

# 우수유출수로 인한 공공수역 내 비점오염 저감장치 개발



**이재철** |  
충남도립 청양대학 토목정보과 교수  
ljc616@cyc.ac.kr



**정순우** |  
(주)에스디알앤디 대표  
jsoonwoo@sdrnd.com



**오종민** |  
경희대학교 환경응용화학부 교수  
jmoh@khu.ac.kr



**윤여진** |  
건양대학교 건설시스템공학과 교수  
yyj0806@konyang.ac.kr



**추연우** |  
한국토지공사 행정중심복합도시건설개발처  
U-인프라팀 차장  
chooyeon@hanmail.net

## 1. 서론

공공수역으로 유입되는 오염물질의 발생원은 크게 점오염원과 비점오염원으로 구분할 수 있다. 점오염원은 주로 가정하수와 공장폐수로 구성되고, 일정한 지점에서 일정한 양이 지속적으로 발생하는 특성이 있으며 강우시나 비강우시 배출량에 큰 변동이 없다. 이에 비해 비점오염원이란 오염물질이 주로 강우 시 지표면 유출수와 함께 유출되는 오염물질로서 도시지역의 먼지와 쓰레기, 농지에 살포된 비료 및 농약, 토양 침식물, 자연 동식물의 잔여물, 대기오염물질의 강하물 등을 말한다. 비점오염물질은 일반적으로 강우 시 유출되기 때문에 일간·계절간 배출량 변화가 크고 예측과 정량화가 어려우며, 인위적인 조절이 어려운 기상조건, 지질, 지형 등에 영향을 많이 받는 특성을 지니고 있다.

지역적 특성에 따라 적용 가능한 우수유출수 처리 시설의 종류는 각기 다양한 것이며, 특히 우리나라와 같이 토지이용에 제한이 많은 경우는 처리시설에 필요한 소요면적이 처리시설의 선정에 있어 주요 제한요인이 될 것이다.

농촌지역의 경우는 도시지역에 비해 토사의 유출이 많고 정기적인 유지관리가 어려우므로, 비교적 유지관리가 용이한 이중목적저류지, 저류연못, 인공습지, 식생수로, 식생여과대와 같이 유지관리가 용이한 시설이 적합하나 일반적으로 도시의 경우는 토지 확보의 어려움으로 넓은 토지 면적을 필요로 하는 우수유출수 처리시설은 설치하기 어려우므로, 비교적 토지이용에 제한이 적은 침투형 시설, 장치형 시설(stormceptor, stormfilter, swirl/vortex 등) 등을

고려할 수 있다. 그러나 장치형 시설의 설치는 우리나라 기후와 지형조건에서 어느 정도의 효과가 있는지 충분한 사전검토가 필요하다. 침투형 시설이나 장치형 시설 등은 토지이용에 제한이 적은 반면 유지관리가 어려우며, 인공습지나 이중목적저류지 등은 유지관리는 용이한 반면 토지이용에 제한이 많다. 따라서 이러한 각각의 장점을 취하여 유지관리도 용이하고 토지이용에 제한이 적을 뿐만 아니라 생태 및 경관측면에서도 좋은 다목적의 비점오염원저감방안이 개발될 필요가 있다.

## 2. 비점오염원

### 2.1 비점오염원의 일반적인 특징

수질오염을 유발하는 오염원은 크게 점오염원(Point Source)과 비점오염원(Non-point Source)으로 구분한다. 점오염원은 공장, 하수처리장, 건축

물, 축사 등과 같이 일정한 지점에서 배출되는 오염물질로서 파악이 쉽고 관리가 용이하다. 그러나 비점오염원은 넓은 면적에 분포하는 오염물질로서 산림, 초지, 도시용지, 건설지, 농경지, 하상퇴적물, 도로, 대기오염강하물 등의 부하를 말한다. 비점오염원은 일반적으로 강우시 유출되기 때문에 일간, 계절간 배출량의 변화가 크고 예측과 정량화가 어려운 특징이 있다. 우리나라에서 배출되는 비점오염부하의 규모는 하천과 호수의 부영양화 원인물질인 질소와 인의 경우 각각 75%와 50% 정도가 비점오염원에서 배출되는 오염부하인 것으로 추정되고 있으며 공공수역의 수질에 미치는 영향이 매우 큰 것으로 평가되고 있다 (표 1 참조).

### 2.2 발생특징

비점오염물질은 각종 개발사업지역은 물론 도시, 산업지역, 농촌, 농경지, 산림, 도로, 하천 등 우리의 일상생활 주변에서 발생하며, 강우시 집중적으로 수

표 1. 점오염원과 비점오염원의 비교

분류		발생원	특징
점원	대점원	공장, 사업장, 도시하수, 분뇨처리장, 큰양돈장	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 배출지점이 명확, 집중적으로 배출</li> <li>• 주로 인위적인 활동이 원인</li> <li>• 오염물질의 이동은 파이프나 하수도를 통하여 이루어진다.</li> <li>• 인위적인 활동에 따른 변화</li> <li>• 차집이 용이, 처리효율이 높다.</li> <li>• 계절적인 변화가 크지 않음</li> <li>• 배출기능만 수행(인위적으로 처리시설을 설치해야 함)</li> </ul>
	소점원	소규모공장, 정화조, 소규모축사	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 부하점이 적다.</li> <li>• 유역에 넓게 분산되어 있어 비점원과 유사하다.</li> <li>• 유사 비점원 오염이라고도 하여 비점원 취급을 할 수 있다.</li> </ul>
비점원		시가지, 논, 초지, 밭·과수원, 산지, 건설현장, 매립지, 대기강하물질	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 배출기능과 흡수정화기능을 모두 가질 수 있음</li> <li>• 배출지점이 불명확</li> <li>• 오염원이 넓은 장소에 퍼져있다.</li> <li>• 차집에 어렵고 강우의 영향을 받아 처리효율이 일정하지 않음</li> <li>• 계절에 따른 변화가 심함</li> <li>• 저농도이나 처리해야 할 수량이 많으므로 조절이 어렵다.</li> <li>• 정체수역(호스, 저수지)의 부영양화와 밀접한 관계가 있다.</li> </ul>

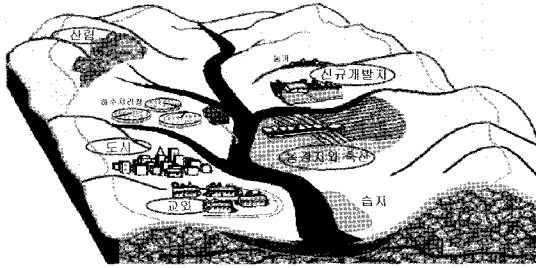


그림 1. 비점오염원 발생 모식도

계로 유입된다. 비점오염원 발생특징은 다음과 같다.

- ① 비점오염물질 발생원이 다양하고 토지, 도로, 수로 등 넓은 지역에 불규칙하게 산재
- ② 비점오염물질은 대부분 강우와 함께 유출
- ③ 강우에 따라서 발생이 돌발적이며 유출량이 급격히 증가
- ④ 유출수량과 유출지속시간이 일정하지 않다.
- ⑤ 초기강우 유출수가 고농도이며 토사, 협잡물 등이 많이 포함되어 있다.
- ⑥ 정화시설을 설치할 경우 강우에 따른 일시적 오염부하량은 크나 연간 총 오염 부하량은 크지 않다.
- ⑦ 수로의 형태, 노면상태, 유역형상 및 강우도달 시간 등 유역의 특성에 따라서 초기강우 발생형태가 달라진다.
- ⑧ 하수도가 정비되지 않은 지역에서 생활오수 등 평상시 오염원이 비점오염원으로 발생
- ⑨ 하수도가 정비되지 않은 지역 또는 합류식 하수도 지역에서 평상시 오염원과 강우시 비점오염원이 함께 유출

- ⑩ 토지이용상황, 하수도정비여부 등에 따라서 오염물질의 종류와 농도가 변한다.

### 3. 비점오염원 관리기술

비점오염원을 효과적으로 관리하기 위한 기본적인 방향은 지속가능한 개발이 가능하도록 생태 및 자연정화기능을 이용하여 2차 오염이 없으며 유지관리가 용이하고, 유역관리 개념에서 볼 때 전체 공사비 및 유지관리비가 저렴한 방법이어야 한다. 이를 위해서는 다음과 같은 사항이 요구된다.

첫째, 초기강우 유출수를 분리하여야 한다. 정화시설의 규모를 최소화하기 위하여 집수구역 면적을 작게 하여 오염도가 높은 초기강우 유출수를 분리하여야 한다.

둘째, 수질정화 효과가 높아야 한다. 비점오염물질 함유수에는 각종 협잡물, 토사, 부유물질, 유기물질, 영양염류 등의 오염물질이 포함되어 있으므로 이들 오염물질을 효과적으로 정화할 수 있어야 한다.

셋째, 정화시설의 신뢰도가 높아야 한다. 정화시설이 홍수 등 자연재해로부터 안전하고 협잡물 등에 의해 폐쇄되지 않고 정화기능이 장기간 지속되어야 한다.

넷째, 유지관리가 쉬워야 한다. 정화시설은 넓은 지역에 다수의 시설이 설치되므로 비숙련 인원으로 간헐적 유지관리가 가능하여야 한다.

다섯째, 소요부지가 적어야 한다. 고효율이며 부지

표 2. 비점오염원 관리기술의 종류

관리유형	관리기술종류
저류형	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 하수관거, 저류연못, 이중목적저류지(우수지활용), 인공습지, 지하저류</li> <li>• 발생지 소규모 저류</li> </ul>
침투형	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 침투지, 침투트렌치, 침투도랑, 침투집수정, 투수성포장</li> </ul>
식생형	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 식생여과대, 식생수로</li> </ul>
장치형	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stormfilter, Stormceptor, Sand Filter, Swirl 장치, 수유입장치(오일/그릴 분리 포함)</li> </ul>
처리형	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 초고속응집·침전시설, 생물학적 처리시설(접촉안정법, 폭기식라군법, 살수여상법, 회전원판법)</li> </ul>

표 3. 비점오염원 저감시설 설치에 따른 각종 효과

구분	효과
수질개선	공공수역의 수질오염의 경감, 하수도시설 부담경감, 하천유지용수 및 건천과 방지용수의 확보
친수개선	도시경관의 형성, 자연생태계의 복원, 레크레이션 기능의 증대, 수변의 환경성 회복, 도시 열섬화의 완화
수량개선	하천평상시 유량의 회복, 잡용수의 확보, 지하수의 확보, 소방용수의 확보
수문개선	수순환 기능 개선, 염수 침입방지, 식생고사방지, 지반침하 방지
홍수방재	도시 수해의 경감, 피크 유출량 감소

를 입체적으로 활용함으로써 정화시설 설치부지 소용이 적어야 한다(표 2 참조).

비점오염원 저감과 우수유출량을 동시에 저감할 수 있는 시설은 다음과 같이 수질개선, 수량개선, 친수개선, 홍수방재 등의 다양한 효과가 있다(표 3 참조).

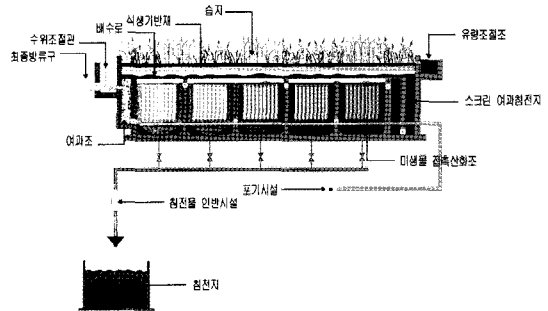
#### 4. 저감장치 개발

##### 4.1 습지병합형 수처리시설<sup>1)</sup>

###### (1) 개요

습지 병합형 접촉산화 수질정화시설은 접촉산화시설의 상부에 습지를 구성한 시설로서, 습지의 생태적 기능과 친수환경적 기능이 부가된 수처리 시설이다. 습지기반설비와 접촉산화 및 여과설비를 수직적으로 병합하여 물리적 정화기능과 생물학적 정화기능을 동시에 수행함으로써 기존의 정화장치에 비해 짧은 시간에 높은 수질정화의 효과를 나타낼 뿐만 아니라, 기존설비와는 달리 물리적으로 안전하여 수량 또는 수위 변동폭이 크거나 토사유출이 빈번한 하천 수변이나 수로 등에서도 장치를 안정적으로 유지할 수 있으며, 또한 모든 설비가 모듈형으로 이루어져 설치 및 관리가 용이한 장점이 있다.

시설 상부에 위치하는 모듈형 습지에서 분해·흡착·침강·여과를 통해 유입된 하천수, 호소수 또는 하수처리수 유출수 등의 오염물을 1차로 제거하고, 2



차로 하단의 모듈형 미생물접촉재 등이 있는 접촉산화 설비를 통해 생물학적 산화 과정을 거친 후, 여과조를 통해 여과를 거쳐 최종 방류시키는 다중처리 수질정화 장치이다.

###### (2) 원리

장치의 상층부에 위치하는 모듈형 습지기반설비를 이용한 분해·흡착·침강을 통해 유입된 하천수, 호소수 또는 유출수 등의 오염물을 1차로 제거하고, 2차로 습지기반설비의 여과기능에 의해 물리적으로 여과하며 3차로 하단의 모듈형 미생물접촉재 등이 있는 접촉산화 설비를 통해 생물학적 산화 과정을 거친 후, 여과조를 통해 다시금 여과 및 접촉산화를 거쳐 최종 방류시킨다.

- 기존 접촉산화의 문제점을 보완한 다중처리 수질정화 방식
- 최상부는 습지모듈에 의한 침전, 산화 및 정수식물에 의한 N, P의 흡수
- 습지모듈 하부의 기능성 식생 기반재에 의한 SS 제거

1) 특허 제0624556호, 특허 제0741019호

- 하부는 접촉산화조로 미생물에 의한 흡착 및 산화분해
  - 방류부는 여과조로 수중 미세부유물질 등을 여과
- 기존 기술들은 다량의 오염물질을 포함하고 있는

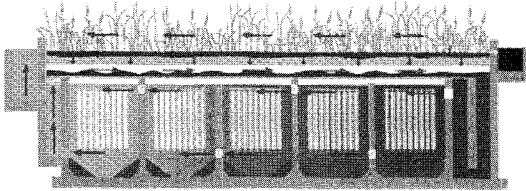


그림 2. 습지병합형 수처리시설 흐름도

초기강우 분리시설이 없거나, 토사 및 협잡물에 의해 기능장애의 우려가 있는 것으로 분석되었다. 또한 부유물질과 용해성 오염물질 및 영양염류의 정화효과가 적은 것으로 조사되었고, 일부의 시설은 특수한 여재

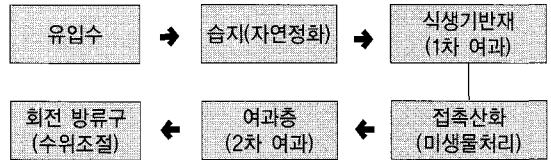


그림 3. 습지병합형 수처리시설 공정도

표 4. 습지병합형 수처리시설과 기타 오염원처리기술의 비교

구분	습지병합형 수처리장치	하상여과법	식생여과습지	자유수면습지	고효율 접촉산화법		
					관상 접촉법	자갈 접촉법	
수	정화할수	◎	◎	◎	○	◎	◎
	오염물질	◎	◎	◎	○	◎	◎
	소독부산물 및 병원성미생물	○	○	◎	◎	○	○
	제거율 및 농도	80~95	80~95	80~90	40	80~90	70~90
	처리수질(mg/L)	SS:2~3 BOD:2~5 P:0.002	SS:2~3 BOD:2~5	SS:1~3 BOD:1~3 P:0.002	-	SS:2~3 BOD:2~5	SS:2~3 BOD:3~8
담체특성	정수식물 토양미생물 관형담체	토양미생물 (모래, 자갈)	정수식물 토양미생물 (토양)	정수식물 (근경부)	관형담체 (PE, PP)	고형형 담체 (자갈)	
친환경성	◎	◎	◎	◎			
활용처	하천, 오수	하천, 정수	하천	하천	하천, 오수	하천	
유지관리	• 퇴적물관리 (1회/8개월) • 기계전기설비관리	• 1회/2년 수령 집수관 청소	• 폐색상태의 관리 • 폐색회복관리 (토양을 파서 교체함)	• 식물바꿔심기 • 식물근의 처리 • 식물보 전체의 관리	• 퇴적물 관리 (1회/8개월) • 기계전기설비관리	• 퇴적물관리 자갈교체 (1회/5~6년) • 포기부슬리기 (1회/3~6개월)	
10,000m당 소요면적(m²)	315~620	20~30	2,310	-	350~690	1,160~2,310	

\* 성남시, 탄천종합기본계획, 2005

표 5. 습지병합형 수처리장치의 장점

구분	내용
(1) 초기우수를 분리하고 저장	<ul style="list-style-type: none"> <li>초기우수를 분리하고 처리할 수 있도록 바이패스 장치를 설치</li> <li>저류조의 수위를 조절할 수 있는 장치 설치</li> </ul>
(2) 다양한 적용성	<ul style="list-style-type: none"> <li>비점오염원저감 시설</li> <li>우수유출저감시설</li> <li>생물서식처 제공</li> <li>우수 재이용</li> <li>경관 향상</li> </ul>
(3) 오염물 정화효과가 큼	<ul style="list-style-type: none"> <li>습지와 정화를 다단으로 거쳐 수질정화효과가 탁월</li> </ul>
(4) 소요부지가 적음	<ul style="list-style-type: none"> <li>공간적으로 콤팩트하게 구성, 소요부지가 적게 소요</li> </ul>
(5) 유지관리가 쉬움	<ul style="list-style-type: none"> <li>상부 습지의 기능으로 인하여 하부 산화조의 유지관리가 용이</li> <li>오염원을 습지에서 제거 → 접촉조 부하량 감소 → 슬러지 인발주기 증가</li> </ul>
(6) 친환경성	<ul style="list-style-type: none"> <li>상부습지의 생물서식처, 경관향상, 수질정화로 친환경적임</li> <li>방류구에 수위조절 기능이 있어 일정 수위 유지 → 생태적으로 안정</li> </ul>
(7) 경제성	<ul style="list-style-type: none"> <li>수질정화효율이 높음</li> <li>소요부지가 적게 소요</li> </ul>

를 사용함으로써 특수여재의 지속적 공급에 대한 필요성이 있는 것으로 분석되었다. 습지병합형 수처리 장치와 유사한 용도로 활용가능한 기술에 대하여 표 4에 비교 정리하였다.

(3) 습지병합형 수처리시설 처리효율  
 ○○대학교 하수처리장 방류수를 이용하여 다음과 같은 결과를 얻었다(표 6, 7 참조).

표 6. 수질 항목별 제거 효율(%)

항목	BOD	COD	SS	T-N	T-P
습지모듈조에서 제거 효율(%)	28.9	-	74.8	3.8	5.5
접촉산화조에서 제거 효율(%)	30.3	76.2	47.0	1.7	3.9
총 오염물질 제거 효율(%)	50.5	76.2	86.6	5.5	9.2

표 7. 수질 항목별 1일 제거량 및 원단위 제거량

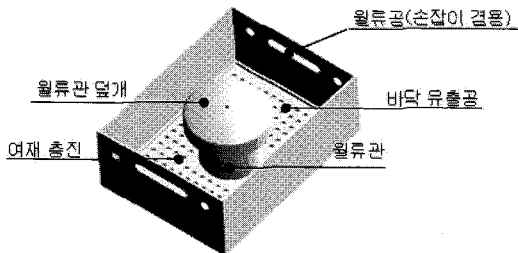
항목		BOD	COD	SS	T-N	T-P
유입량(g/day)		98.7	112.6	82.3	388.9	104.9
습지모듈	제거량(g/day)	6.1	7.9	30.7	8.4	1.6
	원단위 제거량(g/m <sup>2</sup> .day)	3.5	4.5	17.5	4.8	0.9
접촉산화	제거량(g/day)	43.6	9.0	25.0	1.7	5.1
	원단위 제거량(g/m <sup>2</sup> .day)	21.8	4.5	12.5	1.9	2.6
여과모듈	제거량(g/day)	7.1	15.6	1.9	0.1	4.4
	원단위 제거량(g/m <sup>2</sup> .day)	22.5	49.4	6.0	0.3	13.9
총 제거량		56.9	32.5	57.5	10.2	11.1

- 습지모듈의 면적 : W0.5×L0.5×7조 = 1.75m<sup>2</sup>
- 접촉산화조 용적 : W1.0×L1.0×H1.0×2조 = 2m<sup>3</sup>
- 여과모듈 면적 : W0.27×L0.39×3조 = 0.316m<sup>2</sup>
- 평균유량 10.1m<sup>3</sup>/day

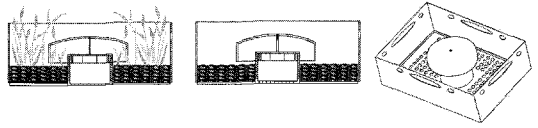
## 4.2 다층여과모듈<sup>2)</sup>

### (1) 개요

다층여과모듈은 간단한 장치 구현과 무동력 시스템으로 경제적이며 현장의 특성에 맞는 다양한 여재의 선택으로 높은 처리효율을 구현할 수 있다. 또한 용수처리 및 초기우수처리(도로면 배수처리)로 인한 공공수역의 수질 보전 등 다양한 적용이 가능하다. 침투통과 도로 우수받이 등에 이용되는 다층 여과모듈시스템은 소요면적이 적고 유지관리가 용이하며 저비용으로 오염수를 여과처리하기 위한 모듈로서 모듈의 형태는 원형, 장방형 및 정방형이며, 바닥엔 다수의 구멍이 있고 중앙엔 특수하게 고안된 월류관이 있다. 모듈은 현장의 특성에 맞게 적층으로 설치하거나, 수평으로 설치되며 각 모듈에는 종류 및 입경이 다른 다수의 여재를 채용할 수 있다.



### (2) 구조적 특징

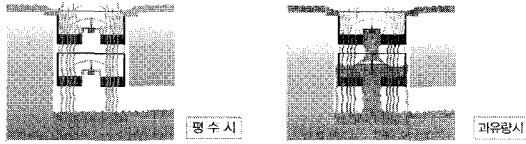


- 바닥배수공 : 여재를 통과한 물이 배수
- 중앙 월류통 : 여과재의 투수속도 이상으로 물이 유입될 때 하부여과 모듈로 물 이류
- 중앙 월류통 덮개 : 상부 모듈의 중앙 월류통에서 이류되는 물이 부딪혀 분산됨으로써 여과 모듈 전체에 분배되도록 함
- 손잡이 : 여과모듈의 유지보수를 위하여 비상 배수기능도 함
- 모듈의 판은 비틀림이나 변형을 막기 위하여 보강
- 여과재를 식재 기반으로 하여 식물식재 가능
- 평수기 : 유입량이 여과재의 투수속도 내로 유입될 때는 각 단의 모듈을 거치면서 정화
- 과유량시 : 유입량이 여과재의 투수속도를 초과하여 유입될 때는 수위가 상승하여 중앙 월류통으로 일부가 배수되며, 배수된 물은 아랫단의 중앙월류통 덮개에 부딪혀 분산되고 여과재 층을 통하여 정화된다. 중앙월류통의 덮개 하단이 월류통의 상단 보다 아래에 위치하여, 배수시 수면에 부유된 물질은 빠져나가지 않는다.

표 8. 기술의 특성

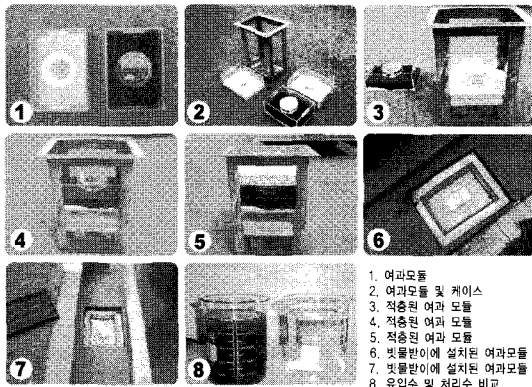
특 징	내 용
경제적 시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 별도의 구조물 불필요</li> <li>• 무동력 시스템</li> <li>• 초기 투자비용 절감</li> </ul>
높은 처리효율 및 친환경성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 간단한 장치 구현</li> <li>• 반영구적</li> <li>• 유지관리비 저렴</li> </ul>
유지관리 편의성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 여재를 다양하게 채용할수 있어 높은 처리효율 구현</li> <li>• 초기우수대책으로 공공수역의 수질 보전</li> <li>• 설치, 이동 및 해체 용이</li> <li>• 추가 또는 설치 간편 → 상황 대처능력 우수</li> <li>• 여과 기능이 떨어진 모듈만을 보수, 교체</li> </ul>
우수한 적용성 및 신규성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 용수처리 및 우수처리(도로면 배수처리) 등 다양한 적용</li> <li>• 현장의 특성에 맞게 다양한 종류의 여재를 선택적 사용</li> <li>• 침투시설과 병행사용</li> </ul>

2) 특허 제0624556호, 특허 제0741019호



(3) 다층여과모듈 시험

다층여과모듈은 W270mm×L385mm×H155mm (월류통의 높이 105mm)의 장방형의 형상이며, 중앙에 직경 150mm(외경은 170mm)의 월류통이 위치하고 있다. 여과모듈의 유효 용적(여채층 깊이 10mm)은 8.13 L이다. 여과모듈은 3단으로 적층하여 구성되었으며, 제1단은 직경 2~3cm의 자갈이 충전되어 협잡물의 포획 기능을 담당하도록 하였다. 시험 초기 제2단과 제3단은 안쓰라싸이트과 수도용 여과사를 각각 충전하였으나, 모래와 안쓰라싸이트의 여과기능에 별다른 차이를 발견하지 못하였으며, 시험 후기에



1. 여과모듈  
2. 여과모듈 및 케이스  
3. 적층된 여과 모듈  
4. 적층된 여과 모듈  
5. 적층된 여과 모듈  
6. 빗물받이에 설치된 여과모듈  
7. 빗물받이에 설치된 여과모듈  
8. 유입수 및 처리수 비교

표 9. 다층여과모듈 시험결과

채수일	BOD(mg/l)			COD(mg/l)			SS(mg/l)		
	원수	처리수	제거율(%)	원수	처리수	제거율(%)	원수	처리수	제거율(%)
20060420	33.4	8.7	74.0	130.7	13.7	89.5	1,140.0	60.0	94.7
20060423	58.4	35.8	38.7	46.0	28.0	39.1	540.0	240.0	55.6
20060506	142.2	2.5	98.2	136.0	11.0	91.9	2,377.0	32.8	98.6
20060506	115.2	11.2	90.3	144.0	29.0	79.9	866.0	149.6	82.7
20060508	35.0	2.3	93.4	72.0	7.6	89.4	936.0	6.4	99.3
20060510	136.0	3.4	97.5	100.0	7.0	93.0	768.0	4.0	99.5
20070419	15.0	1.7	88.7	26.3	2.4	90.9	188.6	2.8	98.5
평 균	76.5	9.4	87.7	93.6	14.1	84.9	973.7	70.8	92.7

는 제2단과 3단 모두를 10mm 길이의 모래로 교체하여 시험하였다.

도로면 초기 우수의 처리를 목표로 한국토지공사 내에 여과모듈을 설치하여 분석하였다.

원수의 농도는 강수량, 선행미강우일수, 노면의 청소상태 등의 영향을 받는다. 원수의 농도는 범위가 매우 넓게 분포하고 있었으며, 특히 SS는 매우 높은 농도로 조사되었다. 조사 분석된 오염물질의 농도는 BOD 15.0~142.2mg/L(평균 76.5mg/L), COD 46.0~144.0mg/L(평균 105.1mg/L), SS 188.6~2,377mg/L(평균 973.7mg/L) 였다.

처리효율은 SS 뿐만 아니라 유기물질에서도 매우 높은 처리효율을 보였다. BOD, COD, SS의 평균 처리수질은 각각 9.4mg/L(평균제거율 87.7%), 14.1mg/L(평균제거율 84.9%), 70.8mg/L(평균제거율 92.7%)였으며 1년이 지난 후에는 처리효율이 약간 떨어졌으나 대체로 양호한 것으로 나타났다(표 9 참조).

5. 활용방안

5.1 저감시설의 필요성

지속가능한 개발은 인류의 생존을 위하여 필수적인 요소일 뿐만 아니라 시대적 흐름이다. 이를 반영



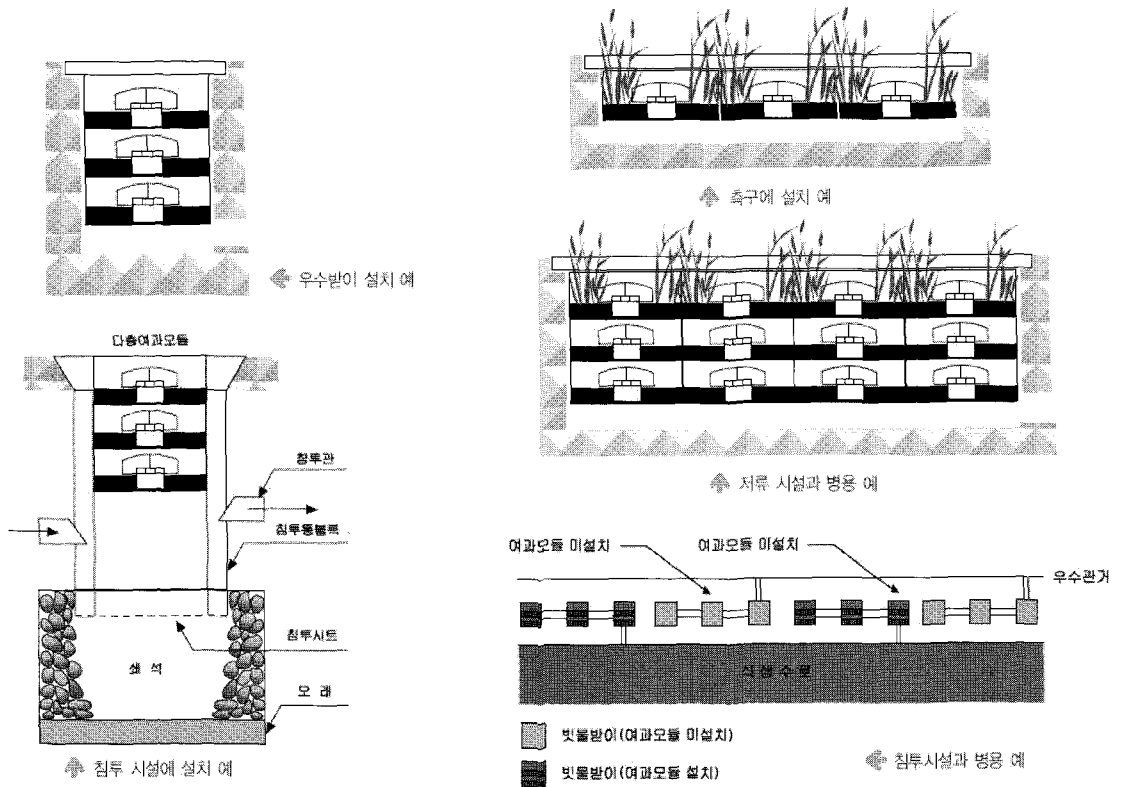


그림 4. 다층여과모듈 시스템의 설치 예

하여 현재 친환경개발, 생태도시, 환경 및 생태계 복원 등 다양한 용어들이 유행하고 있으나 지속가능한 개발을 위한 가장 기본적인 방향은 개발로 인한 영향을 최소화시키는 것이며 더 나아가 훼손된 환경 및 생태계를 복원하는 것이다.

단지를 조성할 때에도 시민들의 환경에 대한 높아진 인식과 관심에 맞추어 친환경적인 단지를 조성하기 위하여 생태공원, 친수환경, 생태연못, 실개울, 자연형하천, 우수재활용방안, 우수유출저감방안, 수환경, 생태통로 등 다양한 시도가 이루어지고 있으며, 각종 환경영향평가나 재해영향평가에서는 개발에 따른 다양한 영향을 검토하여 저감대책을 수립하여야 한다. 이때 우수 유출과 공공수역의 수질에 대한 영향도 검토 대상이다.

과거에는 주로 점오염원만 관리의 대상이 되었으나 초기우수와 관련된 비점오염원이 공공수역에 미치는 영향이 심각함을 인식하면서 사회적으로 이에 대한 대책이 요구되고 규제도 강화되고 있어 이에 대한 적극적인 대처가 필요하다.

## 5.2 장치의 특성

각각의 방안들은 각기 다른 특성을 가지고 있으므로 그 상황에 맞는 가장 타당한 방안을 선택하여야 한다. 따라서 본 사업에서 개발된 다목적 습지병합형 수처리장치와 다층 여과필터의 타당한 적용방안을 도출하기 위해서는 각 특성을 정확히 파악하여야 한다 (표 10 참조).

표 10. 장치의 특성

구 분	습지병합형 수처리장치	다층여과필터	비 고
적용목적	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수질정화</li> <li>• 우수재이용</li> <li>• 우수유출저감</li> <li>• 친수공간</li> <li>• 생태습지</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수질정화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 침투시설과 병용하여 사용가능</li> </ul>
주요정화기작	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 침전</li> <li>• 여과</li> <li>• 흡착</li> <li>• 식물섭취</li> <li>• 미생물의 산화 환원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 여과</li> <li>• 흡착</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 물이 지속적으로 공급되는 경우 다층여과습지도 식물과 미생물에 의한 처리도 가능</li> </ul>
시공성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 복잡 ; 구조물 및 운전설비필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 간단</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 적용방법에 따라 다름</li> </ul>
환경성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 좋음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 좋음</li> </ul>	
처리효율	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 입자성오염원 뿐만 아니라 용존성 유기물 및 영양염류 제거</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주로 입자성 오염물을 제거</li> </ul>	
경제성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 상대적으로 나쁨</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 좋음</li> </ul>	
유지관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 습지여재 교체, 슬러지 인발 등 유지관리비용 소요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 필터여재 교체</li> </ul>	
소요면적	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 많은 면적 소요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 적은 면적 소요</li> </ul>	
적용성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 상대적으로 제한이 많음</li> <li>• 수원 공급이 가능한 곳에 적용</li> <li>• 용존성 성분이 많은 곳에 유리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 상대적으로 제한이 없음</li> <li>• 입자성 오염원이 많은 곳에 유리</li> </ul>	
적용 가능한 토지이용용도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 광장, 공원녹지, 하수처리장, 우수지, 하천,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제한이 거의 없음</li> </ul>	

위의 특성비교에서 알 수 있는 바와 같이 습지병합형 수처리시설을 적용하기 위해서는 기본적인 공간이 필요하므로 광장, 공원녹지, 하수처리장, 우수지 및 하천 등 비교적 부지가 넓고 수원이 공급될 수 있는 곳에 설치하는 것이 바람직하며 구조물 및 시설의 초기 투자비용이 많이 소요되므로 처리용량이 일정규모 이상이 되고 용존성 오염원이 많거나 보다 엄격한 수질기준을 요구하는 곳에 설치하는 것이 유리하다.

반면에 다층여과필터는 소요부지가 적게 소요되어 토지이용 용도상에 지장을 받지 않으며 설치가 용이할 뿐만 아니라 소요비용도 저렴하여 수처리 분야 전반에 걸쳐 다양하게 적용될 수 있다. 예로 습지병합형 수처리 시스템의 말단에서 고액분리의 수단으로서 접촉산화조에서 유출되는 미세 미생물플록의 제거에 사용가능하며, 도로의 우수처리용으로서 도로면 우수받이에 간단히 설치하여 초기 우수중 오염물질의 분리가 가능하다.

기타 고액분리를 필요로 하는 곳에 처리 대상 수질과 프로세스의 특성에 따라 충전 여재를 적정하게 선정하여 적용하면, 매우 양호한 처리수질을 얻을 수 있다. 특히 다층 여과필터는 모듈화되어 있어서, 소규모 처리장 고도처리의 대안적 방법으로 활용할 것으로 사료된다. 그러나 오염원 처리기작이 입자성 오염원을 제거하는 여과에 의존하고 있어 용존성 오염원이 주된 경우에는 단독으로 사용시 처리효율이 좋지 않다.

### 5.3 적용안

습지병합형 수처리 장치를 다양한 기능과 효과로 적용 범위는 넓으나 토지공사의 경우 평면적인 면적은 사업의 타당성과 연관이 되어 쉽게 본 장치를 단지 내에서 적용하는 데에는 공간적이 제약이 있다. 따라서 별도의 수질오염저감시설을 설치할 수 있는

평면적인 공간을 별도로 마련하지 아니하고 할 수 있는 방법은 습지, 하천, 생태공원 등의 비오름 등 친수 공간계획을 수립하고자 하는 곳이나 환경영향평가나 재해영향평가에서 제시되는 환경영향저감시설이나 재해영향저감시설을 이 습지와 함께 다목적으로 활용하는 방법이다.

단지 내에서 습지병합형 수처리 장치를 활용할 수 있는 방안은 다음과 같다.

(1) 저류지의 다목적 이용 방법

- 저류지를 홍수저감시설로만 이용하는 것이 아니라 공간으로 적극적으로 생태공원 및 친수공간을 만들려는 시도가 있었으나 친수공간으로 연못이나 습지를 조성하는 경우 수질 관리에 어려움이 있었다. 따라서 수질관리에 대한 대안으로 저류지내의 습지나 호수와 연계하여 우기시는 초기우수를 정화하고 평상시는 호소수의 수질을 정화하는 방안

(2) 소연못 및 실개울의 수원공급원

- 소연못의 하부나 실개울의 상류부에 습지병합형 수처리 시설을 설치하여 오염수를 정화하고 정화된 물을 유지용수로 이용하는 방안

(3) 하천의 고수부지, 공원 등

- 하천 생태계 복원 및 공원 내의 생태거점으로 이용하는 방안

다층여과장치는 설치 상에 공간적인 제약이 거의 없을 뿐만 아니라 설치도 용이하고 경제적이며 입자성 오염원이 주를 이루는 비점오염원의 경우 제거효율도 우수하여 다양하게 이용가능하다.

(1) 도로

- 도로 측구나 빗물받이 내에 설치하여 초기 우수저감시설로 이용하는 방안

(2) 단지 배수로

- 배수로 내에 설치하여 초기 우수저감시설로 이용하면서 상부에는 식생을 도입하여 생태공간으로 이용하는 방안

(3) 전처리시설

- 침투측구나 침투통 등의 내부에 설치하여 지하수의 오염을 막거나 침투트렌치 등의 전처리 시설로 이용하는 방안

(4) 후처리시설

- 수처리 장치의 말단부에 설치하여 후처리 시설로 이용하는 방안

6. 결론

비점오염 저감 장치의 적용성 검토결과 다층여과모듈은 소요부지면적에 제약이 많은 단지 내에서 소규모로 비점오염원을 저감시키기 위한 방안으로 적절하며 다목적 습지병합형 수처리시설은 소요부지면적의 확보가 용이하고 수원의 공급이 용이한 지역으로 친수공간이나 생태공간계획이 있는 지역으로 고효율처리가 필요하고, 처리용량이 크거나 유지유량의 확보 등 다목적으로 이용하는 경우에 적합하다. 따라서 각 지역이 갖고 있는 특성에 맞는 저감장치를 계획함으로써 효율적인 비점오염원 저감방안을 수립할 수 있다.

감사의 글

“비점오염저감장치개발”은 한국토지공사 중소기업기술개발 지원사업으로 개발 완료한 것으로 기술개발을 위하여 예산확보 및 추진절차에 대하여 협조해 주신 한국토지공사에 심심한 감사를 드립니다.

참고문헌

주식회사 에스디알앤디, 한국토지공사, 비점오염 저감장치 개발, 2006

경기도 보건환경연구원, 비점오염원 관리방안, 2001  
과학기술부, 우수 저류 및 활용기술 개발, 한국건설  
기술연구원, 2004  
김갑수, 김영란, 우수유출 저감시설 기준연구, 서울  
시정개발연구원, 1998  
김영란, 서울시 초기우수처리 대책 연구, 서울시정개  
발연구원, 2005  
김진관, 유역개발에 따른 최적 환경용량산정에 관한  
연구, 2005. 11  
서울시정개발연구원, 우수유출을 저감 대책, 1995  
서울특별시, 우수유출저감시설 시범사업 검토연구,

2000  
이상호 외 3인, 자연형 하천으로의 정비방안 연구, 서  
울시정개발연구원, 1996  
한국토지공사, KOLAND형 단지설계기법, 2001  
한국환경정책평가연구원, 농촌지역 비점오염원 관리  
방안연구, 1998  
한국환경정책평가연구원, 도시지역 비점오염원 관리  
방안연구, 1997  
한국환경정책평가연구원, 비점오염원의 제도적 관리  
방안, 2000  
환경부, 비점오염원 관리업무 편람, 2005. 3