

부착미생물과 부유수생식물을 이용한 공정에서 유기물 및 영양염류 제거에 관한 연구

선 옹 호

상지대학교 환경공학과

(접수 : 2008. 7. 25., 게재승인 : 2008. 8. 14.)

A Study on the Removal of Organics and Nutrients in the Process Using Attached Biomass and Aquatic Floating Plants

Yong-Ho Seon

Department of Environmental Engineering, Sangji University, Wonju, Kangwon-Do 220-702, Korea

(Received : 2008. 7. 25., Accepted : 2008. 8. 14.)

This study was accomplished using Anaerobic/Anoxic/Oxic biofilm reactors with fixed media and post-treatment reactor for natural purification with aquatic floating plants. The objectives of this study was to investigate the characteristics of organics, nitrogen and phosphorus removal from sewage with the HRT. The average removal efficiency of SS and COD_{Cr} increases as increasing the hydraulic retention time (HRT) until 12 hr of the HRT, and it was constant over 12 hr of the HRT. The removal efficiency of them was about 93% and 89% respectively over the 12 hr of HRT. The average BOD_5 and COD_{Mn} increases as increasing the HRT and the removal efficiency of them was 84.91% and 76.03% respectively at the 26 hr of HRT. The removal efficiency of T-N and T-P increases as increasing the HRT until 61 hr of the HRT, and it was constant over 61 hr of the HRT. At the HRT of 61 hr, it was 70.20%, 77.86% respectively. It was found that the optimum HRT was 61 hr in case of the nutrients. Before and after experiment, the nitrogen content was similar in leaves of the water hyacinths but the nitrogen content in roots after experiment was 5.5% more than its content before experiment. It was known that the nitrogen was absorbed by the water hyacinths.

Key Words : Aquatic floating plants, water hyacinths, HRT, organics, nutrients, T-N, T-P, removal efficiency

서 론

최근 비료 사용 증가, 고랭지 채소 재배 면적의 증가 등에 의한 비점오염원 증가와 축산의 대형화에 의한 원인으로 국내의 호소 및 하천 등의 수질이 크게 악화되고 있으며 특히 질소 및 인에 의한 수질오염에 의해 하천 및 호소가 부양화 상태이거나 부영양화가 진행되고 있다. 또 정부에서는 한강 상류 등 댐 상류지역에서의 오염물 차단을 위해 많은 계획을 세우고 있으나 예산 부족과 비점오염원 증가에 따른 오염 부하량 산정의 어려움을 겪고 있다. 기존의 고도처리되는 인위적인 공정으로 처리효율은 매우 높으나 설치 및 유지관리에 막

대한 예산이 소요된다는 단점이 있다. 최근 이러한 단점을 보완하고자 자연 정화법인 부레옥잠, 갈대 등을 이용한 수처리법에 대한 많은 연구가 진행되고 있으며 이러한 처리시설은 기계적인 요소 또는 인공적인 구조물에 대한 의존도가 매우 낮아 시공비가 저렴하고 운전 및 유지관리가 거의 필요 없는 매우 경제적인 시설이다(1). 또한, 하폐수처리와 더불어 별도로 수확한 식물은 새로운 단백질원이나 메탄가스의 생성 원료 및 동물사료로 이용할 수 있는 부가적인 장점으로 인해 외국의 경우 수생식물을 이용한 폐수처리 및 자원화에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다(2). 예를 들면 20℃ 이상의 수온에서 잘 자라며 우리나라에서는 6~7개월 동안 재배가 가능한 부레옥잠은 살아있는 수질 정화장치로서 아메리카 대륙의 열대지방이 원산인 다년생 관상식물로, 잎줄기에 공기주머니가 달려 있어 물위에 떠서 살아가며, 부영양화를 일으키는 질소와 인을 먹어치우는데, 1 hectare의 부레옥잠은 1년에 1,700 kg의 질소와 300 kg의 인을 빨아들이며, 이것은 5백여

† Corresponding Author : Department of Environmental Engineering, Sangji University, Wonju, Kangwon-Do 220-702, Korea
Tel : +82-33-730-0445, Fax : +82-33-730-0403
E-mail : yhseon@sangji.ac.kr

명의 사람들이 내버리는 폐수를 깨끗한 물로 바꾸는 셈이 된다(3, 4). 그러나 처리능력이 낮아 이러한 자연정화법만을 사용하기에는 한계가 있다. 정부에서는 1996년 1월 1일부터 총인과 총질소의 방류수 수질기준을 수질환경보전법에 명시하여 배출을 규제하고 있으며 이의 수질 기준이 계속 강화되고 있는 실정이다. 따라서 이러한 자연정화법을 개선한 새로운 고도처리시설의 개발이 요구되고 있다.

기존의 처리시설인 생물막법에서의 호기성 처리의 기전은 활성슬러지법과 비교할 때 본질적으로 다르지 않으나, 안정된 생물막을 형성하고 있기 때문에 증식속도가 빠르지 않은 종류의 세균도 공생하여 정화에 관여하며 생물막의 내층에는 혐기성세균도 자라고 있어 생물이 처리수중에 균등하게 현탁 분산해 있는 활성슬러지법과 비교하면 훨씬 다양한 생물이 출현하므로 활성슬러지법보다도 복잡한 생물기전이 관여하여 한단계 진보된 정화가 일어나는 공법으로 이 시설에서 어느 정도 유기물을 분해시킬 수 있으나 질소 및 인의 처리에는 한계가 있다(5). 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해 기존의 생물막법을 이용한 유기물 처리시설에 질소 및 인 처리를 위한 자연정화시설을 연계 처리하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 미생물이 부착된 고정상 담체를 이용한 혐기조 및 무산소조, 호기조로 구성된 A²O 생물막 장치와 부유수생식물을 이용한 자연정화장치에서 생활오수를 이용하여 성능 실험을 수행한 후 수리학적 체류시간 (HRT)에 따른 유기물 및 영양염류인 T-N, T-P의 제거 특성에 대해 연구하였다.

재료 및 방법

실험재료 및 장치

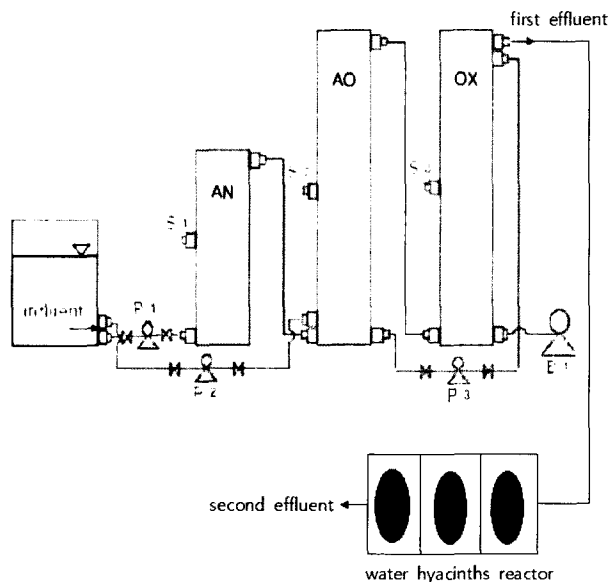


Figure 1. Schematic diagram of experimental apparatus.

본 실험에 사용된 원수는 S대학교 학생회관에서 배출되는 주로 식당폐수로 구성된 생활하수이며 실험장치는 Fig. 1에서 같이 아크릴재질로 이루어진 생물막 공정인 3개의 반응조인 혐기조, 무산소조, 호기조와 자연정화 장치인 부레옥잠 수조

로 구성되어 있다. 혐기조, 무산소조 및 호기조의 지름은 12cm 이고 높이는 혐기조가 63cm, 무산소조와 호기조가 103cm인 원통형으로 그 용적은 약 6 L, 10 L, 10 L로서 총 용적이 26 L로 제작하였고 생물막으로 이용한 여재는 세로 3cm, 가로 5cm의 폴리에틸렌 재질의 원통형으로 표면을 거칠게 하기 위해 사포로 문질러 준 후 각 반응조에 이 여재를 충전하였다. 각 반응조별 여재 충전율은 모두 반응조 부피의 70%로 하고 실온에 맞추어 실험을 실시하였다. 1차 처리조 (혐기조, 무산소조, 호기조)에서 배출된 오수를 2차 처리조인 수계식물인 부레옥잠을 이용한 수조로 유입시켜 최종 유출수를 얻었다. 2차 수계식물 처리조의 전체 용적은 0.096 m³ (1.01 m 길이×0.61 m 폭×0.155 m 높이)이고, 실제 오수가 차 있는 용량은 54 L이며, 1차 처리 반응조와 동일하게 아크릴 재질로 제작하여 설치하였으며 부유 수생식물로는 부레옥잠을 이용하였고 총 30개의 부레옥잠이 사용되었다.

실험방법

혐기조와 무산소조로 유입되는 원수는 Watson Marlow 정량펌프를 사용해서 일정 유량으로 공급하였으며, 호기조에 약 1.5 L/min으로 공기를 공급되도록 하였다. 우선 1차 반응기인 상향류식 고정상 담체 반응기의 원활한 성능을 위해 HRT를 실온에서 운전초기에는 60 hr으로 하여 운전하면서 15일 정도 미생물 식중에 의한 미생물 부착을 실시한 후 HRT를 12 hr으로 고정된 후 실험을 수행하였다. 고정상 담체 반응조로 처리한 방류수는 처리수조에 모아 다음 단계인 2차 수생식물 처리조로 보내 실험을 수행하였으며 2차 처리조의 HRT를 각각 6 hr, 12 hr, 26 hr, 61 hr, 84 hr, 108 hr로 변화를 주어 HRT에 따른 성능실험을 수행하였다.

본 실험에 사용된 수질 분석법은 수질오염공정시험법 (이하 KSM)(6)과 EPA Standard Method(7)를 이용하였으며 구체적인 방법과 사용기기는 Table 1과 같다.

Table 1. Analytical Methods and Equipment Used in Experiment

Parameter	Analytical Method	Equipment
pH	KSM	Orion 290A
Temperature	KSM	Orion 290A
DO	KSM	YSI 55
COD _{Cr}	EPA Standard Method (Closed Reflux Method)	Shimadzu UV-1601
COD _{Mn}	KSM	Water Bath (Lab-1060)
BOD ₅	KSM	YSI Model 58, Incubator (R-IB120)
SS	KSM	Vacuum Pump (DOA-P104-AA)
T-N	KSM	Shimadzu UV-1601
T-P	KSM	Shimadzu UV-1601

결과 및 고찰

pH 및 수온의 변화

수소이온농도 (pH)는 효소활성에 영향을 미침으로써 미생물 성장속도에 영향을 미친다. pH는 미생물의 효소에 관계되며 각 미생물에는 최적 pH의 영역이 있어 그 이상 그 이하가 되면 활성이 급격히 저하되기 때문에 중성인 pH 7 근방이 좋으며 보통 pH 6.0~9.5의 범위내로 유지되어야 하는 것이 보통

이다. 미생물에 있어 최적 pH는 6.5~7.5 정도로 알려져 있다. Fig. 2는 HRT가 26 hr인 경우 시간에 따른 pH의 변화를 나타낸 것으로 유입수의 pH는 6.0~7.4이고 평균 pH는 6.6으로 나타났고, 배출수의 pH 값의 5.7~6.8 평균 pH는 6.2를 나타내었다. HRT가 6 hr, 12 hr, 61 hr, 84 hr, 108 hr인 경우 유입수의 pH값은 6.0~7.4이고 배출수의 pH는 5.8~7.6로 HRT 26 hr의 경우와 비슷하였으며 배출수를 방출하는데 이상이 없는 적정 pH의 범위를 나타내었다.

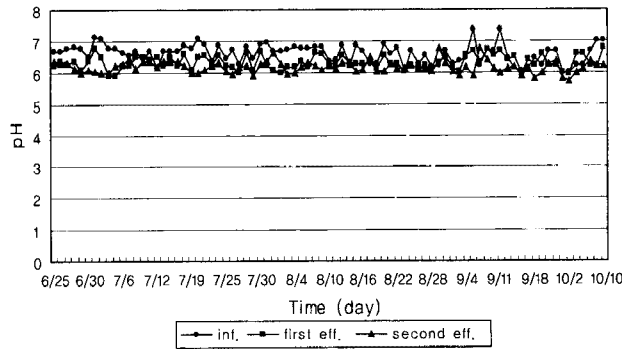


Figure 2. Changes of pH at HRT 26 hr.

수온의 경우 통상 미생물이 증식할 수 있는 한계농도는 0~70°C이지만 종류에 따라 그 이상의 온도에서도 증식 가능한 것도 있으며 온도가 10°C 상승함에 따라 반응속도가 2~3배 증가한다고 보고 되고 있다. 일반적으로 미생물 처리는 중온성 미생물에 의한 처리가 대부분이므로 10~40°C 정도가 유지되어야 한다.

Fig. 3은 HRT가 26 hr인 경우 수온의 변화를 그래프로 나타낸 것이다. 유입수의 온도는 21.3°C~25.8°C이고 평균온도는 23.7°C이었으며, 배출수의 온도는 20.9°C~25.9°C, 평균온도는 23.7°C이었다.

HRT가 6 hr, 12 hr, 61 hr, 84 hr, 108 hr인 경우 유입수의 온도는 18.9°C~24.3°C이었으며, 배출수의 온도는 19.5°C~24.4°C이었다. 모든 경우에 수온의 변화는 거의 차이가 없었으며 특히 동절기에도 계절적 변화를 고려하여 최대한 실내 온도가 일정하게 유지되도록 노력하였다.

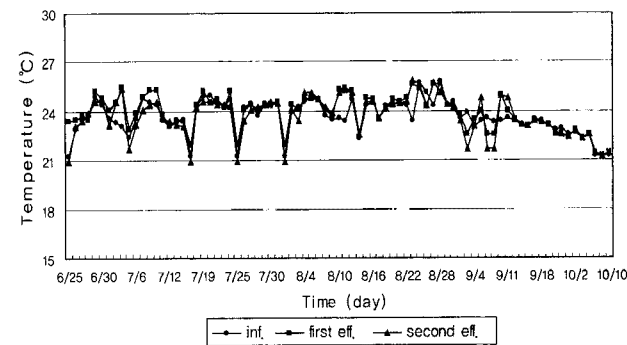


Figure 3. Changes of temperature at HRT 26 hr.

부유물질 제거

부유물질 (SS)은 수중에서 현탁되어 탁도를 유발하는 불용성 물질로서 0.1 μm의 여과지에 여과되지 않고 걸리는 물질을 나타낸다. 토양의 점토성 물질, 초목, 낙엽 등의 분해물이 하천수

중의 부유물질 원인이 된다. 부유물질은 하폐수의 오염물 분석에 있어 중요한 지표의 하나로, 하수 및 폐수에 운반되어 오는 입자상 고형물의 양을 측정하여 각종 처리장치에 유입되는 부유물질의 부하를 알 수 있으며 유출수의 부유물질의 양을 측정함으로써 처리효율을 결정할 수 있다. 또한 SS는 빛의 투과율과도 관계되는 중요한 항목으로 SS 농도가 증가하면 빛의 투과율이 낮아지고 수중 동식물의 생육에 악 영향을 미치며 수중에서 분해되어 BOD 증가의 원인이 되기도 한다.

Fig. 4는 HRT가 26 hr인 경우 시간에 따른 SS 농도 변화를 나타낸 것이다. 유입수의 SS 농도는 90~118 mg/L, 평균 농도는 104.5 mg/L 이었고, 배출수 SS 농도는 2~18 mg/L이며 평균 농도는 8.2 mg/L이었고, 평균 제거율은 92.15% 이었다.

Fig. 5는 HRT에 따른 평균 SS 제거율을 나타낸 것으로 HRT가 6 hr, 12 hr, 26 hr, 61 hr, 84 hr, 108 hr인 경우에 평균 SS 제거율은 각각 80.62%, 92.98%, 92.15%, 90.54%, 94.32%, 94.85%로 HRT 12 hr 이상에서는 거의 비슷한 수치를 나타내고 있다. 본 처리장치에서 SS를 90% 이상 제거하기 위해서는 HRT를 12 hr 이상 하여야 하며 경제적인 면에서 최적 HRT는 12 hr인 것을 알 수 있다.

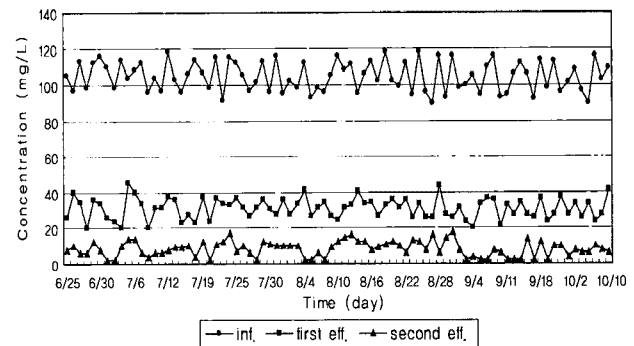


Figure 4. Changes of SS concentration at HRT 26 hr.

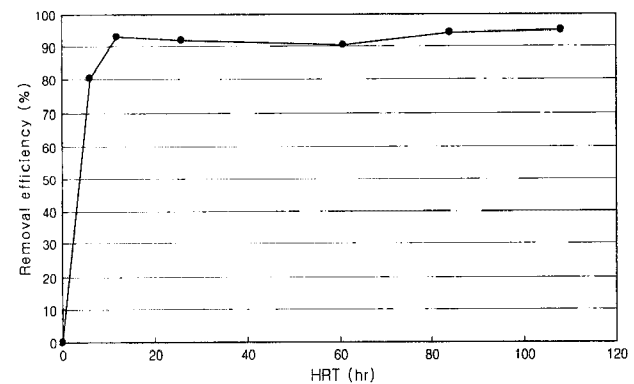


Figure 5. Variation of SS removal efficiency with HRT.

유기물 제거

오염된 물의 수질을 표시하는 한 지표로 즉 유기물 농도의 간접 지표로 사용되고 있는 대표적인 것이 생물화학적 산소 요구량 (BOD₅)이다. 하천·호소·해역 등의 자연수역에 도시폐수·공장폐수가 방류되면 그 중에 산화되기 쉬운 유기물질이 있어서 자연수질이 오염된다. 이러한 유기물질을 수중의 호기성세균이 산화하는데 소요되는 용존산소의 양을 mg/L 또는 ppm으로 나타낸 것이 생물화학적 산소요구량이다. 실제 물속

에는 유기물질의 종류가 대단히 많아 일일이 그 농도를 각기 측정하는 일은 대단히 큰 작업이다. 따라서 이들이 물속에 들어와서 갖는 공통적 특성, 즉 호기성 미생물에 의해 소모되는 산소량만 측정하여 간접적으로 유기물의 양을 측정하는 방법이다. 이때 미생물은 유기물을 분해 섭취하여 세포를 합성하게 되며 없어진 유기질량 만큼 산소가 소모된다 하겠다. 따라서 BOD 농도가 높다는 것은 수중에 유기물질이 다량 함유되어 미생물이 이것을 분해 안정화 하는데 많은 양의 산소를 소모해야 한다는 것이다. 따라서 이런 물에서는 DO가 낮아지거나 혹은 혐기성상태가 유발된다. 반대로 BOD 농도가 낮다는 것은 수중에 유기물질 함유량이 적어 적은 양의 산소가 소모되었다는 것이다. 따라서 BOD 농도는 수중의 DO의 상태를 파악할 수 있는 간접적 지표로서 유입된 유기물의 농도와 더불어 용존산소를 결핍시키는 잠재능력의 평가항목으로 이용되고 있다. 보통 BOD는 관습적으로 20℃에서 5일간 해당시료를 배양했을 때 소모된 산소량을 측정하는데 BOD₅ 라고하며 통상 그냥 BOD라고도 한다.

Fig. 6은 HRT가 26 hr일 때 시간에 따른 BOD₅ 농도를 나타낸 것으로 유입수의 BOD₅ 농도는 27.6~49.32 mg/L, 평균 농도는 38.39 mg/L이었고, 배출수의 농도는 0.6~18 mg/L, 평균 농도는 5.79 mg/L, 평균 제거율은 84.91%이었다.

Fig. 7은 HRT에 따른 평균 BOD₅ 제거율을 나타낸 것으로 HRT가 6 hr, 12 hr, 26 hr, 61 hr, 84 hr, 108 hr인 경우에 평균 BOD₅ 제거율은 각각 76.76%, 83.66%, 84.91%, 85.88%, 86.67%, 91.61%로 제거율이 HRT에 따라 계속 증가하였으며 HRT 12 hr 전후로 증가 폭이 다른 경향을 나타내고 있다. 84% 이상의 BOD₅ 제거를 위해서는 HRT 12 hr 이상으로 운전해야 함을 알 수 있었다.

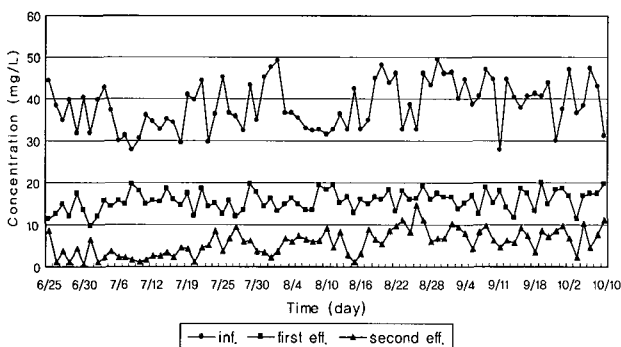


Figure 6. Changes of BOD₅ concentration at HRT 26 hr.

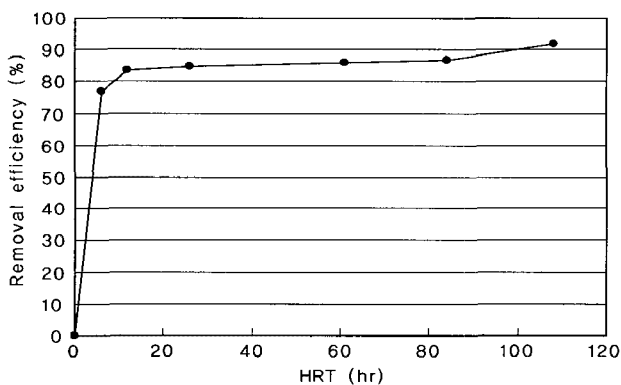


Figure 7. Variation of BOD₅ removal efficiency with HRT.

유기물 농도의 간접 지표로 흔히 사용되고 있는 것으로 화학적 산소요구량 (COD)이 있으며, COD 측정 방법에는 산화제로 중크롬산칼륨을 사용하는 크롬법과 과망간산칼륨을 사용하는 망간법이 있으며 두 가지 방법 모두다 수중의 유기물을 산화 시키는 것으로 COD 측정 원리는 같으며 산화정도의 차이이다. 크롬법이 국내에서 적게 사용되는 이유는 법적으로 망간법이 사용되고 있고 크롬법이 망간법보다 시약이 비싸고, 환경오염정도가 더 심하고 실험 후 폐액처리가 곤란하고 측정시간이 4배 더 길고 약조제와 factor 산출이 더 까다롭기 때문이다. 그러나 크롬법이 망간법보다 산화력이 더 크므로 크롬법이 이론적인 산소요구량에 더 가깝기 때문에 더 정확한 수치를 보이므로 서구지역에서는 더 많이 사용되고 있으며 앞으로 우리나라도 이 방법으로 완전 전환할 가능성이 크며 법적으로 일부 사용되고 있다.

Fig. 8은 HRT가 26 hr인 경우 시간에 따른 COD_{Cr} 변화를 나타낸 것이다. 유입수의 COD_{Cr} 농도는 126.08~177.84 mg/L이며 평균 농도는 154.77 mg/L이었고, 배출수의 COD_{Cr} 농도는 6.22~35.62 mg/L이며 평균 농도는 18.86 mg/L, 평균 제거율은 87.81%이었다.

Fig. 9는 HRT에 따른 평균 COD_{Cr} 제거율을 나타낸 것으로 HRT가 6 hr, 12 hr, 26 hr, 61 hr, 84 hr, 108 hr인 경우에 평균 COD_{Cr} 제거율은 각각 54.64%, 88.94%, 87.81%, 89.12%, 89.27%, 89.56%로 제거율이 HRT 12 hr인 경우까지 증가하다가 HRT 12 hr 이상에서는 거의 일정한 값을 나타내었으며 SS의 경우와 비슷한 경향을 보이고 있다. 89% 이상의 COD_{Cr} 제거를 위해서는 HRT 12 hr 이상으로 하여야 하며 최적 COD_{Cr} 제거율은 12 hr임을 알 수 있었다.

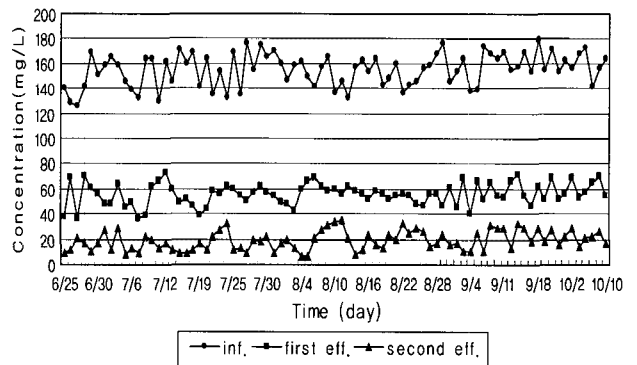


Figure 8. Changes of COD_{Cr} concentration at HRT 26 hr.

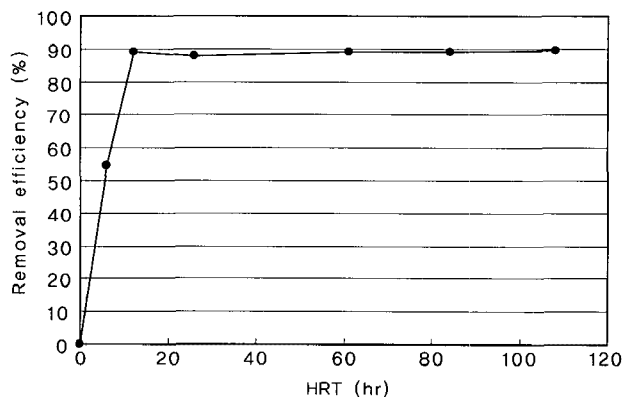


Figure 9. Variation of COD_{Cr} removal efficiency with HRT.

법적으로 사용되고 있는 망간법에 의한 COD 분석 결과를 나타낸 것이 Fig. 10과 Fig. 11이며 Fig. 10은 HRT가 26 hr인 경우 시간에 따른 COD_{Mn} 변화를 나타내 것으로 유입수의 COD_{Mn} 농도는 34~56 mg/L이며 평균 농도는 44.49 mg/L이었으며, 배출수의 COD_{Mn} 농도는 4~18 mg/L, 평균 농도는 10.66 mg/L이었으며 평균 제거율은 76.03%이었다.

Fig. 11은 HRT에 따른 평균 COD_{Mn} 제거율을 나타낸 것으로 HRT가 6 hr, 12 hr, 26 hr, 61 hr, 84 hr, 108 hr인 경우에 평균 COD_{Mn} 제거율은 각각 55.50%, 64.45%, 76.03%, 82.28%, 83.72%, 85.01%로 HRT가 증가함에 따라 COD_{Mn} 제거율은 계속 증가하는 양상을 보여주고 있다. 82% 이상의 COD_{Mn} 제거를 위해서는 HRT 61 hr 이상을 하여야 하며 최적 COD_{Mn} 제거율은 61 hr임을 알 수 있었다.

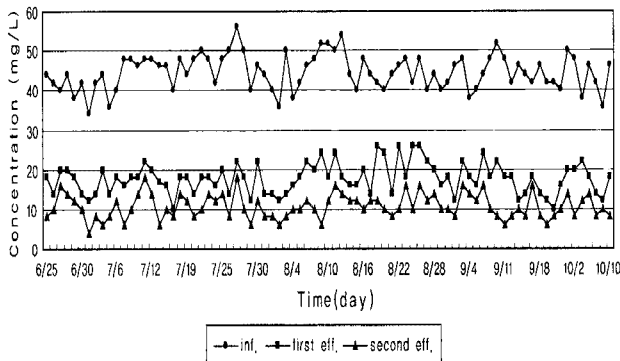


Figure 10. Changes of COD_{Mn} concentration at HRT 26 hr.

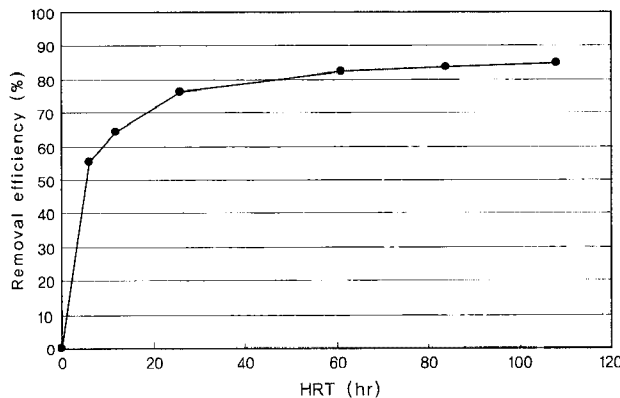


Figure 11. Variation of COD_{Mn} removal efficiency with HRT.

영양염류 제거

영양염류로는 질소와 인이 해당되며 질소는 유기성 질소 및 무기성 질소의 총합으로 유기성 질소에는 아미노산, 폴리펩티드 단백질을 비롯한 여러 유기화합물의 질소가 있다. 또 무기성 질소에는 암모니아성 질소와 아질산성 질소, 질산성 질소 등이 있다. 질소는 비료의 3요소 중의 하나로 인과 같이 하천이나 호소에서 부영양화를 일으키는 원인물질이며 식물의 섭식 형태는 암모니아성 질소와 질산성 질소이다. 이러한 수역에서의 조류의 성장을 조절하려면 오수 내의 질소를 제거하거나 감소시킨 후 처리수를 배출하여야 할 것이다. 하폐수 내의 질소 화합물의 주요 발생원은 분뇨, 가축분뇨 등 배설물과 농경지에 살포되는 비료 등이 있다.

Fig. 12는 HRT가 26 hr인 경우 유입수의 T-N 농도는

26.32~38.92 mg/L, 평균은 32.51 mg/L이었고, 배출수의 T-N 농도는 9.46~17.88 mg/L, 평균 농도는 15.18 mg/L이었으며 평균 제거율은 53.31%이었다.

Fig. 13은 HRT에 따른 평균 T-N 제거율을 나타낸 것으로 HRT가 6 hr, 12 hr, 26 hr, 61 hr, 84 hr, 108 hr인 경우에 평균 T-N 제거율은 각각 28.20%, 36.32%, 53.31%, 70.20%, 71.61%, 71.87%로 HRT 61 hr까지는 계속 증가하다가 HRT 61 hr 이상에서는 거의 비슷한 수치를 나타내었다. 이러한 경향은 인의 경우와 비슷하였으며 70% 이상의 T-N 제거를 위해서는 HRT 61 hr 이상을 하여야 하며 최적 T-N 제거율은 61 hr임을 알 수 있었다. 실험 완료 후 부레옥잠을 분석한 결과, 부레옥잠의 잎에서는 실험 전 후의 질소 함량이 비슷하였으나 뿌리에서는 5.5%가 더 많은 질소가 발견되었다. 이로 인해 부레옥잠이 질소를 흡수한다는 사실을 알 수 있었다.

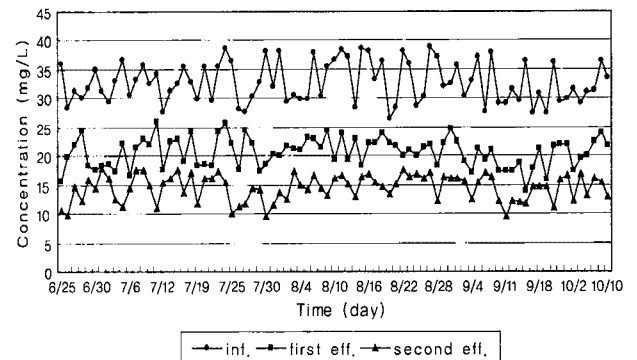


Figure 12. Changes of T-N concentration at HRT 26 hr.

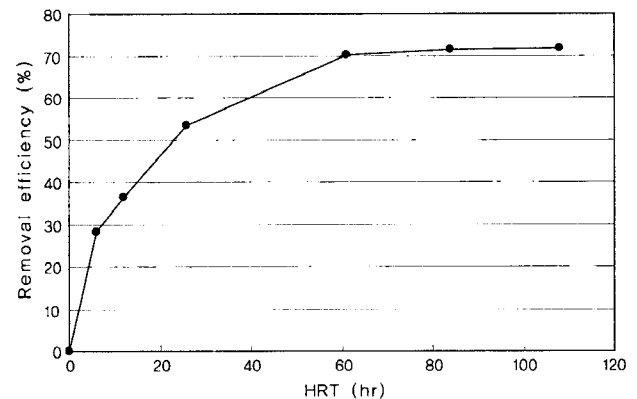


Figure 13. Variation of T-N removal efficiency with HRT.

인 (Phosphorus)은 자연수 중에서 미량 존재하지만, 하폐수 내의 인화합물은 세제 및 비료의 영향으로 발생하며 세제에는 인산염이 광범위하게 쓰이고, 농경지에서는 비료로 대량 사용되고 있다. 인은 질산염과 함께 조류와 플랑크톤의 번식에 있어서 주영양분이기 때문에 부영양화의 주원인이 되고 있다. 농경지에 비료로 사용된 오르토인산염은 비에 섞여 하천으로 유입되고, 유기 인산염은 주로 생물학적 과정에서 생성된다. 다중 인산염은 모두 수용액 속에서 천천히 분해되어 본래의 오르토 형태로 돌아간다.

Fig. 14는 HRT가 26 hr인 경우의 시간에 따른 T-P 농도의 변화를 나타낸 것으로 유입수의 T-P 농도는 5.17~6.87 mg/L이며 평균 농도는 5.93 mg/L이었고, 배출수의 T-P 농도는 1.54~2.78 mg/L,

평균 농도는 2.12 mg/L이었으며 평균 제거율은 64.25%이었다.

Fig. 15은 HRT에 따른 평균 T-P 제거율을 나타낸 것으로 HRT가 6 hr, 12 hr, 26 hr, 61 hr, 84 hr, 108 hr인 경우에 평균 T-N 제거율은 각각 33.51%, 45.93%, 64.25%, 77.86%, 77.83%, 77.45%로 HRT 61 hr까지는 계속 증가하다가 HRT 61 hr 이상에서는 거의 비슷한 수치를 나타내었다. 78% 이상의 T-P 제거를 위해서는 HRT 61 hr 이상을 하여야 하며 최적 T-N 제거율은 61 hr임을 알 수 있었다.

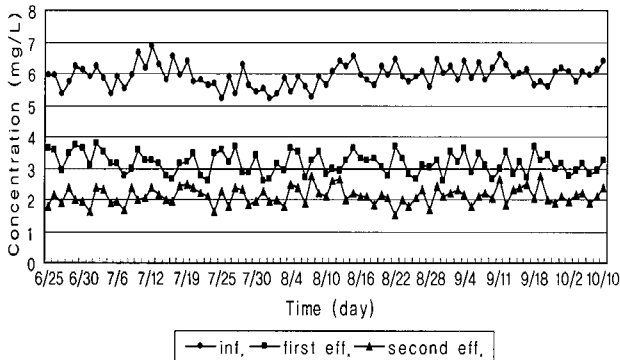


Figure 14. Changes of T-P concentration at HRT 26 hr.

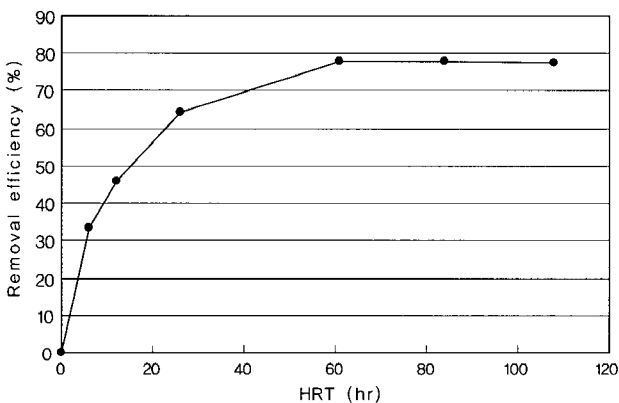


Figure 15. Variation of T-P removal efficiency with HRT.

요 약

본 연구에서는 혐기조 및 무산소조, 호기조로 구성된 미생물이 부착된 고정상 담체를 이용한 A^2O 생물막 장치와 부유수생식물인 부레옥잠을 이용한 자연정화장치에서 생활오수를 이용하여 성능실험을 수행한 후 HRT에 따른 유기물 및 T-N, T-P의 제거 특성을 알아보았다. 평균 SS 제거율과 COD_{Cr} 제거율은 HRT가 증가함에 따라 증가하다가 HRT 12 hr 이상에서는 각각 제거율이 93%, 89% 정도의 일정한 수치를 나타내었다. 반면에 평균 BOD_5 제거율 및 평균 COD_{Mn} 제거율은 HRT가 증가함에 따라 제거율은 계속 증가하는 양상을 보여주고 있으며 HRT 26 hr일 때 각각의 제거율은 84.91%, 76.03%이었다. 한편 평균 T-N 제거율 및 T-P 제거율은 HRT 61 hr까지는 계속 증가하다가 HRT 61 hr 이상에서는 거의 비슷한 수치이었으며 HRT 61 hr일 때의 평균 T-N 및 T-P 제거율은 각각 70.20%, 77.86%이었으며 영양염류 제거 관점에서 최적 HRT는 61 hr임을 알 수 있었다. 부레옥잠의 앞에서는 실험 전 후의 질소 함량

이 비슷하였으나 뿌리에서는 5.5%가 더 많은 질소가 발견되어 부레옥잠이 질소를 흡수한다는 사실을 알 수 있었다.

감 사

이 논문은 2006년도 상지대학교 교내 연구비 지원에 의한 것으로 이에 감사를 드립니다.

REFERENCES

1. Kwon, A. R. and C. H. Park (2003), A Study on Water Quality Remediation using Aquatic Plants, *J. of KSEE* 25(4), 415-420.
2. Kim, B. U. and J. M. Rim (2001), Treatment of High-strength Swine Wastewater by Anaerobic Digestion and Aquatic Plants System, *J. of KSEE* 23(6), 911-920.
3. Jun, M. S. and B. C. Kim (1994), The Effect of Nutrients Concentration upon the Growth of Water Hyacinth, *J. KSWQ* 10(2), 128-135.
4. Hauser, J. R. (1984), Use of Water Hyacinth Aquatic Treatment System for Ammonia Control and Effluent Polishing, *J. Wat. Pollut. Control Fed.* 56, 219-225.
5. Seon, Y. H. (2005), The Removal of Organics and Nitrogen with Step Feed Ratio Change into the Anoxic and Anaerobic Reactor in Advanced Sewage Treatment Process Using Nonsurface-modified and Surface-modified Media Biofilm, *Korean J. Biotechnol. Bioeng.* 20(4), 253-259.
6. Ministry of Environment (2002), Korean Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, p.691, Dong Hwa Technology Publishing Co., Seoul.
7. APHA (1998), Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th ed., p.5-17, American Public Health Association, Washington DC.
8. Metcalf & Eddy (2003), Wastewater Engineering : Treatment and Reuse, 4rd ed., pp887-930, McGraw-Hill, New York.
9. Yoon, C. H., M. S. Kim and S. H. Kim (2006), Characteristics of Biological Nitrogen Removal for Low C/N Ratio Municipal Wastewater Using Methanol as an External Carbon Source in A_2O Fluidized Media Process, *J. of KSEE* 28(6), 687-692.
10. Hur, S. H. (2003), The Removal Technique of Nitrogen and Phosphorus of Sewage Using CN-Biocontact, *J. Environ. Hitechno.* 11(11), 102-109.
11. Wett, B. and W. Rauch (2003), The Role of Inorganic Carbon Limitation in Biological Nitrogen Removal of Extremely Ammonia Concentrated Wastewater, *Wat. Res.* 37, 1100-1110.