

식물과 여재를 이용한 자연정화공정의 수질개선 효과

A Study on the Water Purification Efficiency of the Natural Purification Process

이 해 미 · 오 중 민¹⁾

1. 서 론

최근 호소나 하천 등 자연수계의 수질환경을 악화시키는 주된 원인의 하나로 미처리된 생활하수, 농경배수, 축산폐수 등의 배출을 들 수 있으며 이는 매우 심각한 문제로 대두되고 있다.

이에 대한 대책으로 수년간 하수처리에 관한 투자가 이루어져 왔으나, 여러 가지 이유로 근본적인 대책이 미흡한 실정이다. 이에 따라 국내·외에서 호소, 하천 등 자연수계의 수질관리기법의 개발이 활발히 이루어지고 있으며, 특히 생태계의 중요성이 재인식되면서 자연생태계 순환시스템의 자정작용을 이용한 여러 가지 환경 친화적인 수질정화기술에 관한 많은 연구가 이루어지고 있다(김완중 외, 2000). 이 중에서도 수생식물 또는 습지생태계를 이용한 수질정화기술은 처리시설의 설비비과 유지관리비가 저렴하고 운전관리가 용이한 에너지 절약형 처리기술이라는 측면에서 많은 연구가 진행되고 있다(김이태, 1998). 그러나 식물 그 자체만으로는 수질정화에 한계가 있으며, 소정의 효과를 얻기 위해서는 넓은 부지면적을 필요로 하고 온대역에서는 연중 안정한 처리능력을 기대할 수 없다는 현실적인 한계성을 고려할 때 실제 수역에 적용할 경우에 있어서는 처리시스템의 일부분으로서 다른 처리법과 조합된 정화시스템의 개발에 대한 연구검토가 계속되어야 할 것으로 생각된다.

본 연구는 이와 같은 취지에서 다양한 접촉 여재의 정화효율을 비교하고, 그 중 다공성 콘크리트(porous concrete)와 식물을 병용한 수질정화시스템의 수질정화능력 산정 및 현장적용 가능성을 검토하고자 하였다.

2. 본 론

(1) 연구 내용 및 범위

1) 경희대학교 환경·응용화학부

본 연구를 위해 자체 제작한 반응조(그림 1)는 다공성 콘크리트를 침지 시킨 1차 반응조와 식물 식재한 2차 반응조로 구성하였다. 일정기간 동안 유입수(2차 처리수)와 유출수를 분석함으로써 오염물질 정화능력을 산정 하였으며, 일반적인 접촉산화 공정의 여재 4종(자갈, 콘크리트, 타이어, 다공성 콘크리트)과의 유기물 처리효율을 비교분석 하였다. 또한 부착 미생물에 의한 제거특성을 파악하기 위하여 미생물 군집량에 따른 유기물 제거효율을 조사하였다.

(2) 실험 방법 및 장치

1) 부착 미생물의 수질정화

일정 간격을 두어 하천에 설치한 부착판을 채취하여 형성된 부착 미생물의 생체량(biomass)을 SS, VSS, Chl.a으로 측정된 후, 같은 조건에서 형성된 부착판을 일정용량 크기의 반응조에 침지시키고 오·폐수 처리장(경희대학교 內)에서 방류되는 2차 처리수에 Glucose를 일정량 넣어 유기물(DOC)농도를 높여 유입수로 사용하였다. Batch-style로 실험을 실시하였으며, 교반기를 이용하여 부착물이 탈리 되지 않을 정도의 일정 속도로 교반 시키고, 외부환경 조건(pH, DO, Temp.)을 같은 조건으로 유지하면서 일정 시간 간격으로 시료를 채취하여 여과한 후, 분석하였다.

2) 자연정화 공법(식물과 다공성 콘크리트)을 이용한 수질정화

본 연구에 사용한 반응조는 그림 1에 나타내었다. 다공성 콘크리트는 알카리 성분이 낮은 고로 슬래그 시멘트와 감수제를 사용하여 일정 비율로 배합하여 자체 제작하였다. 반응조는 배양기 내에 설치하였고, 식물은 현장에서 자생하는 부들(*Typha orientalis Presl*) 등을 식재하였다. 반응조의 수리학적 체류 시간(HRT)은 1일로 하였으며, 인공광(16,000 Lux)을 조사하여 온도와 일장을 25℃/18℃(14h day/10h night)로 일정하게 유지하였다.

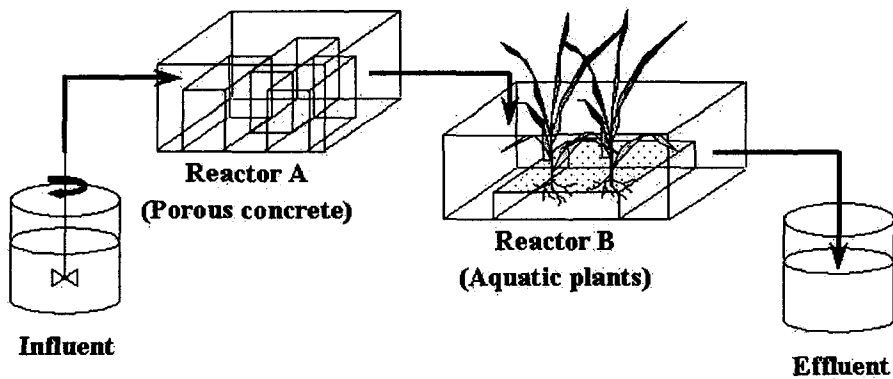


그림 1. Schematic diagram of reactor

3. 실험결과 및 고찰

(1) 접촉여재의 종류에 따른 유기물 처리효율

그림 2에서는 자갈(공극률: 57.3%), 콘크리트(공극률: 60%), 타이어(공극률: 64%)를 이용한 접촉산화 공정과 다공성 콘크리트를 이용한 경우의 SS, COD, BOD 처리효율을 비교하여 나타내고 있다. 그림 2에 나타난 것과 같이 다공성 콘크리트를 이용한 경우가 SS(92%), COD(58%), BOD(72%)의 높은 처리효율을 나타내어, 다른 접촉여재를 이용한 경우보다 높은 유기물 처리효율을 보여주고 있는 것으로 조사되었다. 이와 같은 결과는 다공성 콘크리트가 다른 여재에 비하여 내부까지 연속된 복잡한 형상의 공극 구조를 갖고 있기 때문에 넓은 비 표면적과 다양한 환경 조건을 형성하게 되고, 그에 따라 표면에는 호기성 미생물의 부착과 동시에 내부에는 혐기성 미생물이 형성되는 등의 다양한 생물군의 서식공간이 형성되어 높은 유기물 처리효율을 나타내는 것으로 판단되어진다.

(2) 부착 미생물 군집량의 변화에 따른 유기물 처리효율

그림 3에서는 Batch test에서 사용된 부착 미생물량을 나타내었고, 그림 4에서는 부착 미생물량에 따른 유기물(DOC) 농도 변화를 나타내었다. 초기 유입수 유기물 농도는 28 mg/L(DOC 농도)로 2차 처리수와 Glucose를 사용하여 조제하였다.

본 연구에 사용된 부착 미생물량을 살펴보면 초기에 완만히 증가하다가 8일째부터 급격히 증가하여 10일째에 가장 높은 부착 미생물량을 보여주고, 12일째 크게 감소한 후 15일째 약간 증가하는 경향을 보여주고 있다. 부착 미생물량이 가장 높게 조사된 10일째 부착판을 이용한 경우 14시간 경과 후 유기물 농도 5.1 mg/L로 나타나 약 82%의 가장 높은 제거효율을 나타내었으며, 2, 4, 6, 8, 12, 15일째 부착판을 이용한 경우 각각 부착 미생물량 변화에 따른 작은 차이는 있으나 일반적으로 16시간이 경과한 시점에서 최저의 유기물 농도를 보여주고 있고, 그 효율 면에서도 약 75~79%로 비슷한 경향을 보여주고 있다.

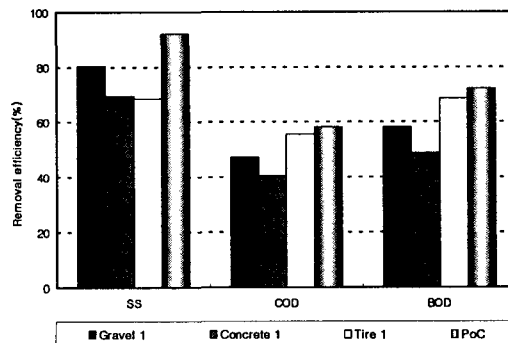


그림 2. Difference of removal efficiency by contact media

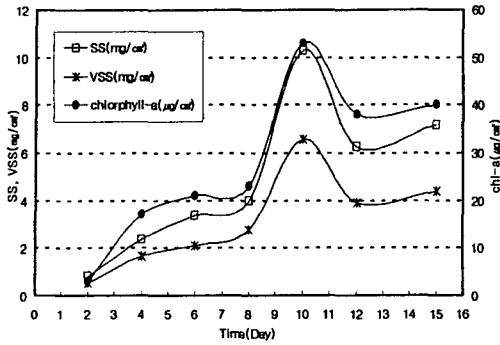


그림 3. Variation of biomass used in Batch test

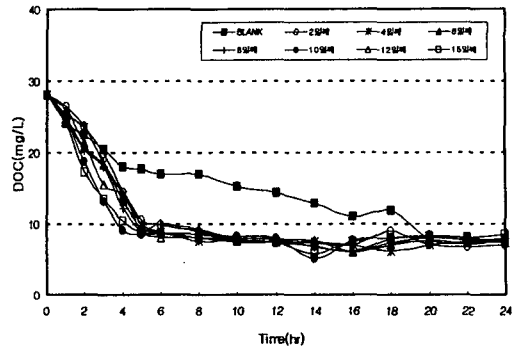


그림 4. Variation of DOC concentration with time under the each condition of days remained into river water in order to increase biomass

(3) 자연정화 공법(식물과 다공성 콘크리트)의 유기물 처리효율

1) SS 처리효율

그림 5에서는 운전기간 동안 조사된 유입수, 유출수의 SS 농도 변화와 처리효율을 나타내었다. 유입수의 평균 SS 농도는 12.9 mg/L, 여재 유출수의 평균 SS 농도는 1.6 mg/L, 여재와 식물을 통과한 최종 유출수의 평균 SS 농도는 1.2 mg/L로 조사되었다. 처리효율은 각각 평균 86.7%, 90.2%를 보여 약 3.5% 처리효율이 향상하였다.

2) BOD 처리효율

그림 6에서는 운전기간 동안 조사된 유입수, 유출수의 BOD 농도 변화와 처리효율을 나타내었다. 운전기간 동안 조사된 유입수의 평균 BOD 농도는 8.97 mg/L, 여재 유출수의 평균 BOD 농도는 3.13 mg/L, 식물과 여재를 통과한 최종 유출수의 평균 BOD 농도는 2.66 mg/L로 조사되었다.

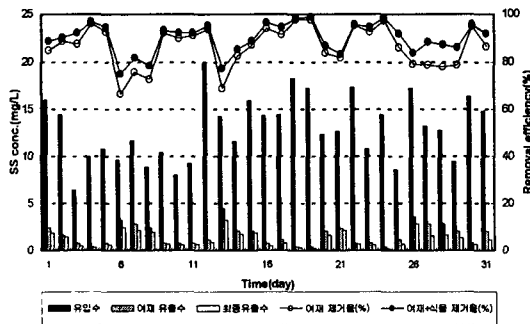


그림 5. Variation of SS concentration and removal efficiencies with times

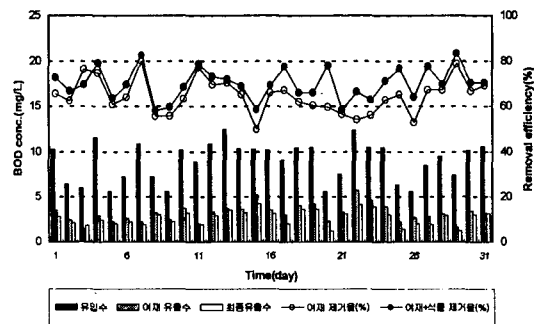


그림 6. Variation of BOD concentration and removal efficiencies with times

처리효율은 각각 평균 64.7%, 70.1%을 보여 약 5.4%의 처리효율 향상을 나타내었으며, 유입 BOD의 농도 변화가 크게 나타났지만 비교적 안정적인 처리효율을 보였다.

3) T-N 처리효율

그림 7에서는 운전기간 동안 조사된 유입수, 유출수의 T-N 농도 변화와 처리효율을 나타내었다. 운전기간 동안 조사된 유입수의 평균 T-N 농도는 9.66 mg/L, 여재 유출수와 여재와 식물을 통과한 최종 유출수의 평균 T-N 농도는 각각 7.63 mg/L, 5.32 mg/L로 조사되었다. 여재의 처리효율은 평균 20.7%, 식물과 여재의 처리효율은 평균 44.3%를 나타내어, 다른 수질측정항목에 비하여 낮은 처리효율이지만 매우 뚜렷한 처리효율 증가를 보였다.

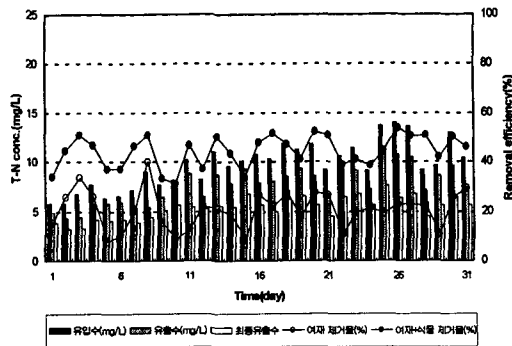


그림 7. Variation of T-N concentration and removal efficiencies with times

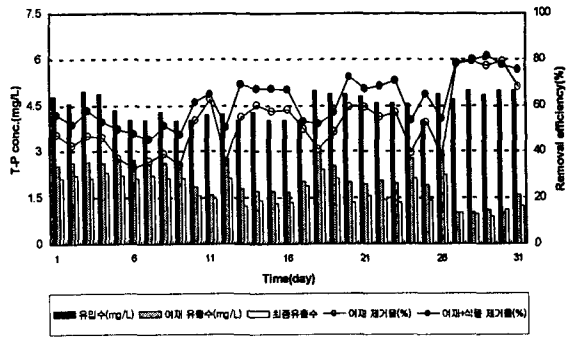


그림 8. Variation of T-P concentration and removal efficiencies with times

4) T-P 처리효율

그림 8에서는 운전기간 동안 조사된 유입수, 유출수의 T-P 농도 변화와 처리효율을 나타내었다. 운전기간 동안 조사된 유입수의 평균 T-P 농도는 4.50 mg/L, 여재 유출수의 평균 T-P 농도는 2.12 mg/L, 식물과 여재를 통과한 최종 유출수의 평균 T-P 농도는 1.70 mg/L로 조사되었다. 처리효율은 각각 평균 52.5%, 평균 61.8%를 나타내어 약 9.3%의 처리효율의 향상을 보였다.

4. 결론

본 연구는 미처리된 오폐수의 호소·하천 직접 유입을 막기 위한 방법으로서 식물과 다공성 콘크리트를 이용한 자연정화공법의 유기물 제거효율을 산정하였다. 식물과 다공성 콘크리트를 이용한 자연정화공정은 SS, BOD, T-N, T-P 등의 수질측정항목에서 전체적으로 안정적인 처리효율을 보여주었다. 특히, 기존의 접촉 산화법에서 해결되지 않았던 질소(N), 인(P)의 제거 문제에 있어서 T-N, T-P의 제거효율이 뚜렷한 증가를 보여 앞으로 다양한 수질정화공법에 활용 가능한 방법으로서 그 실용화가 기대되어진다.

식물과 접촉여재를 이용한 자연정화공법은 오염된 하천수나 미처리된 처리수의 수질 개선뿐만 아니라 친수 기능 및 생물권 회복이라는 의미에서 그 의의가 크다고 할 수 있겠다. 또한 본 연구의 수질정화공법은 시공비가 저렴하며 유지관리가 용이하고, 인력 사용면에 있어서도 효율적일 것으로 판단된다. 앞으로 다양한 접촉여재와 식물을 이용한 공정에 관한 연구로 기존에 유사한 공정에서 문제시되었던 막힘 현상과 슬러지의 처리 문제, 식물의 사체로 인한 유기물 증가 문제를 보완한 공정의 개발이 필요할 것으로 사료된다.

5. 감사의 글

본 연구는 경기지역환경기술개발센터의 지원으로 수행되었습니다. 연구지원에 감사 드립니다.

6. 참고문헌

1. 郭丙燦, 생물막공법을 이용한 질소·인 제거, 석사학위 논문, 中央大學校(1999)
2. 진서형, 다공질 여재에 부착한 생물막의 기질제거특성에 관한 연구, 석사학위 논문, 서울시립대학교(1999)
3. 황환국, 오염된 소하천의 고효율 정화방법, 건설기술정보(1998)
4. 정연식, 포러스콘크리트의 특성과 용도, 동양중앙연구소, pp. 23-31(1998)
5. 김원중, 김영철, 사상성 조류매트 공법을 이용한 농어촌 소하천수의 영양염류 제거특성에 관한 연구, 한국물환경학회지, 한국물환경학회, Vol. 16, No. 3, pp. 335-344(2000)
6. 이인철, 송현구, Tadashi Uchida,水生植物을 이용한 水域의 水質淨化技術의 適用性, 한국물환경학회지, 한국물환경학회, Vol. 16, No. 3, pp. 345-356(2000)
7. 나규환, 권성환, 이장훈, 수생식물을 이용한 수질정화에 관한 연구, 한국환경위생학회지, 한국환경위생학회, Vol. 22, No. 3, pp.49-55(1996)
8. 공동수, 대형수생식물을 이용한 수질개선 기법의 현황과 전망, 과학재단 학연산연구교류회, pp. 1-50(1997)
9. 공동수, 정원화, 천세억, 김종택, 호소 내 오염하천 유입부의 식물에 의한 정화처리 연구(Ⅱ), 국립환경연구원, NIER No. 96-17-488, pp. 247(1996)
10. Tchobanglous, G., Aquatic Plant Systems for Wastewater Treatment : Engineering Consideration. In Aquatic Plant for Water Treatment and Resource Recovery. K. R. Reddy and W. H. Smith(Eds.), *Magnolia Pub., Inc.*, 27(1987)
11. 社團法人 農村環境整備センター, 農村に適した水質改善手法, 163~193(1995)
12. 김이태, 바람직한 오염하천 정화사업 추진 방향, 건설기술정보(1998)
13. W, G. CHARACKLIS, *Fouling Biofilm Development : A Process Analysis, Biotechnology and Bioengineering*, Vol. 13, pp. 1923-1960(1981)