

식물정화조를 이용한 공업용 폐수의 정화 및 재활용 사례^{1*}

김혜주² · 이옥하³

The Case of Industrial Factory Wastewater Treatment and Reusing by Using of Constructed Wetland^{1*}

Hyea-Ju Kim², Ok-Ha Lee³

요 약

유기물이 함유된 공업용 폐수(2차처리수)의 수질을 정화하기 위해 2000년 7~10월에 친환경적인 방법인 식물정화조를 조성하여 하천의 수질 및 지하수를 보전하고 공업단지내에서 생물서식공간과 휴게공간을 제공하고자 본 실험을 진행하였다. 식물정화조의 크기는 10m×6m(상부면)로 1일 처리용량은 2.5m³였다. 폐수는 1일 4회, 6시간 간격으로 0.625m³씩 나누어 처리하였다. 처리효율을 높이기 위해 수직흐름방식을 채택하였고, 배수층은 모래와 자갈을 2:1의 비율로 혼합하여 깊이 1.0m로 조성하였다. 식물정화조 내에는 갈대, 부들, 풀, 노랑꽃창포 등의 다년생 정수식물을 20본/m² 식재하였다. 처리수 재활용 차원에서 생물종다양성을 증진시키는 자연형 연못을 조성하였으며, 이를 환경교육장으로 활용하기 위해 관찰데크, 안내해설판 등을 도입하였다. 실험결과 BOD₅, COD, T-N, T-P 등의 제거에 상당한 효과가 있는 것으로 나타났고, 생태계 모니터링 결과, 생물서식공간(비오름)으로서의 기능이 점진적으로 향상되고 있는 것으로 나타났다.

주요어 : 수질정화, 자연형 연못, 생물서식공간, 비오름, 정수식물

ABSTRACT

Constructed wetland was built for industrial factory wastewater treatment with environmentally sound method from July to October, 2000. Ultimately this case study was carried out to conserve water quality of river and underground water and to provide wildlife habitat and rest place for people in the industrial area. The size of constructed wetland was 10m×6m (upper area) with a treatment capacity of 2.5m³ per day. It was supplied with wastewater 0.625m³ at intervals of six hours. Vertical flow system was chosen to promote

* 본 연구는 경기도 지방의제 사업인 '푸른경기 21'의 2000년도 실천과제의 일부로 수행하였음.

1 접수 5월 31일 Received on May 31, 2002

2 김혜주자연환경계획연구소 Institute of Landscape Planning Hyea-Ju Kim, 336-2303, Byeksan-apt, Suwon-si Gyeonggi-do, Korea (hjzigi21@dreamwiz.com)

3 서울대공원 동식물연구실 Zoological and Botanical Research Center, Seoul Grand Park, 159-1, Makgye-dong Gwacheon-si, Gyeonggi-do, 427-080, Korea (okhalee@dreamwiz.com)

efficiency. Draining layer was built one meter in soil depth out of sand mixed with pebbles in a ratio of two to one. Perennial emergent plants, *Phragmites communis*, *Typha orientalis*, *Juncus effusus*, *Iris pseudoacorus*, 20 individuals per square meter were planted. In the aspect of reusing, eco-pond was created for increasing biological species diversity and also deck and information signboard were established for the education of environment. As the result of monitoring, it was revealed that the constructed wetland was effective in removal of BOD₅, COD, T-N, T-P and has being gradually improved as a wildlife habitat(biotope).

KEY WORDS : WASTEWATER TREATMENT, ECO-POND, WILDLIFE HABITAT, BIOTOPE, EMERGENT PLANTS

서론

지구환경의 주 구성 요소는 생물적 요소와 무생물적 요소인 토양, 물, 공기 등이다. 산업화가 이루어지기 전까지 인간은 무생물적 요소의 수용 한계를 깨닫지 못하였다. 그러나 인간은 산업화를 고도로 진행시키면서 무생물적 환경의 수용 한계를 인식하게 되었으며 생태계의 구성원으로서 보다 신중히 다루어야 함을 알게 되었다. 특히 그 중에서 물은 인간 문명의 발달에 중요한 역할을 하였고, 다른 한편으로는 환경문제의 심각성을 최초로 알게 해 준 요소이다. 인구가 밀집된 옛 도심의 하수는 질병을 유발하여 많은 인명피해도 가져왔다. 이것을 계기로 1868년 영국의 Brite Sir Edward Frankland가 처음으로 생활하수 처리를 위해 점토, 자갈, 모래를 필터로 이용하였고, 그 후 미국과 다른 유럽의 도시에도 유사한 방법을 통해서 하수를 처리하였다(LfU, 1998). 그러나 이와 같은 토양필터 시설을 설치할 수 없는 대도시에서는 1874년 Hamburg의 사례처럼 커다란 웅덩이에 하수를 모아서 침전시키는 방식을 채택하였지만 결국 웅덩이의 물이 하천으로 유입되어 상수의 오염으로 이어졌다. 1867년에는 Frankfurt에 하수관이 설치되고, 1887년에 처음으로 하수의 물리적 처리장이 등장하게 되었다(Wissing, 1995). 그 후 강력한 의무사항으로 정하여 지표수와 지하수 오염을 방지하려는 노력을 기울였으며, 생활하수는 물론 공업용 폐수처리에 대한 생물적, 화학적 또는 물리적 처리기술은 날로 발달해왔다. 특히 19세기 중반에는 육수학자 사이에 생물적 자정능력에 대한 관찰과 식물을 이용한 수처리 효과에 관심이 증대되기 시작하였는데, 식물을 이용하여 맨 처음으로 수처리를 시도한 사람은 독일

Max-Planck 연구소의 Kaethe Seidel이었다. 그는 골풀류(*Schoenoplectus lacustris*)와 갈대(*Phragmites australis*) 등과 같은 정수식물을 이용하여 하수를 처리하는 시스템을 고안하였고, 1960년대 말부터 여러 학자들, 특히 Kickuth에 의해 Seidel의 시스템은 더욱 발전하게 되었다.

미국의 경우 NASA에서 위성의 폐쇄 환경내 수질과 대기질 개선을 위한 부수식물 처리시스템(Floating Plant Treatment System)을 고안하였으며, 그 이후 토양과 정수식물 뿌리 기관의 여과처리 기능을 극대화한 토양·정수식물 여과처리시스템(Rock/Emergent Plant Treatment System)으로 이어졌다. 1979년 캘리포니아 대학에서 열린 수경배시스템에 관한 학술회의(Davis Conference)를 계기로 식물을 이용한 수질 정화 시스템의 실용화 설계가 진행되었다(공동수 등, 1996). 현재 미국에서도 많은 식생정화시설이 설치되어 가동되고 있는 것으로 알려져 있으며, 특히 미국 환경보호청(EPA, 1988)에서는 식물정화시설 설계지침서(Design Manual, Construction Wetlands and Aquatic Plant Systems for Municipal Wastewater Treatment)를 발간하기도 하였다.

오늘날 식물정화조 시스템은 우점하는 식물에 따라 부유식물법(Free Floating System), 정수식물법(Rooted Emergent System), 침수식물법(Submergent System)으로 분류되며, 오·폐수의 흐름과 산소전달체계에 따라 지속적인 하수공급방식인 수평흐름방식(FWS, Free Water Surface System), 일정간격의 하수공급방식인 수직흐름방식(VFS, Vertical Flow System), 수평과 수직흐름방식의 혼용(SFS, Subsurface Flow System) 방식으로 분류된다(EPA, 1988; 1995; Thomp-

son, 1997; Bahlo and Wach, 1992). 식물정화조의 원리는 여과와 흡착작용 및 토양내의 뿌리에 살고 있는 미생물의 활동성에 의한 상호작용의 결과이다. 따라서 식물정화작용의 효능은 토양내의 공극이 존재하는 경우에 한하여 가능하고, 공극이 줄어들수록 정화기능이 떨어지게 된다. 정화조의 수명은 하수의 종류에 따라서 평균 5년에서 10년 정도이며 (Wissing, 1995), 시스템의 종류, 식물의 종류, 온도, 토양입자의 크기, 혼합비 등에 따라 정화기능에 큰 차이가 생기는 것으로 알려져 있다 (Mueller, 2000; Wissing, 1995). 그러므로 정화시킬 물의 특성에 따라 적절한 정화조 시스템을 결정하는 것은 매우 중요하다. 오늘날의 식물정화조는 하수는 물론 공업용폐수, 우수 및 하수의 혼합물, 퇴비장의 침출수 등을 정화하는 데에도 응용되어지고 있다.

식물정화조에 관한 국내에서의 활용은 아직까지 연구 및 실험사업 수준에 그치고 있으며, 우수 및 하수 정화에 관한 기초적인 수준의 연구들이 진행되었다 (안윤주, 1992; 김도선, 1998; 옥승천, 1999; 정동양, 1999; 온수진, 1999; 이옥주, 2000; 양홍모, 1999; 2001a; 2001b). 식물을 이용한 우수의 정화처리 및 생물서식공간 조성에 대하여는 김귀곤 등(2000)과 이은희(2001)가 조성한 사례가 있지만, 그 외에는 연구가 거의 없는 실정이며, 아직까지 국내에서는 공업용 폐수를 식물정화조에 의해 처리한 사례는 연구된 바가 없었다.

따라서 본 연구는 유기물이 함유된 공업용 폐수처리를 위한 친환경적인 방법인 식물정화조의 활용성 및 유용성을 검토하고, 아울러 처리수의 재활용을 통한 공업단지내의 생물서식공간과 휴게공간을 조성하는 사례를 제공하고자 진행하였다.

재료 및 방법

1. 연구대상지 개황

대상지는 경기도 용인시 기흥읍 S전자의 폐수처리장과 연구시설이 포함된 그린센터 내의 평지에 위치하며, 주변에는 갯나무조림지와 참나무림으로 구성된 낮은 산과 지방2급 하천인 오산천 및 그 지류인 농서천이 위치하고 있었다. 농서천의 좌안은 경작지이며 우안에 본 대상지가 위치하고 있어 식물정화조 및 자연형 연못 조성시 다양한 생물종의 서식

공간으로서의 기능을 발휘할 수 있을 것으로 판단되었다.

2. 연구대상지 조성

본 연구대상지는 크게 수질정화를 목적으로 하는 식물정화조(constructed wetland)와 생물서식공간(biotope)의 이용을 목적으로 하는 자연형 연못(eco-pond)으로 구성되며, 2000년 3~5월에 기본 및 실시설계를, 2000년 7~10월에 공사를 시행하였고, 식재공사는 같은 해 9월초에 완료하였다.

(1) 식물정화조 조성

1) 수원 및 처리용량

식물정화조에 공급되는 수원은 폐수처리장에서 2차 처리된 방류수 중 일부였다. 독일의 경우 한 사람이 하루에 150 l의 하수를 발생시키며(1994년 기준), 이때 수질을 정화하기 위해 수직흐름방식(VFS)의 식물정화조를 설치할 때 3~5m²/인, 지표면흐름방식(SFS)의 경우 5~10m²/인 정도가 필요하다고 알려져 있다(Wissing, 1995). 본 연구에서는 좁은 면적에서 높은 효율을 올릴 수 있도록 수직흐름시스템(VFS)을 도입하였으며, 2차 처리수를 고도처리하기 위해 상부 10m×6m규격(바닥면 9m×5m), 높이 1.2m(배수층 깊이 1.0m)로 조성하여 1일 처리용량을 2.5m³/일로 산정하였다. 이때 2.5m³를 1일 1회 펌핑(4HP)하여 집수조에 일시 저류시킨 후, 0.625m³×4회/일로 나누어 6시간 간격으로 처리하도록 계획하였다(Figure 1).

2) 시스템 구성

식물정화조는 임시 저류장소인 집수조와 식물정화조로 구성되며, 집수조에 저류된 처리수는 펌핑직전 교반기로 1분간 섞은 후, 4HP의 펌프로 자동 펌핑하였다. 이 물은 PE관(D100)에 유입되어 4개의 PE관(D32)으로 분배되어 식물정화조 상부면에 골고루 분사될 수 있도록 조성하였다. 중력압에 의해 수직으로 배수된 물은 배수층을 통과하여 바닥면에 설치된 배수관(D100, PE유공관)을 통해 유출되도록 하였다. 배수층에는 상부에서 바닥면까지 공기가 유입될 수 있도록 공기유입관(D100, PE유공관)을 12개소 설치하였다(Figure 2).

식물지지 기반이자 흡착 및 여과에 의한 수질정화를 목적으로 조성된 배수층(골재층)에 사용된 골재는

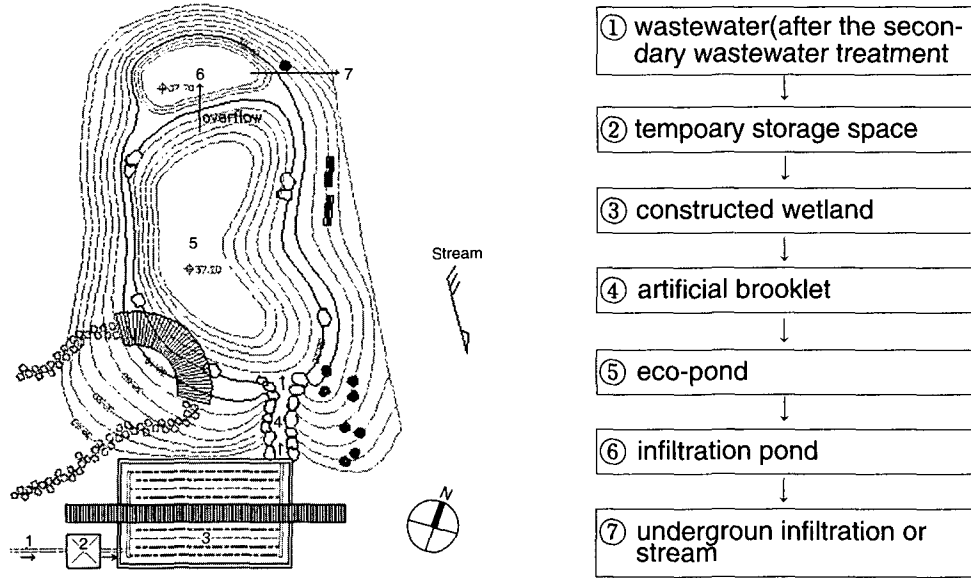


Figure 1. Water flow process on constructed wetland system for wastewater treatment and wildlife habitat

모래(0.063~0.2mm)와 자갈(20~60mm)을 2:1의 비율로 혼합한(Bahlo and Wach, 1992) 것을 사용하였으며, 깊이는 1.0m였다. 일반적으로 골재선택이 처리장의 수명과 처리효율을 좌우하는데, 굵은 입자를 사용하면 처리효율이 떨어지고 세입자의 모래를 사용하면 처리효율은 좋으나 골재의 공급 폐쇄현

상이 쉽게 일어나는 것으로 알려져 있다(Wissing, 1995).

또한 식물정화조 내부에는 식재한 정수식물의 관리를 용이하게 하기 위해 작업용 이동데크(폭 1.0m)를 설치하였으며, 부가적으로 방문객들의 이동을 원활하게 하는 목적도 지녔다.

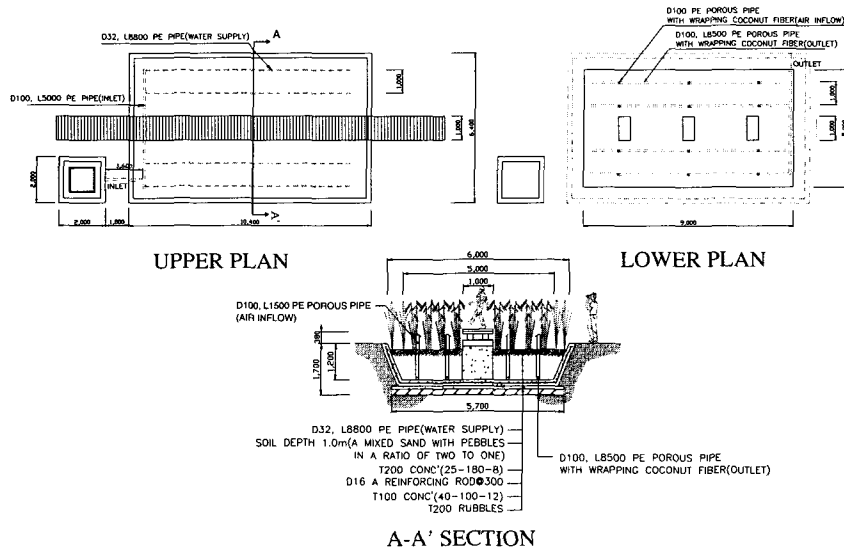


Figure 2. Plan and section of constructed wetland system

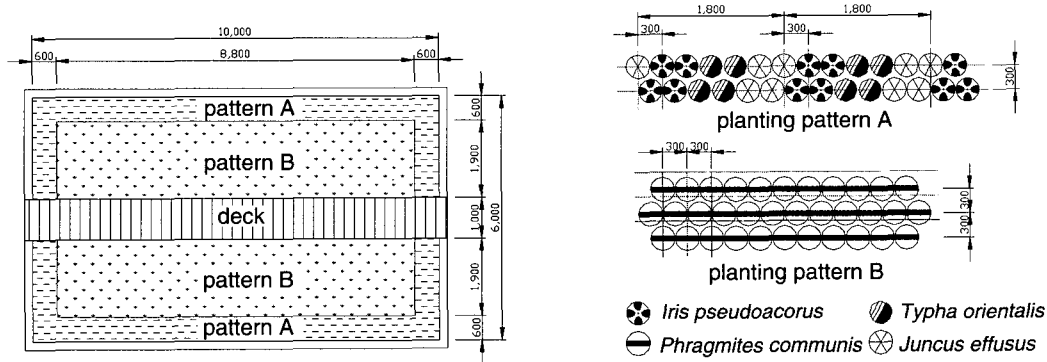


Figure 3. Planting pattern in constructed wetland system

3) 식물선정 및 식재방법

다년생 식물로 겨울에도 뿌리가 얼어죽지 않는 자생식물이어야 하는데, 수질 정화능력이 뛰어난 것으로 알려진 정수식물류(EPA, 1995) 중 갈대(*Phragmites communis*), 부들(*Typha orientalis*), 풀풀(*Juncus effusus*), 노랑꽃창포(*Iris pseudoacorus*)를 선정하여 3치포트 규격의 어린 묘를 20본/㎡씩 총 1,052본 식재하였다(Figure 3).

(2) 자연형 연못

식물정화조에서 정화된 처리수는 계류를 거쳐 자연형 연못으로 유입되도록 하였는데, 자연형 연못은 생물서식공간(biotope)을 주목적으로 하는 저류못(150㎡)과 지하수 함양을 통한 토양환경개선을 위한 침투못(28㎡)으로 구성하였다. 자연형 연못 조성원리(Peters, 1992; Rothstein, 1995; 김혜주 등, 1999)에 따라 저류못의 피복토층은 방수층 보호와 생물서식기반의 역할을 동시에 수행하는 층으로 부영양화 방지를 위해 유기물을 함유하지 않은 모래와 자갈을 1:1의 비율로 혼합하여(T20cm) 조성하였다. 생물종다양성을 높이기 위해 호안은 1:2~1:10의 완경사로 조성하였으며, 최고 수심은 1.0m로 다양한 형태의 생물서식공간을 조성하였다. 식물은 다양한 곤충과 조류 유인을 위해 자생종의 습지식물을 도입하는 것을 원칙으로 하였으며, 버드나무를 비롯한 목본 8종 85주, 창포 등의 다년생초본 37종 3,186본을 도입하였고, 식재지 바깥쪽은 출입으로

인한 답압을 줄이고 연못내부로 먼지가 직접 흘러들어 오지 못하도록 연못조성 직후 추가로 잔디를 식재하였다. 침투못은 큰자갈(D8~32mm, T20cm)→작은자갈(D8~16mm, T20cm)→양토층(식재기반, T20cm) 조성 후 달뿌리풀(*Phragmites japonica*)을 식재하여 침투를 극대화시키고 평상시에는 생물서식공간으로 이용될 수 있도록 유도하였다.

그밖에 생태연못 관찰 및 환경교육을 돕기 위해 안내해설판과 관찰데크, 식물명찰, 디딤돌, 그루터기 등을 설치하였다.

3. 모니터링 내용 및 방법

조성직후인 2000년 10월 16일부터 11월 15일까지 약 한달간 식물정화조의 수질정화 처리효율을 알아보기 위해 수질모니터링을 실시하였다. 분석항목은 pH, BOD₅, COD, SS, T-N, NH₃-N, NO₂-N, NO₃-N, T-P 등이었으며, 수질오염공정시험법(환경부, 2000) 기준에 따라 실시하였다. 또한 대상지가 생물서식공간으로서의 기능을 원활히 수행하고 있는지의 여부를 판단하기 위해 동·식물 생태계 변화를 관찰하였다. 식물종은 매달 현장조사를 통해 조성 이후 1년간(2000. 10~2001. 9) 자연이입된 종과 사라진 종을 기록하였다. 동물생태계 변화는 서울대학교 G-7프로젝트팀에서 수행한 모니터링 결과를 참조하였다.

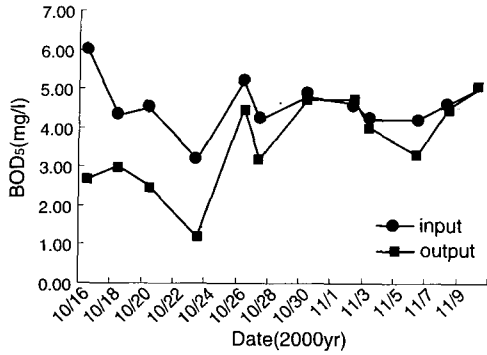


Figure 4. BOD₅ concentration of influent and effluent

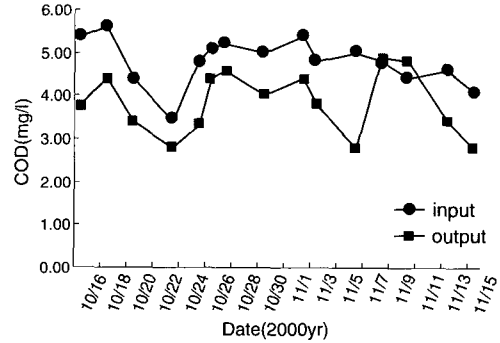


Figure 5. COD concentration of influent and effluent

결과 및 고찰

1. 식물정화조의 수질정화효과 모니터링 결과

식재(2000. 9. 5) 후 40여일이 지난 후(시스템 가동은 준공일인 2000. 10. 5부터 시작)부터 수질 모니터링을 실시하였는데 식물이 완전히 활착되기 전으로서 식물에 의한 직접적인 정화효과보다는 배

수층에 의한 여과 및 침전, 흡착에 의한 효과가 크게 작용하였을 것으로 판단되었다.

(1) BOD₅ 처리

총 12회의 분석결과 BOD₅는 평균 21.48%의 처리효율을 보였으며, 실험 초기에 효과가 높았으며 시간이 갈수록 처리효율이 떨어진 것으로 나타났다 (Figure 4).

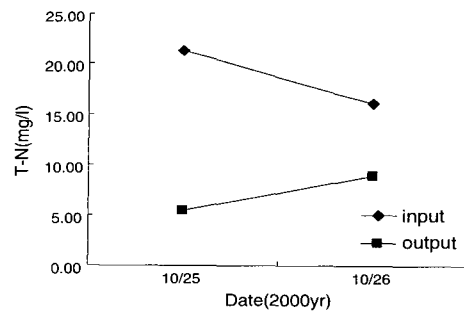
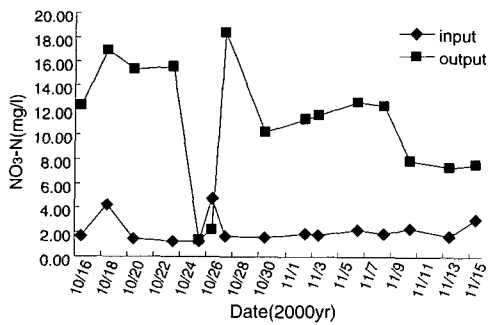
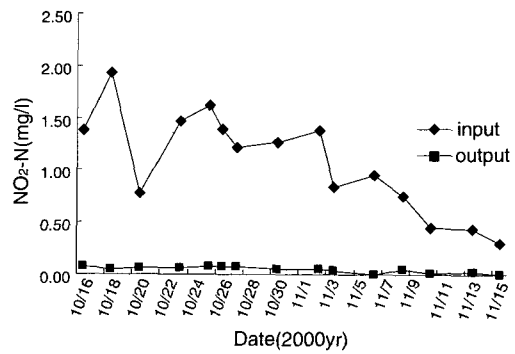
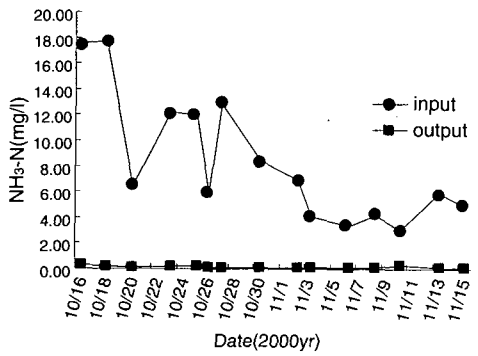


Figure 6. NH₃-N, NO₂-N, NO₃-N, T-N concentration of influent and effluent

Table 1. Total phosphorus concentration and efficient rate after going through the constructed wetland system

Date	A day's volume	T-P	
		In	Out
2001. 4.18	2.5m ³	0.420	0.052
2001. 4.26		0.384	0.056
2001. 5. 3	5.0m ³	0.164	0.048
2001. 5.10		0.184	0.052
2001. 5.17		0.018	0.012
2001. 5.24		0.022	0.016
2001. 6. 7		0.064	0.032
2001. 6.14		0.268	0.023
2001. 6.21	7.5m ³	0.244	0.018
2001. 6.28		0.216	0.024
2001. 7. 5		0.302	0.062
2001. 7.19		0.282	0.148
2001. 7.26	10.0m ³	0.330	0.131
2001. 8.23		0.307	0.110
2001.10.11	15.0m ³	0.284	0.089
Efficient rate		67.94	

(2) COD 처리

총 15회의 측정결과 COD는 평균 19.86%의 처리효율을 나타내었으며, 조사기간 내내 처리효율은 거의 비슷한 수준이었다(Figure 5).

(3) 질소 처리

습지에서 질소는 질산화와 탈질화 과정에서 질소로 전환되어 대기중으로 이동하여 제거되는데, 본 실험결과 T-N은 2회의 측정결과 평균 59.12%의 처리효율로써 매우 효과가 높은 것으로 나타났으며, NH₃-N는 평균 97.78%, NO₂-N은 95.70%의 처리효율을 보였다. NO₃-N은 수치가 증가하였는데 이는 질산화과정의 일부로 질소의 제거효율이 높음을 의미한다(Figure 6). 앞으로 식재한 정수식물이 완전히 성장한 이후에는 효율이 더욱 높아질 것으로 생각된다.

(4) T-P 처리

T-P의 경우 2000년도에 분석한 자료가 없었기 때문에 2001년 4월부터 10월까지 조사한 데이터를 사용하였다. 2001년의 경우 처리용량을 계획당시보다 증가시켜 처리하였는데(5.0~15.0m³), 평균처리효율은 67.94%로 나타났다(Table 1, Figure 7).

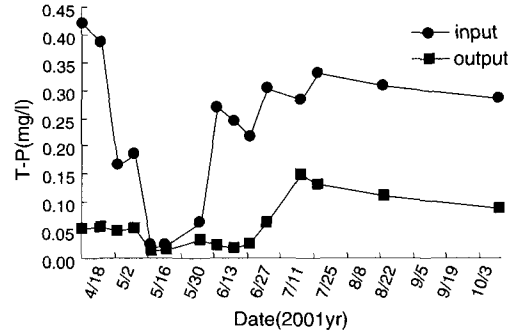


Figure 7. T-P concentration of influent and effluent

(5) 기타

pH 농도는 유입 전보다 유입 후에 알카리 수치가 높아졌는데(Figure 8), 보통 콘크리트의 알카리성 성분은 pH를 높이는 원인이 되며 pH가 지나치게 높아지거나 낮아지면 모든 미생물의 활동이 정지 또는 약해지므로 수질정화능은 물론 식물생육에 악영향을 초래 하는 것으로 알려져 있다(Schroeder, 1993). 따라서 콘크리트 구조물의 경우 일정기간 이상 물로 씻어내고 식물을 식재하여야 하지만 촉박한 일정으로 인해 충분한 시간을 갖지 못한 것에 원인이 있는 것으로 추정되며, 앞으로 식물정화조 조성시 콘크리트 재료 사용은 재고할 여지를 남겨주었다.

2차처리 과정에서 주로 제거되는 SS의 경우 본 연구에서는 6회의 측정을 통해 평균 15.44%의 다소 낮은 처리효율을 나타냈는데(Figure 9), 이는 선행된 2차처리를 통해 이미 정화된 상태에서 유입수의 초기농도가 낮아 효율이 낮은 것으로 추측되었다.

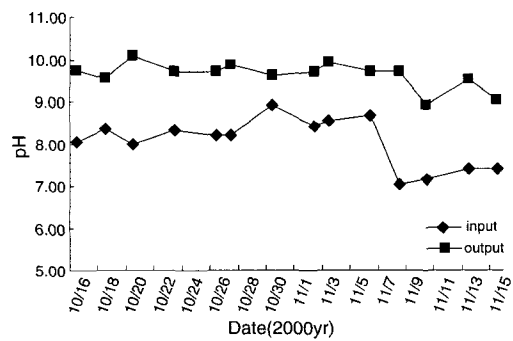


Figure 8. pH concentration of influent and effluent

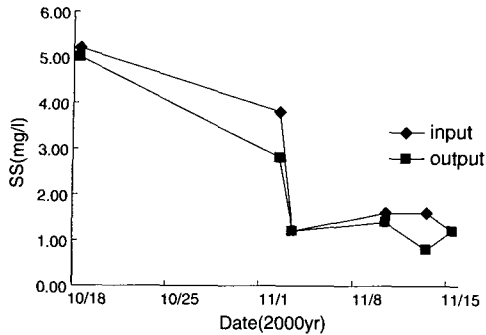


Figure 9. SS concentration of influent and effluent

2. 생태계 모니터링 결과

1년간의 식물생태계 모니터링 결과 도입한 식물이 비교적 성공적으로 활착하고 있는 것으로 나타났다. 2001년 봄철에는 극심한 가뭄으로 인해 도입한 식물들의 성장이 다소 불량하여 호안식생의 발달이 저조하였으나, 장마기 이후에는 점차 성장이 왕성해졌으며 시간이 경과함에 따라 식생의 발달이 양호해졌다. 1년 동안 45종의 도입식물 중 사라진 종은 없었으며, 자연이입 식물종은 연못 조성 전 인근 식생 모니터링시에 조사된 바 있는 초본종들이 출현하였는데, 귀화식물종과 1, 2년생초본식물종이 대부분이었다(Table 2). 이것으로 미뤄볼 때, 아직은 불안정한 생태계로 생물서식공간으로서 안정화 단계에 도달하지 못한 것으로 판단되었다.

양서·과충류 모니터링에서는 조성이전 주변 생태계 조사시에 움개구리 등 5종의 양서류와 무자치 등 4종의 파충류가 확인되었는데(삼성전자, 2000), 조성 이듬해인 2001년 3월에 아무르산개구리 (*Rana amurensis coreana*)의 알이, 6월에는 맹꽁이 (*Kaloula brealis*)의 올챙이 수십 마리가 저류못에서 관찰되어 이곳을 산란장소로 이용하는 것으로 추측되었다(서울대학교, 2002). 따라서 본 사례 연구지는 산림지역과 하천의 점이지대로서 양서류들의 생물서식공간으로 이용되고 있는 것으로 판단되었다. 수서곤충과 육상곤충의 경우 특이한 종은 관찰되지 않았으며, 초기단계라 아직은 생태계가 안정화 단계에 이르지 못한 것으로 판단되었다.

이상의 연구결과를 정리해보면, 산업용 폐수를 고도처리하기 위해 조성한 식물정화조에서의 수질모니터링 결과 BOD₅는 평균 21.48%, COD는 평균 19.86%, T-N은 59.12%의 처리효율을 나타내었으며, NH₃-N과 NO₂-N은 평균 90% 이상의 높은 처리효율을 보였다. SS는 15.44%로 처리효율이 다소 낮았고, pH는 개선되지 않아 장기적인 모니터링이 필요할 것으로 판단되었으며, 콘크리트의 대체재료 선정이 바람직할 것으로 생각된다. 10월초에 완공한 식물정화조는 2개월 동안 시범 운영을 한 후, 동절기를 맞아 동파위험 등으로 인해 가동을 중단할 수밖에 없었는데, 정화조의 적극적인 활용을 위해서는 동절기를 포함하여 연중 가동할 수 있는 시스템이 요구되어진다.

Table 2. Spontaneous influx species in the site

Family name	Scientific name
Equisetaceae	<i>Equisetum arvense</i>
Gramineae	<i>Echinochloa crus-galli</i> , <i>Lolium multiflorum</i> , <i>Setaria viridis</i>
Cannabinaceae	<i>Humulus japonicus</i>
Polygonaceae	<i>Persicaria perfoliata</i>
Chenopodiaceae	<i>Cenopodium glaucum</i>
Caryophyllaceae	<i>Silene armeria</i> , <i>Myosoton aquaticum</i> (<i>Stellaria aquatica</i>)
Cruciferae	<i>Capsella bursa-pastoris</i> , <i>Cardamine flexuose</i> , <i>Cardamine flexuose</i> var. <i>fallax</i> , <i>Draba nemorosa</i> var. <i>hebecarpa</i>
Crassulaceae	<i>Sedum sarmentosum</i>
Leguminosae	<i>Kummerowia striata</i> , <i>Glycine soja</i> , <i>Lotus corniculatus</i> var. <i>japonicus</i> , <i>Trifolium repens</i>
Onagraceae	<i>Oenothera biennis</i>
Compositae	<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i> , <i>Centipenda minima</i> , <i>Erigeron annuus</i> , <i>Conyza canadensis</i> , <i>Lactuca indica</i> , <i>Taraxacum officinale</i>

본 사례연구는 몇 가지 개선해야 할 사항이 있으나, 공장폐수, 생활하수 및 오수, 빗물 등을 정화하고, 이를 재활용하면 물부족 시대에 수자원의 재활용이라는 측면에서 하나의 대안이 될 수 있고, 하천과 지하수 오염을 줄이고 수질을 개선할 수 있는 방법이 될 수 있을 것으로 생각된다. 또한 처리수의 재활용 차원에서 조성한 생물서식공간은 시간이 지남에 따라 점차 안정화되어 그 기능이 향상될 것으로 판단되며, 인근 학교 및 직원들을 위한 환경교육 장소로의 적극적인 활용 및 홍보도 요구된다.

인용문헌

- 공동수, 천세억, 정원화, 김종택, 김종철, 류재근 (1996) 호소내 오염하천 유입부의 식물에 의한 정화 처리 연구(Ⅱ)-수생식물을 이용한 2차하수처리 유출수의 정화-. 국립환경연구원보 18: 280-315.
- 김귀곤, 김혜주, 이재철, 김종섭, 장혜영, 손삼기 (2000) 물순환 개선 및 생물다양성 증진을 위한 우수저류 및 침투시스템에 관한 연구. 한국환경복원녹화기술학회지 3(2): 53-65.
- 김도선(1998) 군부대 오수처리를 위한 인공습지 이용에 관한 연구. 강원대학교 석사학위논문, 138쪽.
- 김혜주, 강효석, 이효상(1999) 자연형 연못설계의 기본원칙. 환경과 조경 99년 1월호, 70~74쪽.
- 삼성전자주식회사 신우회(2000) 푸른경기21 2000년도 실천사업-자연 친화적인 생태연못 조성사업. 63쪽.
- 서울대학교(2002) 효율적인 생물서식공간 조성기법. 인쇄중.
- 안윤주(1992) 생이가래를 이용한 수질오염물질 제거 방안 연구. 서울대학교 석사학위논문, 61쪽.
- 양홍모(1999) 수자원보전을 위한 점원 및 비점원 오염물의 자연생태적 친환경적 처리 인공습지 및 연못-습지시스템. 한국수자원학회지 32(5): 111-123.
- 양홍모(2001a) 고수부지를 이용한 여과습지의 수질정화 초기처리. 한국환경복원녹화기술학회지 4(4): 56-63.
- 양홍모(2001b) 담수호 수자원보전을 위한 수질정화 연못-습지 시스템의 초기처리수준. 한국환경복원녹화기술학회지 4(4): 64-71.
- 옥승천(1999) 수생식물을 이용한 수질정화 SYSTEM 개발에 관한 연구. 조선대학교 석사학위논문, 43쪽.
- 온수진(1999) 상추수경재배시스템을 이용한 하수정화. 서울시립대학교 석사학위논문, 53쪽.
- 이욱주(2000) 수생식물의 수질정화 효과에 관한 연구-꽃창포, 박하, 이삭물수세미, 큰피막이, 부들, 노랑어리연꽃, 생이가래에 대하여. 한양대학교 석사학위논문, 61쪽.
- 이은희(2001) 빗물을 이용한 소규모 생태연못 및 습지모형 개발. 한국환경복원녹화기술학회지 4(2): 92-100.
- 정동양(1999) 농어촌 생활하수 문제 해결을 위한 자연친화형 수초·골재 하수처리장. 한국교원대학교 1999년도 한독 환경기술 세미나, 21~38쪽.
- Bahlo, K. and G. Wach(1992) Naturnahe Abwasserreinigung. Planung und Bau von Pflanzenklaeranlagen. 137pp.
- EPA(1988) Design Manual-Constructed Wetlands and Aquatic Plant Systems for Municipal Wastewater Treatment(Report No. EPA-625/1-88-022). Cincinnati, OH, USA.
- EPA(1995) A Handbook of Constructed Wetlands-Vol.1 General considerations. ERIC CSMEE., Columbus, OH, USA, 55pp.
- LfU(1998) Handbuch 4. Bodenfilter zur Regenwasserbehandlung im Misch-und Trennsystem. 115pp.
- Mueller, V.(2000) Betriebssicherheit von Pflanzenklaeranlagen. In WWT awt. (5), pp. 32-34.
- Peters, J.(1992) Naturnahe Teichanlagen. LA beilage 5.
- Rothstein, H.(Hrsg.)(1995) Oekologischer Landschaftsbau. Grundlagen und Massnahmen, Stuttgart(Hohenheim), 266pp.
- Schroeder, D.(1993) Bodenkunde in Stichworten. pp. 79-80.
- Thompson, J.W.(1997) Clean Water Acts. Landscape Architecture(May 1997), pp. 40-45.
- Wissing, F.(1995) Wasserreinigung mit Pflanzen. 207pp.