

침전접촉산화수로를 이용한 수질 개선

김원장* · 박상현 · 김형중 · 김태균¹⁾

농업기반공사 농어촌연구원 수리시험장, ¹⁾진주산업대학교 조경학과

(2001년 6월 4일 접수, 2001년 7월 11일 수리)

Water Quality Improvement Using a Contact Oxidation Canal with Sedimentation Basin

Won-Jang Kim,¹⁾ Sang-Hyun Park, Hyung-Joong Kim and Tae-Kyun Kim¹⁾ (Hydraulic Laboratory, Rural Research Institute, Korea Agricultural and Rural Infrastructure Corporation ¹⁾Department of Landscape Architecture, Chinju National University)

Abstract : A contact oxidation canal system with sedimentation basin was installed to study the efficiency of water quality purification. The primary sedimentation basin with 60 min of HRT (Hydraulic Retention Time) included in the system was aimed to sediment pollutants in the water and the deposit being released by the drainage culvert located at the bottom of the system. The oxidation canal aerated by nozzle was to contact the pollutants and oxygen in the surface of plastic filter to purify the water. Discharge, HRT, length of the oxidation canal were 200 m³/day, 90 min, 20 m, respectively. The treatment efficiency of total nitrogen was lower compared with other water quality items such as SS, BOD, TP because the anoxic condition for denitrification was not ensured after the oxidation canal. However, 25%~89.6% of SS, 75.0%~91.5% of BOD, 44.3%~95.3% of TP were removed in this system. Overall, the results indicates that this system appears to have a potential capability for water quality improvement of the reservoirs or the canals in the agricultural watershed.

Key words : contact oxidation canal, plastic filter, denitrification, stepped drop structure, sedimentation basin.

서 론

하천이 오염됨에 따라 저수지, 담수호 등도 수질이 악화되고, 특히 부영양화 문제가 발생하고 있다. 따라서 저수지나 담수호에 유입되기 전에 오·폐수를 충분히 정화하지 않으면 심각한 수질 문제가 야기될 수 있으므로 이에 대한 대책이 강구되어야 할 것이다. 또한 저수지 내에서의 정화방법에 대해서도 많은 연구가 이루어져야 할 것이다.

하천 또는 저수지의 수질을 정화하는 방법에는 여러 가지가 있으나, 본 연구에서는 침전접촉산화수로를 대상으로 하였다. 접촉산화수로의 주된 정화작용은 접촉침전, 흡착, 생물산화 등이다¹⁴⁾. 접촉산화방법은 시공이 비교적 간단하고 단위 오염물질의 처리비용이 하수 처리장에 비해서 월등히 저렴한 등의 장점이 있어 실용화 되고 있는 지역도 있다⁵⁾.

최근 국내에서 자갈접촉산화방법을 이용하여 하천수의 수질을 개선하기 위한 연구가 이루어지고 있다. 이 방법은 유기물질 및 부유물질 제거에 안정적인 처리효율을 보이나 질소와 인 등의 영

양염류와 유해물질의 처리효율은 상대적으로 낮았다는 보고가 있다^{5,7)}. 박⁸⁾은 호소로 유입되는 하천에 쇄석과 플라스틱 여제를 사용한 복합 접촉산화수로를 이용한 연구를 실시하여 비표면적이 큰 플라스틱여제가 쇄석에 비해 COD와 T-P의 제거량이 높은 것으로 나타났고 T-N의 처리효과는 거의 없었다고 보고하고 있으나, 우리나라에서는 아직 접촉산화수로에 대한 연구가 충분히 이루어지고 있지 않은 실정이다.

본 연구에서는 하천이나 농업용 용배수로의 수질정화를 위해 플라스틱 접촉산화수로 방법을 도입하고, 그의 처리효율을 분석하여 하천 및 간척지 담수호의 수질정화방법으로 도입할 수 있는지의 가능성을 살펴보기 위하여 모형수조를 설치하고 수질정화 실험을 실시하였다.

재료 및 방법

정화시스템의 구성

실험을 위한 정화시스템은 경기도 안산시에 위치한 농어촌연구원 내에 설치하였다. 좁은 공간을 효율적으로 활용하기 위해 시스템은 Fig. 1과 같이 원형으로 만들었고, 유입수조 → 유입수로 → 1차 침전지 → 유량 조정조 → 접촉산화수로 → 2차 침전지

*연락처

Tel: +82-31-400-1874 Fax: +82-31-400-1832
E-mail: kwj.kim@karico.co.kr

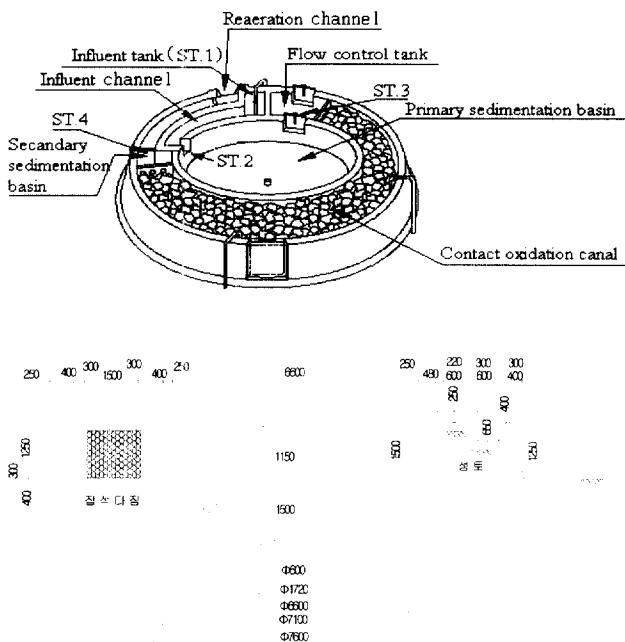


Fig. 1. Design of a contact oxidation canal system and sampling stations in the system.

→ 계단식 낙차공 순으로 구성되었다.

1차 침전지는 SS 성분을 가라앉히기 위해 설치한 것으로 상부는 원통형(평균반지름 : 3.75 m, 높이 1.15 m)으로 구성하였고, 하부는 퇴적물이 침전지 중앙에 모이도록 하기 위해 원추형(상부반지름 : 3.3 m, 높이 1.50 m)으로 구성하였다. 침전지 중앙에는 배수관을 설치하여 퇴적물을 수압에 의하여 쉽게 배출할 수 있도록 구성하였다. 배출된 퇴적물은 농축조에 저장한 후 정기적으로 배출할 계획을 수립하였다(년 1~2회 정도). 이 침전지는 식생 재배 공간으로 활용함으로써 SS, BOD 및 COD의 처리효율은 물론 질소와 인의 처리효율을 높일 수 있는 구간이다. 즉 1차 침전지 내부는 수생식물의 식생이 가능하므로 영양염류의 흡수율이 우수한 식물들을 재배한다면 질소와 인의 정화 효율은 물론 접촉침전에 의해 SS, BOD, COD의 정화효율도 향상시킬 수 있다.

유량 조정조는 1차 침전지에서 식생 및 침전에 의하여 전처리된 유출수가 접촉산화수로에 일정량이 유입되도록 조절하기 위한 시설이다. 유량 조정조는 1차 침전지의 유출구와 접촉산화수로의 유입구 사이에 설치하였으며, 1차 침전지의 유출구 부분에 가동 웨어를 설치하여 유입수위를 조절할 수 있게 하였다. 또한 유입 수량이 증가하여 산화수로의 수위가 설정수위 이상이 되면 오수가 외부로 월류되도록 유입구 밖대편에도 가동웨어를 설치하였다.

본 정화시스템에서 실제적인 정화작용을 담당하는 부분인 접촉산화수로는 폭 1.5 m, 깊이 1.2 m, 길이를 20 m로 하였다. 이 산화수로에는 플라스틱 접촉여재를 충진하고 하단부에 산기식 폭기장치를 설치하였다. 폭기장치의 스테인레스 산기관에는 노즐이 결합 구성되어 노즐로부터 공기가 산기되도록 하였다. 이 노즐은

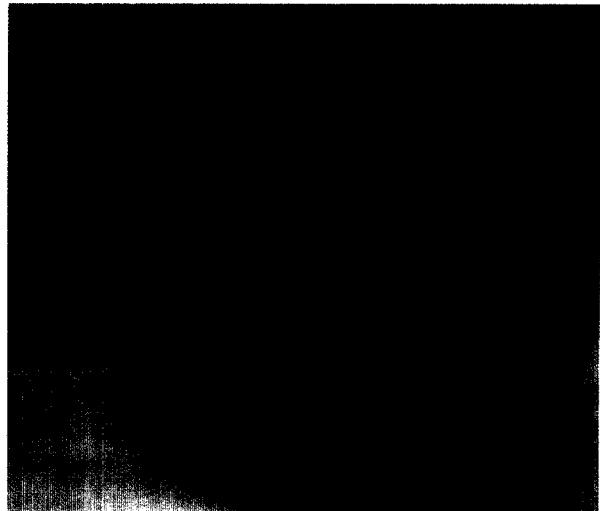


Fig. 2. Plastic filter used in the system.

역류와 산기공의 막힘을 방지하기 위해 고무를 사용하여 폭기시에는 노즐의 구멍이 열리고, 폭기를 중단하면 수압에 의하여 자동으로 닫히도록 설계하였다. 폭기를 위한 블로어의 구동에 필요 한 전력은 2.5 kw이며, 송풍량은 1.25 m³/min이다. 또한 타이머를 설치하여 시간설정에 의한 간헐폭기가 가능하도록 하였으나 본 실험기간에는 연속폭기로 하였다. 접촉산화수로는 오염물질과 접촉여제의 접촉면적 및 접촉시간을 증대시켜 접촉제의 표면에 생성한 미생물이 오염물질을 분해하도록 하는 정화시설이므로 접촉제의 선택이 중요하다. 본 접촉산화수로에는 표면적을 크게 하여 처리효율을 높일 수 있도록 고안된 Fig. 2와 같은 시판용 중공삼각추형(밑변 : 13.5 cm, 높이 11 cm) 플라스틱여제를 사용하여 침전 및 흡착을 통한 산화 분해를 도모할 수 있도록 하였는데, 이 플라스틱여제의 공극율은 약 70%이다. 접촉산화수로의 적정 수심, 체류시간, 유하거리 등은 여제의 양, 공극률, 처리될 물의 오염정도, 처리될 물의 양 등에 따라 변화될 수 있다.

2차 침전지는 접촉산화수로에서 생성된 미생물 슬러지 등을 침전시키기 위한 것으로 내부에는 부유 또는 수중식물의 성장이 가능하고, 질소와 인의 정화 효율이 우수한 식물들을 재배할 수 있어 정화효율을 높일 수 있는 공간이다.

2차 침전지로부터 유출된 처리수는 미생물에 의한 산화 분해 과정에서 대부분의 용존산소가 소모되기 때문에 재폭기 유출수로를 통해 용존 산소 농도를 증대시키기 위하여 계단식 낙차공을 설치하였다. 이 계단식 낙차공의 총낙차는 2.83 m로 총 5단 ($1.0\text{ m} + 0.55\text{ m} + 0.44\text{ m} + 0.42\text{ m} + 0.42\text{ m}$)으로 구성하였고, 기울기 1/500, 유속 1 m/s로 빠른 유속의 여울과 못을 발생시켜 재폭기 효과를 극대화시켰다.

하천수를 츄수하기 위하여 하천에 수중펌프를 설치하였고, 펌프와 유입수로 사이는 츄수관으로 연결 구성하였다. 시험에 사용된 시험용수는 농어촌연구원 경내로 유입되는 하천수를 이용하였다. 시험용수는 연구원 경내에 위치한 습지로 유입되기 직전에

0.5 HP 수중 펌프 2대에 의해 양수되어 유입수조에 저장된다. 처리효율을 분석시 유입수조에서의 수질을 유입원수 성상으로 설정하였고, 1차 침전지의 입·출구, 20 m 길이의 접촉산화수로의 출구에서 각각 시료를 채취하여 농도를 측정하였다. 시험용수의 흐름과 각 시설의 위치는 Fig. 1에 나타내었다.

본 연구에서는 유입수량을 200 m³/day로 하여 유입시켰다. 이 때 1차 침전지의 체류시간을 60 min, 접촉산화수로에서의 체류시간 90 min, 유속은 0.004 m/s이었다.

시료채취 및 수질분석

정화시스템의 처리효율을 분석하기 위해 2000년 9월 20일부터 11월 22일까지 5~7일 간격으로 총 10회에 걸쳐 시료를 채취하였다. 시료채취는 매일 오후 1시경 각 시료채취점마다 2통씩 채취하고, 1통은 pH 2 이하가 되도록 황산으로 전처리하여 약 4°C로 보관하였다. 시료채취점은 Fig. 2와 같이 유입수조(ST. 1), 1차 침전지 유입구(ST. 2), 1차 침전지 유출구(ST. 3), 접촉산화수로 유출구(ST. 4)로 설정하고, 하류에서 상류방향으로 진행하며 각각 채취하였다. 또한 낙차공에 의한 재폭기 효율을 ST. 4와 비교·분석하기 위해 계단식 낙차공 최하류단(ST. 5)에서도 채수하여 DO농도만 측정하였다. 유기성 오염물질의 처리효율을 분석하기 위해서는 BOD, SS를 선정하여 그 효율을 분석하였다. 또한 호소 부영양화의 원인이 되는 영양염류의 처리효율을 분석하기 위해 T-N, T-P를 선정하여 분석하였다. 채취한 시료는 농어촌연구원 농촌환경연구실에 위탁 분석하였다.

수질분석은 Standard Methods⁹⁾에 따라 2반복으로 시행하였는데, 항목별 분석방법은 다음과 같다.

- ◇수온 : WTW F/SET-3 현장 수질측정장비의 멀티센서를 사용하여 현장 측정
- ◇pH : WTW F/SET-3 현장 수질측정장비의 멀티센서를 사용하여 현장 측정
- ◇EC : WTW F/SET-3 현장 수질측정장비의 멀티센서를 사용하여 현장 측정
- ◇DO : Azide Modification 방법 (Standard Method SM 4500-O C)
- ◇BOD : 5-Day BOD Test (Standard Method SM 5210-B)
- ◇SS : 유리섬유여지(GF/C)로 여과 후 중량법에 의해 산출
- ◇T-P : 흡광광도법으로 실내분석
- ◇TKN(총질소) : Kjeldahl-N 분해법으로 실내분석

결과 및 고찰

시험기간 동안(2000년 9월 20일~11월 22일)의 수온은 3.0~21.2°C로서 편차가 커다. 10월 18, 25, 11월 1일은 수온을 측정하지 못하였으나, 인근 수원기상대의 기후자료에 의하면 이 기간의 평균기온이 각각 13.8, 14.7, 12.2°C로 낮아진 것을 감안한다면 수온도 15°C 이하로 낮아져 미생물의 정화능력이 둔화되기 시작하는

Table 1. Water temperature, pH, and electric conductivity (EC) at each sampling station from September to November 2000

Sampling Date	Water temperature(°C)					pH				EC (μ mhos/cm)			
	ST.1	ST.2	ST.3	ST.4	ST.5	ST.1	ST.2	ST.3	ST.4	ST.1	ST.2	ST.3	ST.4
Sept. 20	21.2	19.4	19.4	18.1	18.9	7.4	7.4	7.3	7.1	310	300	298	292
Sept. 30	20.2	20.2	20.0	20.3	-	7.2	7.2	7.3	7.2	479	493	495	491
Oct. 6	21.1	19.5	19.2	18.4	19.0	7.5	7.5	7.4	7.3	533	562	558	571
Oct. 11	18.4	18.1	18.1	18.3	18.3	7.4	7.3	7.3	7.3	514	584	583	592
Oct. 18	-	-	-	-	-	7.3	7.4	7.4	7.2	822	760	756	736
Oct. 25	-	-	-	-	-	6.9	7.3	7.2	7.1	577	486	486	440
Nov. 1	-	-	-	-	-	7.5	7.5	7.5	7.6	955	934	936	922
Nov. 8	6	6	6	6	6	7.4	7.6	7.6	7.7	1138	1084	1086	1060
Nov. 15	7	6	6	6	6	7.8	7.8	7.6	7.7	1018	1012	1014	1006
Nov. 22	4	3	3	3	3	7.5	7.6	7.6	7.6	1380	888	842	849

- : Not measured.

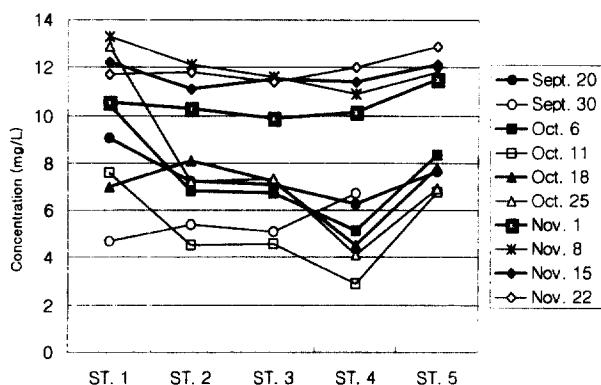


Fig. 3. Changes of DO concentration at each station in the system.

시기였던 것으로 판단된다. 특히 11월 8일부터는 수온이 더욱 떨어지기 시작하여 3~7°C를 나타냈다.

pH는 Table 1과 같이 6.9~7.8, 평균 7.4로서 중성상태를 나타내었다. 구간별로 일정한 경향을 보이지 않았다.

EC는 큰 변화는 없었지만 전체적으로 볼 때 하류로 가면서 점차적으로 감소하는 경향을 보이기는 하였으나, 염분의 제거효율은 기대할 수 없을 것으로 판단된다.

DO농도의 변화

Fig. 3과 같이 DO농도는 ST. 1~ST. 4 사이에서 평균 8.5 mg/L를 유지하였다. 특히 11월 18일 이후에는 모든 지점에서 10 mg/L보다 높았다. 이는 수온이 11월 18일 전에는 18.1°C 이상이었으나, 그 이후에는 수온이 7°C(포화용존산소 농도 11.76 mg/L) 이하로 떨어진 결과 포화용존산소 농도가 높아져 산소가 많이 흡입되었기 때문으로 생각된다. ST. 1에서는 대부분 과포화상태를 나타냈는데, 이는 펌프에 의한 양수시 난류가 발생하여 공기가 흡입되었기 때문으로 생각된다. 따라서 본 실험기간에는 폭기가 오수처리에 그다지 기억하지 못한 것으로 판단된다. 에너지 절약이라는 측면에서 DO농도에 따라 폭기량을 조절하거나 간헐폭기로 운전하는 방법에 대한 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다. DO농도는 하류로 갈수록 낮아져 접촉산화수로를 빠져나온 점즉, ST. 4에서 평균 7.4 mg/L로서 최저값을 나타냈다. 이는 접촉산화수로를 흐르는 동안에 미생물이 오염물질을 분해하기 위하여 산소를 소비했기 때문으로 추정된다. 특히 10월 11, 18, 25일은 ST. 4에서 각각 2.9 mg/L, 4.6 mg/L, 4.1 mg/L를 나타내 농업용수 수질기준(수산용수 2급)인 5.0 mg/L보다 낮았다. 또한 물고기의 필요산소량으로 알려진 3~6 mg/L 이상⁵⁾에 비해 낮은 수준이었다. 그러나 계단식 폭기구간을 거쳐 유하한 후인 ST. 5지점에서는 각각 6.8 mg/L, 7.8 mg/L, 6.9 mg/L로 크게 증가되었다. 이는 계단식 폭기시설에 의해 재폭기가 이루어진 것을 의미한다. 따라서 접촉산화수로를 설치하는 경우 가능하면 접촉산화수로 뒤에 계단식 폭기시설을 마련하는 것이 좋을 것이다. 그 외 오염된

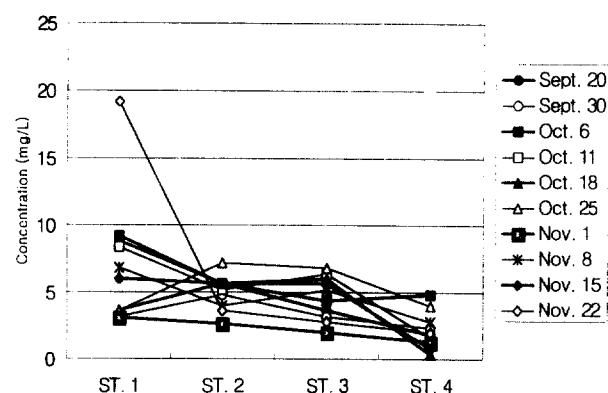


Fig. 4. Changes of SS concentration at each station in the system.

수로나 하천에 낙차공을 설치한다면 DO농도가 높아져 정화처리 효율을 높일 수 있을 것으로 판단된다.

SS농도의 변화

SS농도는 Fig. 4와 같이 10월 25일에 ST. 1에서 3.6 mg/L가 유입하여 ST. 4에서 4.0 mg/L로 높아진 것을 제외하면 25%~89%의 제거율을 보였다. 10월 25일에 처리수의 SS농도가 높아진 이유는 전날 밤부터 아침까지 13.3 mm의 비가 내려 침전지 및 산화수로가 교란되어 침전된 SS성분이 부상해 혼탁되었기 때문인 것으로 판단된다. 그러나 이날도 ST. 3에서는 6.8 mg/L이었으나 ST. 4에서는 4.0 mg/L로 낮아져 41.2%의 제거율을 나타내 접촉산화수로에서는 SS제거효과가 유지되고 있었다. 1차 침전지 입구(ST. 2)와 출구(ST. 3)에서는 SS농도가 증가하기도 하고 감소하기도 하였는데, 이는 이 지역은 바람이 많이 부는 지역으로 침전지에 침전된 SS성분이 재부상한 것이 큰 이유이다. 그외 작은 협잡물이 바람에 날리어 들어오거나 모기 등의 곤충의 사체가 수면에 떨어진 것도 하나의 이유였다. 따라서 SS의 제거효율을 높이기 위해서는 침전지에 부례육잠 등의 수생식물을 재배하여 바람에 의한 교란을 방지하고, 수생식물의 뿌리나 줄기애의 접촉침전에 의한 SS제거효과를 기대하는 것도 생각해 볼 수 있다^{2,10)}. 이 때 수생식물에 의한 질소와 인의 흡수도 기대할 수 있다^{2,10)}. 또한 침전된 오니를 적절한 간격으로 배출하여 협기화에 의한 오니의 재부상을 방지하기 위해서는 적절한 유지관리가 이루어져야 할 것이다. 접촉산화수로구간인 ST. 3과 ST. 4사이에서는 10월 6일을 제외하고는 25%~93.3%의 제거율을 보여 접촉산화수로에서 흡착 및 접촉침전에 의한 SS제거 효과가 있음을 알 수 있다.

특히 유입수의 SS농도가 19.2 mg/L로 가장 높았던 11월 22일의 총제거율은 89.6%로서 제거율도 가장 높게 나타났다.

시험기간에 유입수의 SS농도가 낮아 처리효율 분석에 한계가 있으므로 높은 SS농도에 대한 추가 연구가 있어야 할 것으로 판단된다. 또한 침전된 SS를 제거하기 위한 암거시설의 필요성에 의문이 제기될 수 있으나, SS농도가 높은 경우에는 접촉재 사이

의 공극이 막힐 염려가 있으므로 전처리 시설로서 침전지를 설치할 필요가 있으며, 이 때 침전된 오니를 제거하기 위한 배수시설을 설치하는 것이 좋을 것으로 판단된다. 본 실험기간에는 SS의 농도가 낮아 특별히 암거배수시설을 가동하지는 않았다.

BOD농도의 변화

Fig. 5와 같이 전체적으로 유입수의 BOD농도가 낮았다. 11월 1일 이전에는 ST. 1~ST. 3 사이에서는 일정한 경향을 보이지 않았다. 특히 ST. 3이 ST. 2보다 높은 경우가 많았는데, 이는 유입수의 BOD농도가 낮은 반면, 모기 등의 곤충류의 사체가 부유하거나, 침전지에 침전되어 있던 SS성분이 바람 등의 영향으로 재부상되거나, 바닥의 저니가 혐기성 분해되어 유기물이 재용출되었기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 침전지에서의 침전효과를 높이기 위해서는 바닥에 퇴적된 저니를 적절한 간격으로 배출해야 할 것으로 판단된다. 그러나 이 기간에도 ST. 3~ST. 4구간 즉, 접촉산화수로 구간에서는 실험상 오류(BOD병에 기포 발생)가 있었던 10월 6일 외에는 평균 1.8 mg/L에서 0.9 mg/L로 낮아져 22.0~81.1%가 제거되어 평균 50%의 낮은 제거율을 나타냈다. 이는 접촉산화수로의 유입수 농도가 평균 1.8 mg/L로 낮았기 때문에 처리효율도 낮게 나타난 것으로 판단된다.

유입수의 농도가 5.7~15.9 mg/L로 높았던 11월 8일 이후에도 ST. 2~ST. 3사이에서는 BOD농도가 높아지기도 하고, 낮아지기도 하는 등 일정한 경향을 보이지 않았다. 그러나 접촉산화수로 구간인 ST. 3~ST. 4구간에서는 11월 8, 15, 22일에 각각 9.2 mg/L, 3.2 mg/L, 4.1 mg/L에서 1.3 mg/L, 1.4 mg/L, 1.4 mg/L로 낮아져 86.0%, 55.6%, 66.7%의 제거율을 나타냈으며, 이 기간에 ST. 1~ST. 4사이에서는 각각 14.4 mg/L, 5.7 mg/L, 15.9 mg/L에서 1.3 mg/L, 1.4 mg/L, 1.4 mg/L로 낮아져 전체 BOD 제거율은 각각 91.0%, 75.4%, 91.5%를 나타냈다. 이 기간에 수온이 3~7°C로 낮아 미생물의 활동이 둔화되었을 것으로 예상됨에도 불구하고 비교적 높은 처리효율을 얻었는데, 이는 미생물의 활동보다는 침전 또는 흡착 등의 물리적 정화작용 때문인 것으로 판단된다.

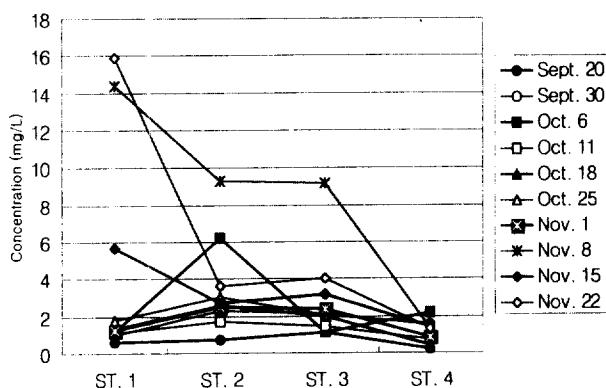


Fig. 5. Changes of BOD concentration at each station in the system.

특히 유입수의 BOD농도가 15.9 mg/L로 가장 높았던 11월 22일의 총제거율은 91.5%로서 BOD 제거율도 가장 높게 나타났다.

유입수의 BOD농도가 5 mg/L 이하인 경우에는 전반적으로 처리효율이 불안정하게 나타났다. 그러나 연구 결과에 의하면 본 정화시스템은 접촉산화수로의 유입수의 적정 BOD농도로 알려진 5~15 mg/L²⁾의 오수를 정화하는데 적용할 수 있는 정화기법이라고 판단된다. 또한 유입수 농도가 20 mg/L 이상이 되면 산소부족 현상이 발생할 수 있으므로 적절한 폭기관리²⁾가 이루어진다면 BOD농도가 높은 경우에도 안정된 처리효율을 올릴 수 있을 것으로 기대된다.

T-N농도의 변화

T-N은 Fig. 6와 같이 처리율이 -33.0%~41.3%(평균 8.7%)로서 매우 불안정하게 나타났다. 또한 접촉산화수로 구간에서도 -29.0%~21.3%(평균 3.7%)로 불안정한 처리율을 보였다. 이는 Fig. 3의 DO농도의 변화에서 알 수 있는 바와 같이 폭기에 의하여 전 구간에 걸쳐 호기성상태가 유지되었기 때문에 질산화되어 NH₄-N이 NO₂-N, NO₃-N까지는 분해되었으나, NO₂-N, NO₃-N가 N₂가스로 탈질되기 위해 필요한 무산소구간이 확보되지 않았기 때문으로 판단된다.

즉, 질소의 형태만 바뀌었을 뿐 근본적으로 제거된 것이 아니기 때문에 T-N농도에는 변화가 없었다. 접촉산화수로 구간에서의 처리율은 박³⁾의 연구결과(0.3%) 보다는 다소 높게 나타났으나, 그 외 다른 연구결과^{5,7)}와 마찬가지로 T-N의 제거율이 낮은 수준이었다. 따라서 T-N 제거율을 높이기 위해서는 폭기량을 조절하거나 간헐폭기로 하든가 또는 고수부지와 같은 여유공간을 이용하여 접촉산화수로의 후반부에 무산소구간을 확보해야 할 것이다. 수질정화 대상은 주로 평·갈수기의 유량이 적은 시기이고, 처리시설을 통과한 물은 DO농도가 낮기 때문에 고수부지와 같은 여유공간을 이용하여(예를 들면 혐기성池) 일정정도의 체류시간을 확보한다면 특별한 기계장치가 없어도 되므로 적은 비용으로 무산소구간을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

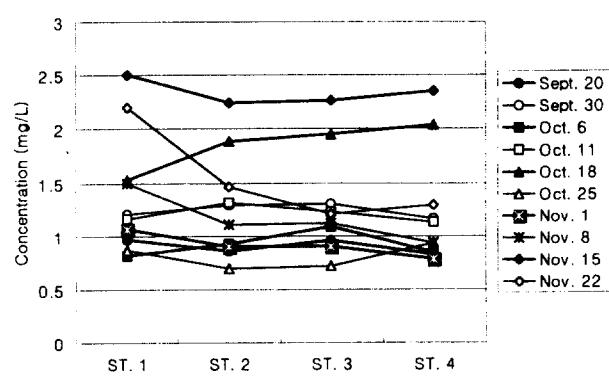


Fig. 6. Changes of T-N concentration at each station in the system.

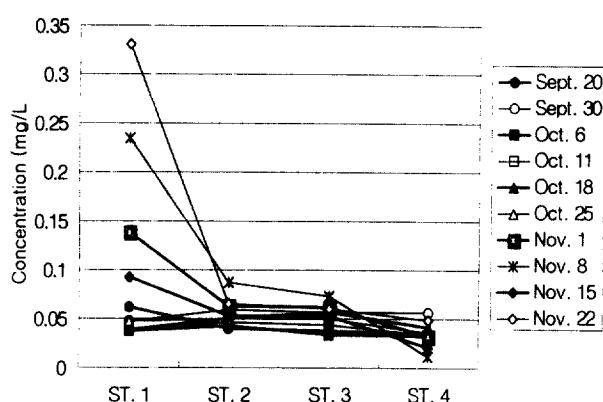


Fig. 7. Changes of T-P concentration at each station in the system.

T-P농도의 변화

T-P는 Fig. 7과 같이 유입수의 T-P농도가 0.06 mg/L 이하인 경우는 전체 처리율이 -21.0%~23.0%, 산화수로 구간에서의 처리율이 -1.8%~28.0%로서 낮고 불안정하였다.

그러나 유입수의 농도가 0.06 mg/L 이상인 경우에는 전체 처리율이 44.3%~95.3%로서 평균 75.8%, 산화수로에서의 처리율이 8.0%~84.9%로서 43.9%의 제거율을 보였다. 따라서 본 정화시스템은 인의 제거효율도 있는 시설인 것으로 판단된다. 보다 안정된 인의 처리효율을 얻기 위해서는 1차, 2차 침전지에 영양염류의 흡수율이 높은 식물을 식재하는 것도 생각해 볼 수 있다¹⁰⁾. 또한 고수부지의 토양층에 흘려 보냄으로서 여유 공간을 인의 제거효과가 있는 습지로 활용하는 것도 생각해 볼 수 있다^{11,12)}.

전반적으로 유입수의 농도가 낮아 정화효율에 대한 구체적이고 세밀한 검증은 어려우나 실험결과에 의하면 플라스틱 접촉산화방법은 정화효율을 갖고 있는 것으로 판단되고, 일본 등에서는 많은 지역에서 실용화되고 있다. 다양한 유입수 농도에 대한 추가 실험과 현장 적용성 시험 등에 의한 구체적이고 세부적인 검증과 이를 통한 미비점 보완 후 우리 나라의 하천 및 담수호 등의 수질정화방법으로 도입한다면 일정한 효과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

그러나 안정된 처리효율을 지속적으로 유지하기 위해서는 적절한 유지관리가 필요하다. 스크린에 걸린 큰 쓰레기의 제거, 침전지 및 산화수로에 쌓인 오니의 배출 및 처분, 기기류의 점검, 폭기장치의 이상 유무, 접촉재의 공극 폐색시의 세척 등에 대한 유지관리가 지속적으로 이루어져야 할 것이다. 따라서 시설의 계획 단계에서부터 유지관리에 대한 대책을 강구하고 필요한 예산을 확보해야 할 것이다.

하천은 하도자체의 자생능력뿐만 아니라 고수부지와 같은 자연 생태계가 주위에 많이 분포하므로 이들을 충분히 이용하는 것이 좋을 것이다. 특히 우리나라와 같이 하상계수가 큰 하천은 고수부지가 잘 발달되어 있기 때문에 이를 최대한 이용한다면 좋은

효과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다. 오염 농도가 높아지는 평·갈수기에는 수량은 적기 때문에 고수부지를 인공습지, 접촉산화수로, 토양처리 등의 자연정화처리시설로 이용할 수 있을 것으로 판단되므로 이에 대한 연구도 이루어져야 할 것이다.

이와 같이 우리나라의 하천특성(고수부지와 같은 여유공간이 많음)상 넓은 부지의 확보가 용이하므로 비교적 시공이 용이하고, 비용이 저렴한 접촉산화수로 방법은 실용성이 있을 것으로 판단된다. 또한 이들 자연정화시설을 이용하여 다양한 수변공간을 조성할 수 있으므로 환경교육의 장으로서도 이용할 수 있을 것으로 기대된다.

결 론

접촉산화수로의 수질정화효율을 조사하기 위해 플라스틱여재를 충진한 원형의 접촉산화수로와 침전지로 구성된 모형을 만들어 실험을 실시하였다. 유입량은 200 m³/day로서 1차 침전지의 체류시간은 60 min, 산화수로의 체류시간은 90 min으로 하였고, 산화수로의 길이는 20 m, 수심은 1.2 m로 하였다. 또한 접촉산화수로 뒤에는 재폭기에 의해 DO농도를 높여주기 위하여 총 낙차 2.84 m의 계단식 낙차공을 설치하여 실험한 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1. BOD의 경우 유입수가 5.7 mg/L~15.9 mg/L의 범위인 경우 75.0%~91.5%의 제거율을 보였다. 이 기간에 수온이 3~7°C로 낮았으나, 이와 같은 처리효율을 올린 것으로 보아 처리시설의 일부를 고수부지의 지하부에 설치한다면 겨울철에도 처리효율을 기대할 수 있을 것으로 판단된다.
2. SS의 경우 접촉산화수로의 유입수 농도가 3.2 mg/L~19.2 mg/L의 범위에서 25.0%~89.6%의 제거율을 보였다. 그러나 1차 침전지에서는 증가되기도 하고 감소되기도 하여 일정한 경향을 보이지 않았는데, 이는 바람, 비 등에 의해 침전된 SS성분이 재부상되었기 때문으로 판단된다. 따라서 침전된 오니를 적당한 간격으로 배출해야 할 것이다.
3. T-N의 경우 처리율이 -33.7%~41.3%로서 매우 불안정하게 나타났다. 이는 폭기에 의해 산화가 되기는 하였으나, 산화수로 출구에서의 DO농도가 2.9 mg/L~11.4 mg/L로서 탈질을 위한 무산소 구간이 확보되지 못했기 때문으로 판단된다.
4. T-P의 경우 유입수의 농도가 0.06 mg/L 이상인 경우에 전체 처리율이 44.3%~95.3%로서 평균 75.8%를 나타내 본 정화시스템은 인의 정화효율도 있는 시설인 것으로 판단된다.
5. 폭기를 위한 계단식 낙차공을 유하하면서 DO는 6.8 mg/L~12.1 mg/L로 상승하여 재폭기가 잘 이루어졌다.

따라서 접촉산화수로는 농촌지역의 하천이나 담수호 등의 수질개선에 적용하면 수질개선 효과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 접촉산화수로의 전반부 또는 후반부에 침전지를 설치하고 여기에 수생식물들을 재배한다면 질소와 인과 같은 영양염류

의 제거율을 더욱 높일 수 있을 것으로 판단된다.

요 약

침전지를 갖는 접촉산화수로 시스템을 이용한 수질 정화효과를 2000년 9월부터 11월까지 조사하였다. 본 시스템은 노즐로 폭기하여 플라스틱여재의 표면에서 오염물질과 공기를 접촉시켜 물을 정화하기 위한 시설이다. 1차 침전지의 수리학적 체류시간은 60분이며, 여기에서는 물속에 있는 오염물이 침전되고 침전물은 바닥에 설치한 배수암거로 배출되도록 설계하였다. 산화수로의 유량, 수리학적 체류시간, 길이는 각각 200 m³/day, 90 min, 20 m이다. 산화수로에는 플라스틱 접촉여재를 채웠다. 탈질소를 위한 무산소 조건이 확보되지 않았기 때문에 T-N의 처리효율은 다른 수질항목에 비해 낮았다. 그러나 이 처리시스템에서 SS는 25.0%~89.6%, BOD는 75.0%~91.5%, T-P는 44.3%~95.3%의 처리효율을 나타냈다. 이 실험의 결과는 본 연구에서 고안된 침전접촉산화수로 시스템의 저수지나 수로에서의 수질정화 가능성을 보여주고 있다.

찾는말 : 접촉산화수로, 플라스틱여재, 탈질소, 계단식 낙차공, 침전지

사 사

본 논문은 1999년도 농림수산개발사업에 의하여 수행한 연구결과의 일부임

참 고 문 헌

1. Kinji Ohashi, Koichi Tanaka (1996) Water quality conservation in rural area, *Journal of The Japanese Society of Irrigation, Drainage and Reclamation Engineering*. 64(4), 357-337.
2. 農村環境整備センタ- (1994) 農村に適した水質改善手法2.
3. 김영석 (1995) 하천수질정화기법, 한국건설기술연구원 하천환경 심포지엄-현황과 전망, p.152-175.
4. 김태균 (1998) 자갈접촉산화법, 한국수자원학회지. 31(5), 147- 150.
5. 한국건설기술연구원, 경남기업(주) (1997) 한국형 하천 수질 정화기술의 개발-자갈접촉산화법을 중심으로-
6. Kim, W. J. and Park, S. H. (2000) Development of the depot encircled with oxidation canal for water quality improvent, *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers*. 42(6), 83-89.
7. 경남기업 (1997) 하천환경개선공법.
8. 박명흔 (2000) 호수 수질정화공법의 효과분석과 수질모형에 의한 적용성 평가, 서울대학교 박사학위논문.
9. APHA (1995) Standard methods for the examination of water and wastewater, 19th Edition, American Public Health Association.
10. Yoon, C. K., Kim, H. J. Ryu, J. H. and Yo, W. S. (1997) Study on the wastewater treatment by floating aquatic plant system using water hyacinth for the industrial complex in rural area, *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers*. 39(3), 64-71.
11. Kim, H. J., Kim, S. J. and Yoon, C. K. (1997) Effect of pollutant loading and flow distance to wastewater treatment efficiency in the constructed wetland system, *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers*. 39(5), 97-108.
12. Masaaki Hosomi, and Ryuichi Sudo (1991) Treatment of Domestic Wastewater by Wetland Systems, *Research of Water Quality Pollutant*, 14(10), 24-29.