44, pp. 505~512.
16. Strohmeier, K. 2002, Vegetative Filter Strips. (<http://www.ca.uky.edu/county/Owen/home/vegetative%20filter%20strips.htm>)
17. Tucker, M.A., Thomas, D.L., Bosch, D.D. and Vellidis, G., 2000a. GIS-based coupling of GLEAMS and REMM hydrology: I. Development and sensitivities. Trans. Amer. Soc. Agric. Engrs. 43, pp. 1525~1534.
18. Tucker, M.A., Thomas, D.L., Bosch, D.D. and Vellidis, G., 2000b. GIS-based coupling of GLEAMS and REMM hydrology: II. Field test results, Trans. Amer. Soc. Agric. Engrs. 43, pp. 1535~1544.
19. Vegetative Filter Strips, 2002. (<http://www.qfa.qc.ca/agrenv/en/filter-strips.html>)
20. Virginia Tech, 2002, Vegetative Filter Strips and Buffer Zone. (<http://courseware.vt.edu/users/dillaha/bse4324/buffers.html>)
21. Warner, R.C., Wilson, B.N., Barfield, B.J., Logsdon, D.S. and Nebgen, P.L. 1984, A hydrology and sedimentology watershed model. Part II: Users' manual, (In) Design manual for the SEDIMOT II hydrology and sedimentology model, Dept. of Agricultural Engineering, University of Kentucky, Lexington.
22. Weaver, T. 2000, Grower-assisted research is a success. (<http://www.ars.usda.gov/is/pr/2000/000822.htm>)