

표면개질 담체를 이용한 무산소/호기 공정에서의 유기물 및 영양염류 제거

선 용 호

상지대학교 환경공학과

(접수 : 2008. 1. 10., 게재승인 : 2008. 1. 31.)

The Removal of Organics and Nutrients in an Anoxic/Oxic Process Using Surface-modified Media

Yong-Ho Seon

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

(Received : 2008. 1. 10., Accepted : 2008. 1. 31.)

Surface of hydrophobic media was modified to become hydrophilic by ion beam irradiation. Fixed bed biofilm reactors packed with or without surface modification were used to remove organics, nitrogen, and phosphorus from sewage. This system composed of anoxic/oxic cycles to increase the nutrient removal. A cylindrical polyethylene was used as a packing media in this study. With 12 hours of hydraulic retention time (HRT), the reactors with and without surface modification showed 95% and 92% COD_{Cr} removal, respectively. Both reactors showed over 95% COD_{Cr} removals for a longer HRT of 16 hours. Nitrogen removal ranged 54.8% to 70.2% for the surface modified system and 57.5% to 76.5% for the non-modified system under same condition. Finally, phosphorus removal ranged 59.4% to 69.8% for the surface modified system and 51.3% to 63.4% for the non-modified system under same condition. From this study organics and phosphorus were better removed in using surface modified media and vice versa for nitrogen removal.

Key Words : Surface-modified media, biofilm, sewage, organics, nutrients, HRT, anoxic/oxic process

서 론

하수는 가정, 상업지역, 공공시설 등 일상적인 과정 및 도시생활과정에서 배출되는 것으로 사람이 주된 오염원이 되며 우리나라에서 발생하는 하수 발생량은 2006년을 기준으로 16,919 천m³/day에 이른다. 또한 인구증가 및 국민생활 수준의 향상과 더불어 하수 발생량도 매년 증가하고 있으며, 하수관거 정비미흡, 하수처리시설의 시설용량 부족 등으로 인하여 하수에 의한 하천수질오염이 가중되고 있다(1). 따라서 수질오염의 감소를 위해 하수종말처리시설 또는 개별 하수처리시설의 지속적인 확충이 필요하며 정부에서도 총량 규제 정책을 실시하고 있어 하수처리시설에서 방류되는 방류수 수질 기준은 더욱 낮아질 것으로 예상되고 있다.

현재 국내에서 가동중인 하수종말처리시설의 약 90% 정도가 활성슬러지법을 채택하고 있으나 이 방법은 운전시 슬러지 팽화 현상이 자주 발생하며, 부하변동이 큰 경우에는 대처하기 어렵고, 잉여슬러지가 다량 발생하는 등 여러 가지 문제점을 안고 있다(2). 기존의 활성슬러지법을 대처하기 위해 개발된 새로운 공정 중에서 생물막 공정은 포기조 내의 부유 미생물만을 이용하여 처리하는 대신 담체에 부착된 미생물을 이용하여 처리하는 것으로 처리효율이 높아 반응기의 부피를 크게 줄일 뿐만 아니라 슬러지 팽화현상을 사전에 방지할 수 있는 고효율 생물학적 처리공정이다(3).

생물막은 입자표면 또는 내부에 고정화된 미생물로 형성된 또는 생체의 고분자물질에 둘러싸인 막으로 정의되며 생물막을 이용하는 폐수처리공정에서는 증식속도가 느린 미생물도 외부로 유출되지 않고 다종다양한 미생물이 증식할 수 있으므로 슬러지 일령이 길고, 슬러지의 자기산화가 촉진되기 때문에 폐슬러지의 발생량이 적으며, 다양한 미생물종이 군집을 형성함으로써 온도나 pH 변동, 충격부하 및 난분해성 물질유입에 따른 대처능력이 뛰어나고 담체에

† 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

미생물이 부착되어 있으므로 슬러지 팽화현상으로 인한 슬러지 부상 등과 같은 문제점을 줄일 수 있다고 알려져 있다(4). 그러나 장기적인 운전에 따른 미생물막의 탈리현상, 플라스틱 담체 등의 공극 막힘현상, 겨울철 온도저하에 따른 동결현상 및 악취 등의 문제가 발생하고 있어 이 생물막법을 효율적으로 설계하여 실용화시킬 수 있는 연구가 요구되고 있다.

생물막 공정에서는 우선적으로 생물막이 잘 형성되어야 하고, 또한 생물막의 형성 및 성장의 변화는 전체적인 폐수 처리 공정에 매우 큰 영향을 미친다. 초기 생물막 형성시에 담체의 표면 거칠기와 액체순환속도의 유속이 생물막의 형성에 많은 영향을 미칠 뿐만 아니라, 수리학적 체류시간 (HRT)도 생물막의 형성에 상당한 영향을 미친다(5). 생물막 공정에서 사용되는 담체는 대부분 폴리머 형태의 재질이며 일반적으로 폴리머의 표면은 소수성을 나타내며 plasma 노출법, corona 방전, 저온 plasma 방법, UV 조사법, 화학처리, 이온조사법 등의 물리화학적 방법을 도입하여 소수성이 강한 플라스틱 표면에 친수성을 부여하고 표면 전하를 증가시켜 정전기적 반발력을 감소시킴으로써 미생물 부착의 친화성을 증가시킬 수 있다. 한 예로 양 등은 PVC에 양이온 처리법을 도입하여 미생물 부착 효율을 비교하였는데 생물막 형성기간을 기존 공정보다 2~3배 단축시킬 수 있음을 확인하였으며 또한 고 등은 Polystyrene Petri dish에 이온빔을 조사하여 표면의 친수성기의 형성에 기인한 wettability가 증가되는 것을 알 수 있었다(6).

생물학적인 질소 제거공정은 질산화 반응과 탈질 반응으로 나누어지고 질산화반응이 선행되어야 하며, 질산화균의 성장속도는 유기물을 산화하는 종속영양균에 비하여 상당히 낮아 질산화반응을 안정화하는데 많은 시간을 요하며 수리학적 체류시간이 낮은 경우 충분한 농도의 질산화균을 유지하기가 어렵다. 이러한 이유로 질산화 공정은 부유미생물을 이용하기보다는 회전원판법, 살수여상법 등 고정미생물을 이용하는 방법에 대한 많은 연구가 이루어져 왔다(7).

따라서 본 연구는 소수성이 강한 폴리에틸렌 재질의 담체에 이온빔을 조사하여 친수성을 높여준 표면개질 담체와 소수성인 비개질 담체를 이용한 무산소/호기 공정에서 수리학적 체류시간에 따른 유기물, 영양염류인 T-N과 T-P의 제거 특성을 고찰하였다.

재료 및 방법

실험재료 및 장치

표면개질 담체와 비개질 담체를 이용한 무산소/호기 반응기에서 유기물 제거, T-N 그리고 T-P 제거 특성을 살펴보기 위하여 실험실 규모의 고정 생물막형 column reactor 2기를 제작하였으며, 그 구성은 Fig. 1에 나타내었다. 반응조는 아크릴 재질로 제작하였으며 전체구성은 유입부, 담체 충전부, 유출부로 이루어져 있다.

반응기는 무산소조와 호기조로 구성되어 있으며 각각 같은 부피로 하였으며 반응기 외각에는 water-jacket을 설치하여 20℃ 내외의 일정한 온도를 유지하였다. 각 반응기의

높이는 100cm이며, 유효 높이는 90cm, 총 유효 용량은 21 L가 되도록 하였다.

담체 충전부에는 sampling을 위한 port가 설치되어 있으며, 유입부 하단에는 산기관 (diffuser)을 설치하여 공기가 담체 충전부에 효율적으로 분산되도록 하였다. 원수는 정량펌프 (Watson marlow 505S)를 사용하여 일정하게 공급될 수 있도록 하였다. 폭기는 공기 정량 펌프를 사용하여, 각 반응기에 약 2 L/min율로 공기가 공급되도록 하였다. 충전담체는 표면개질 담체와 비개질 담체로, 표면개질 담체로는 소수성이 강한 폴리에틸렌 재질의 담체 표면에 이온빔을 조사하여 담체 표면을 친수성으로 개질한 담체를 사용하였으며 비개질 담체로는 표면을 개질하지 않은 소수성인 담체를 그대로 사용하였다. 충전 담체는 모두 지름이 20 mm이고 높이가 50 mm인 원통형으로 각각의 반응기에 60% 씩 충전하였다.

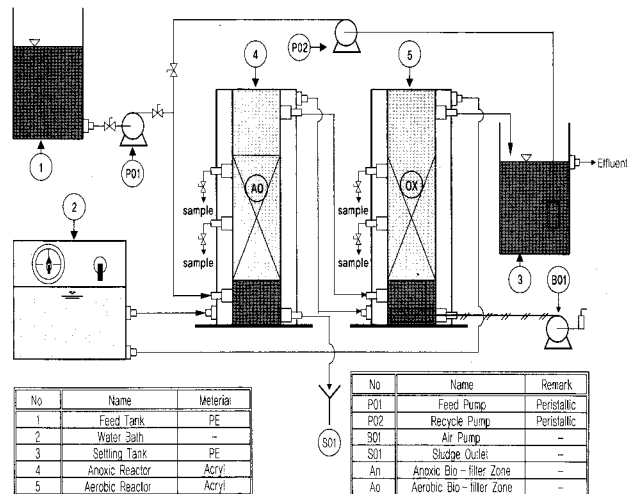


Figure 1. Schematic diagram of experimental apparatus.

실험방법

실험에 사용된 원수는 S대학교 학생식당과 정화조에서 발생하는 하수를 사용하였으며 반응기내 미생물 식종은 W시 하수종말처리장의 침전슬러지를 이용하였다.

미생물 식종을 위해 운전 초기 유입유량은 10 mL/min (HRT 2.5 day)으로 미생물이 담체에 부착하기 쉽도록 조정하였으며, 약 15일 간 적응을 하였다. HRT가 24hr일 때는 COD_{Cr}의 평균 농도는 약 800 mg/L이었으며, 체류시간을 줄임으로서 COD_{Cr} 부하량을 증가시켜 실험을 진행하였다. 미생물이 담체에 쉽게 부착할 수 있도록 1주일간 처리수를 전량 반송하였으며, 1일 20 L의 처리수를 폐기하고 새로이 20 L을 공급하였다. 담체에 부착된 초기 부착 미생물은 조그마한 충격에도 쉽게 탈리되므로 초기의 공기 공급량은 너무 크지 않도록 조정하였다. 개질 담체 반응기와 비개질 담체 반응기에서 HRT를 12, 16, 20, 24hr로 변화시키면서 실험을 수행하여 HRT에 따른 유기물 및 영양염류인 T-N과 T-P의 제거 특성을 고찰하였다.

본 실험에 이용된 수질 분석법은 수질오염공정시험방법 (KSM)(8)과 EPA Standard Method(9)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
Temp	KSM	Orion 290A
DO	KSM	YSI 55
ORP	KSM	Orion 250A
COD _{Cr}	EPA Standard Method (Closed reflux method)	Shimadzu UV-1601
T-N	EPA Standard Method	Shimadzu UV-1601
NH ₄ ⁺ -N	EPA Standard Method	Shimadzu UV-1601
NO ₃ ⁻ -N	EPA Standard Method	Shimadzu UV-1601
T-P	EPA Reference Method	Shimadzu UV-1601

결과 및 고찰

pH

pH는 미생물의 증식에 많은 영향을 미치는 수질 항목으로 유기물의 제거 및 탈질에 관여한다. 탈질반응은 탄산이 중탄산염으로 전환되면서 질산성 질소가 질소가스로 대기중으로 방출되는 것을 말하며 탈질반응 결과 알칼리도가 생성된다. 생성된 알칼리도는 공정에서 pH를 상승시키고 혐기·호기조건에서 질산화에 의한 알칼리도의 손실을 어느 정도 상쇄시킨다. 탈질반응에 대한 최적 pH는 많은 연구에 의하면 pH 7~8 정도이며 최적 pH 조건은 존재하는 미생물과 폐수성분에 따라 달라질 수 있다.

Fig. 2는 HRT에 따른 pH의 변화를 나타내는 것이다. pH의 변화는 원수의 경우 평균 7.30이었고, 무산소조의 경우 개질 담체 반응기는 7.29, 비개질 담체 반응기는 7.30로 나타났다. 최종처리수의 경우에는 개질 담체 반응기는 7.13, 비개질 담체 반응기는 7.25로 나타났는데 최종처리수의 pH에서 개질 담체 반응기의 pH가 더 낮은 이유는 비개질 담체 반응기보다 질산화 반응이 더 잘되었기 때문으로 사료된다.

두 반응기 모두 HRT 감소에도 pH가 미생물의 성장에 영향을 주는 범위인 6.5~8를 크게 벗어나지는 않았다. 간혹 원수의 경우 pH가 8 이상으로 높아지는 경우도 있었지만 처리효율에는 크게 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다. 또한 최종처리수의 HRT가 16hr일 때 pH 5.5 이하로 떨어지는 경우는 질산화 반응이 가장 높았기 때문으로 볼 수 있었으며, 비개질 담체 반응기의 pH가 개질 담체 반응기 보다 높은 이유는 질산염에서 질소가스로의 변환량이 많아 알칼리도가 더 많이 생성된 것으로 보인다(10).

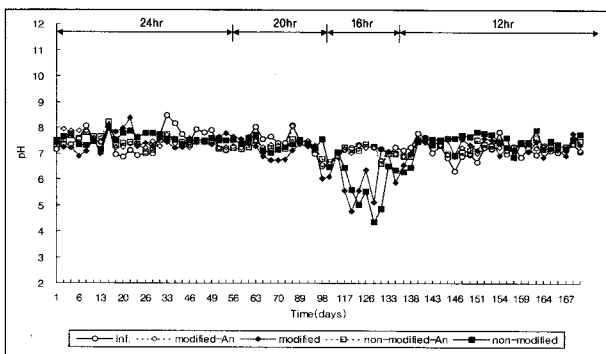


Figure 2. Variation of pH with HRT.

산화환원전위(ORP)

ORP의 변화는 각 반응조의 상태를 설명할 수 있는 지표가 될 수 있다. Fig. 3은 HRT에 따른 무산소조 유출수 및 최종처리수의 ORP 변화를 나타내었다. 무산소조 유출수의 ORP는 개질 담체 반응기의 경우 -160.2, 비개질 담체 반응기는 -167.2로 나타났다. 최종처리수의 ORP 값은 개질 담체 반응기가 114.6, 비개질 담체 반응기는 104.8로 나타났다. 따라서 두 반응기 모두 ORP가 질산화를 만족하는 호기 범위 안에 있었으며, 각각의 무산소조에서도 탈질의 최적 조건인 -50~-200의 범위 안에 있었다.

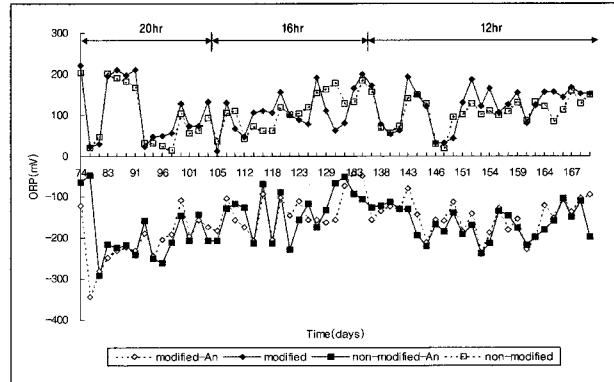


Figure 3. Variation of ORP with HRT.

화학적 산소요구량 (COD_{Cr})

COD는 수중의 산화 가능한 물질 즉, 오염원으로 될 수 있는 물질이 산화제에 의해 화학적으로 산화되는데 필요한 산소량을 나타낸 것으로 하수의 유기물 함유도를 측정하기 위한 중요한 척도이다. 특히 산화제로 크롬산칼륨을 사용하는 것을 COD 크롬법이라 하며 COD_{Cr}로 명기한다. Fig. 4와 5는 HRT에 따른 COD_{Cr} 농도의 변화와 제거율의 변화를 나타낸 것이다. 원수의 COD_{Cr} 농도는 최저 401.85 mg/L에서 최고 1,920.90 mg/L이고, 평균 농도는 HRT가 24hr일 경우에는 802.36 mg/L, 20hr에는 1,051.85 mg/L, 16hr에는 1,168.09 mg/L, 12hr에는 1,040.75 mg/L을 나타냈으며, 안정화 후 최종처리수의 COD_{Cr} 평균 농도는 HRT에 따라 24hr, 20hr, 16hr, 12hr일 때 개질 담체 반응기의 경우가 32.21 mg/L, 37.25 mg/L, 47.94 mg/L, 50.19 mg/L이고, 비개질 담체 반응기 경우는 41.99 mg/L, 49.99 mg/L, 56.12 mg/L, 78.05 mg/L로 나타났다. 또한 HRT에 따른 COD_{Cr}의 평균 제거율은 24hr, 20hr, 16hr, 12hr일 때 개질 담체 반응기 경우가 96.67%, 96.65%, 95.83%, 95.04%이고, 비개질 담체 반응기 경우는 95.65%, 95.47%, 95.00%, 92.45%로 나타났다. 그래프에서 알 수 있듯이 HRT 변화에 따른 안정화되는 기간은 거의 비슷하였으며, 이 기간 동안은 개질 담체 반응기와 비개질 담체 반응기의 제거율은 비슷하였으나, 안정화 후에는 최대 7%의 제거율 차이를 보이기도 하였다.

HRT가 24hr부터 16hr까지는 두 반응기 모두 평균 제거율이 95% 이상을 보여주고 있는 반면에 12hr 때에는 개질 담체 반응기는 95%를 유지하였으나, 비개질 담체 반응기는 92%로 평균 제거율에서 개질 담체 반응기가 약 3%의 차이를 보였다. 이는 개질 담체 반응기가 낮은 HRT 조건

에서도 원활한 운전 상태를 유지함을 나타낸 것이다. 그래프에서 16hr까지 제거율에서 차이가 나타나지 않은 이유는 생물학적 처리에는 최적의 상태가 존재하여 체류 시간이 너무 길면 집적매체에 부착된 미생물보다 현탁된 미생물이 많아 단락현상이 발생하여, HRT가 낮을 때와 별 차이를 보이지 못한 것으로 사료된다.

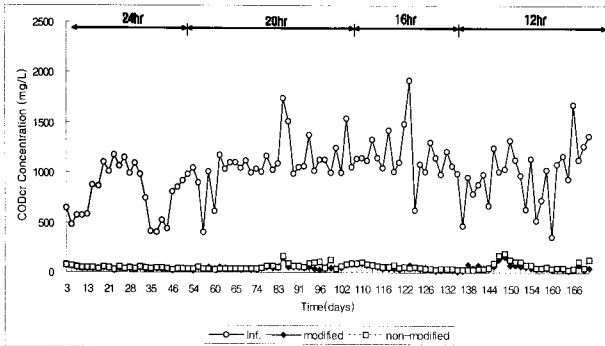


Figure 4. Variation of COD_{Cr} removal with HRT.

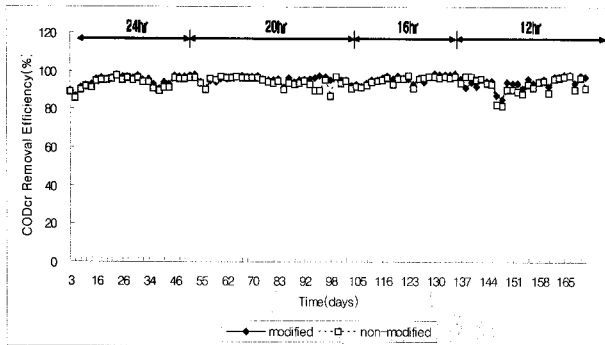


Figure 5. Variation of COD_{Cr} removal efficiency with HRT.

Fig. 6과 Fig. 7은 개질 담체 반응기와 비개질 담체 반응기의 COD_{Cr} 부하량에 따른 제거율과 제거량을 나타낸 그래프이다. 부하량이 2.5 kg COD_{Cr}/m³·day 이상일 경우 개질 담체 반응기의 제거율은 95% 이상을 보였으나, 비개질 담체 반응기는 92% 정도의 제거율을 보이고 있다. 이는 부하량이 증가할 경우에도 개질 담체 반응기가 비개질 담체 반응기 보다 더 안정적으로 처리할 수 있는 것을 알 수 있었다.

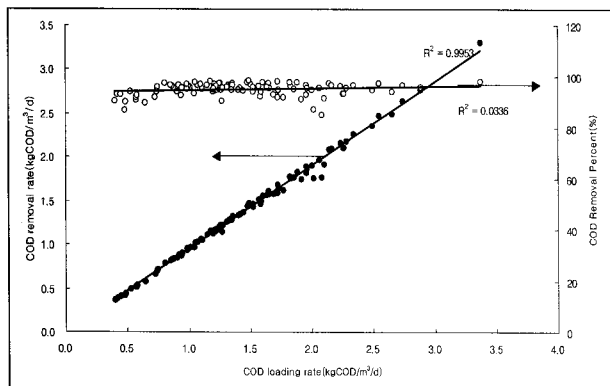


Figure 6. Variation of COD removal rate with COD loading rate (modified).

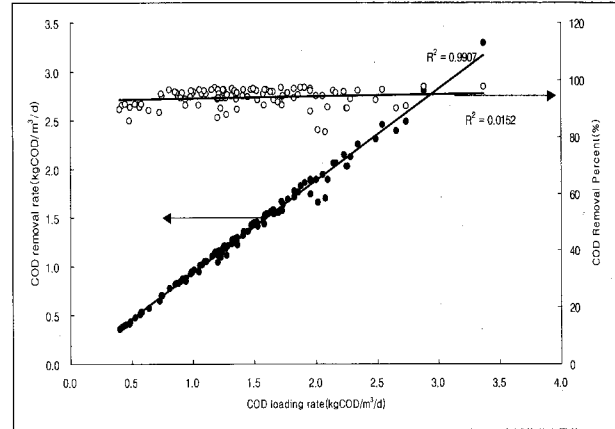


Figure 7. Variation of COD removal rate with COD loading rate (non-modified).

질소 제거

질소는 미생물과 식물의 성장에 필수적인 영양소이나 하천이나 호수에서의 부영양화를 일으키는 원인물질이다. 이러한 수역에서의 조류의 성장을 조절하려면 하수 내의 질소를 제거하거나 감소시킨 후 처리수를 배출하여야 할 것이다. 하수 중의 질소는 40%의 유기질소로 구성되며 이는 호기성 상태에서 질산화 과정에 의해 아질산성 질소와 질산성 질소로 전환된다. 질소의 형태는 유기질소, 암모니아, 질산염, 아질산염으로 구성된다.

암모니아성 질소의 질산성 질소로의 전환은 호기조에서 발생한다. Fig. 8과 Fig. 9는 HRT에 따른 암모니아성 질소 (NH₄⁺-N) 농도의 변화와 제거율을 나타낸 것이다. 원수의 암모니아성 질소 농도는 최저 33.28 mg/L에서 최고 130.54 mg/L이고, 평균 농도는 HRT가 24hr일 경우에는 56.31 mg/L, 20hr에는 83.00 mg/L, 16hr에는 73.73 mg/L, 12hr에는 75.06 mg/L을 나타냈으며, 안정화 된 후 최종처리수의 암모니아성 질소의 평균 농도는 HRT에 따라 24hr, 20hr, 16hr, 12hr 일 때 개질 담체 반응기 경우가 11.52 mg/L, 18.06 mg/L, 8.77 mg/L, 20.67 mg/L이고, 비개질 담체 반응기 경우는 15.59 mg/L, 29.29 mg/L, 15.33 mg/L, 31.30 mg/L로 나타났다. 또한, HRT에 따른 암모니아성 질소의 평균 제거율은 24hr, 20hr, 16hr, 12hr일 때 개질 담체 반응기가 85.64%, 80.56%, 88.61%, 72.52%이고, 비개질 담체 반응기는 80.86%, 72.26%, 80.04%, 55.70%로 나타났다. 결국 HRT가 감소함에 따라 개질 담체 반응기와 비개질 담체 반응기의 차이가 뚜렷하게 나타나고 있으며, 특히 HRT가 12hr일 때 두 반응기의 암모니아성 질소 제거율의 차이가 가장 크게 나타나고 있다. 이는 비개질 담체 반응기 보다 개질 담체 반응기가 HRT 감소에도 잘 적응하는 것을 나타내고 있다.

Fig. 9에서 HRT 감소에 의해 암모니아성 질소의 제거율이 감소하는 이유는 질산화미생물의 성장속도는 유기물을 산화하는 종속영양균에 비하여 상당히 낮아 질산화반응을 안정화하는데 많은 시간을 요하며 수리학적 체류시간이 낮은 경우 충분한 농도의 질산화균을 유지하기가 어렵기 때문이다. HRT가 16hr일 때 가장 암모니아성 질소의 제거율이 높은 이유는 질산화 미생물이 증식할 수 있는 최적조건을 만족하였기 때문으로 사료된다.

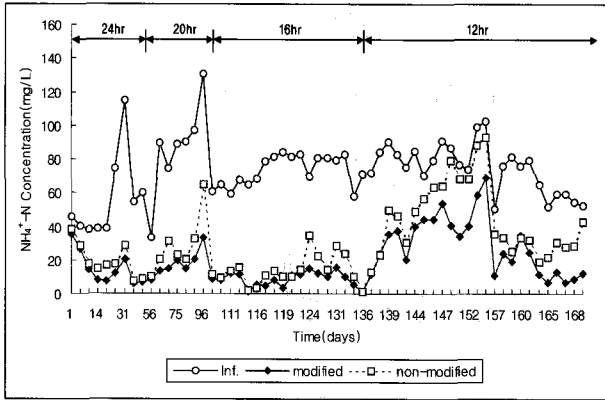


Figure 8. Variation of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ removal with HRT.

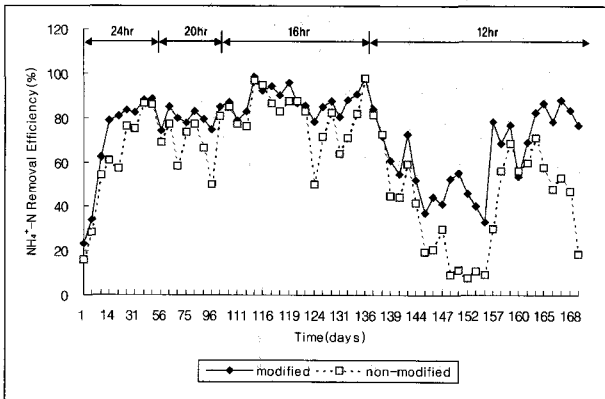


Figure 9. Variation of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ removal efficiency with HRT.

Fig. 10은 질산성 질소($\text{NO}_3\text{-N}$)의 농도 변화를 나타낸 것이다. 원수의 평균 농도는 HRT가 24hr일 경우에는 2.22 mg/L, 20hr에는 2.24 mg/L, 16hr에는 1.52 mg/L, 12hr에는 1.11 mg/L을 나타냈으며, 안정화 후 최종처리수의 질산성 질소의 평균 농도는 HRT에 따라 24hr, 20hr, 16hr, 12hr일 때 개질 담체 반응기 경우가 17.00 mg/L, 28.06 mg/L, 44.58 mg/L, 20.10 mg/L이고, 비개질 담체 반응기 경우는 7.74 mg/L, 10.72 mg/L, 34.63 mg/L, 8.23 mg/L로 나타났다. 이 두 실험 결과에 의하면 질산화 경향은 개질 담체 반응기가 비개질 담체 반응기 보다 우수한 것으로 나타났다. 이것은 질산화 미생물은 소수성 담체보다 친수성 담체에 부착 증식이 더 잘되기 때문으로 사료된다.

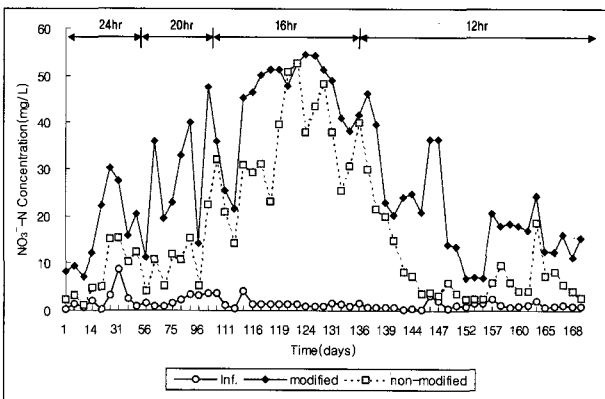


Figure 10. Variation of $\text{NO}_3\text{-N}$ removal with HRT.

Fig. 11과 Fig. 12는 HRT에 따른 T-N 농도의 변화와 제거율의 변화를 나타낸 것이다. 원수의 T-N 농도는 최저 45.98 mg/L에서 최고 248.13 mg/L이고, 평균 농도는 HRT가 24hr일 경우에는 80.89 mg/L, 20hr에는 141.13 mg/L, 16hr에는 154.81 mg/L, 12hr에는 135.80 mg/L이었다. 안정화 후 최종처리수의 T-N 평균 농도는 HRT에 따라 24hr, 20hr, 16hr, 12hr일 때 개질 담체 반응기 경우가 27.34 mg/L, 44.24 mg/L, 60.04 mg/L, 63.53 mg/L이고, 비개질 담체 반응기 경우는 21.77 mg/L, 40.05 mg/L, 46.07 mg/L, 58.11 mg/L을 나타내었다. 또한 HRT에 따른 T-N의 평균 제거율은 24hr, 20hr, 16hr, 12hr일 때 개질 담체 반응기가 70.20%, 67.78%, 59.78%, 54.82%이고, 비개질 담체 반응기는 76.52%, 72.25%, 69.14%, 57.46%이었다. 전체적인 제거율로 보면 비개질 담체 반응기가 개질 담체 반응기 보다 최고 약 10% 정도 좋은 것으로 나타났다. 따라서 질산화 경향은 개질한 담체를 사용한 반응기가 좋지만 탈질 반응에서는 비개질 담체를 사용한 반응기가 더 좋은 것을 알 수 있었다. 여기서 알 수 있듯이 탈질 미생물은 비개질 담체에 더 잘 증식되는 것을 알 수 있었다.

비개질 담체 반응기는 HRT가 12hr일 때 T-N 제거율이 급격히 감소하는 것을 볼 수 있는데 그 원인은 질산화 반응을 안정화하는 데에는 많은 시간을 요하며 HRT가 낮은 경우 충분한 농도의 질산화균을 유지하기 어렵기 때문으로 사료된다.

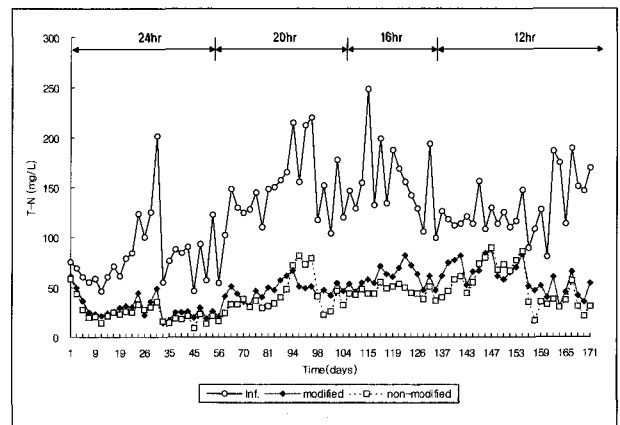


Figure 11. Variation of T-N removal with HRT.

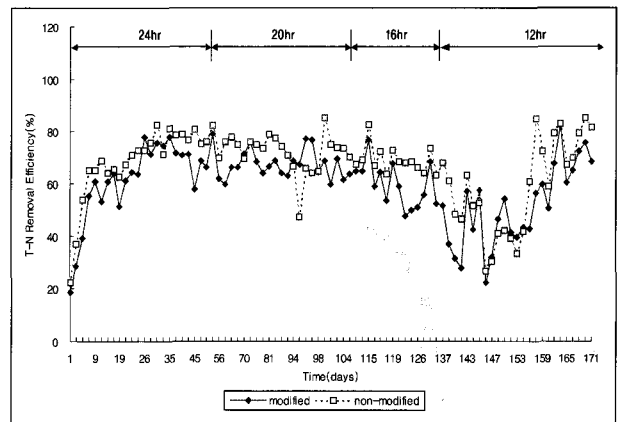


Figure 12. Variation of T-N removal efficiency with HRT.

Fig. 13과 Fig. 14는 개질 담체 반응기와 비개질 담체 반응기의 T-N 부하량에 따른 제거량을 나타낸 것이다. 그래프를 보면 개질 담체 반응기 보다 비개질 담체 반응기에서 부하량의 증가에 더 높은 제거량을 보여주고 있다.

질소가 제거되기 위해서는 호기성 조건과, 무산소 조건을 만족해야 하는데, 최적조건의 ORP 범위는 호기성 조건에서 50~200이고, 무산소 조건에서 -50~-200 범위이다. 개질 담체 반응기와 비개질 담체 반응기 모두 평균 ORP는 호기조는 110±10과 무산소조에서는 -160±10을 보이고 있어 두 반응기 모두 최적조건을 만족하고 있다.

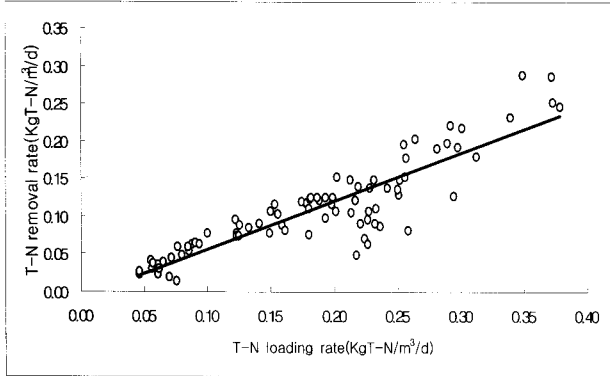


Figure 13. Variation of T-N removal rate with T-N loading rate (modified).

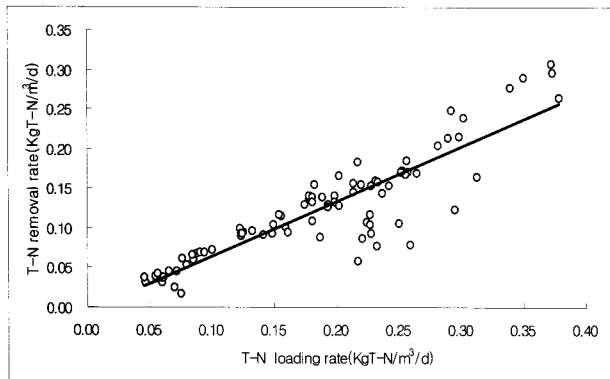


Figure 14. Variation of T-N removal rate with T-N loading rate (non-modified).

인 제거

인은 질소와 더불어 하천이나 호소의 부영양화를 일으키는 원인 물질로 규제 대상이 되고 있다. Fig. 15와 Fig. 16은 HRT에 따른 T-P 농도의 변화와 제거율의 변화를 나타낸 것이다. 원수의 T-P 농도는 최저 4.71 mg/L에서 최고 38.56 mg/L이고, 평균 농도는 HRT가 24hr일 경우에는 7.69 mg/L, 20hr에는 18.81 mg/L, 16hr에는 20.74 mg/L, 12hr에는 19.11 mg/L을 나타냈다. 안정화 된 후 최종처리수의 T-P 평균 농도는 HRT에 따라 24hr, 20hr, 16hr, 12hr일 때 개질 담체 반응기 경우가 3.26 mg/L, 5.48 mg/L, 6.77 mg/L, 7.09 mg/L이고, 비개질 담체 반응기 경우는 3.84 mg/L, 6.48 mg/L, 7.39 mg/L, 7.83 mg/L로 나타났다. 또한 HRT에 따른 T-P의 평균 제거율은 24hr, 20hr, 16hr, 12hr일 때 개질 담체 반응기가

59.41%, 69.76%, 64.95%, 61.37%이고, 비개질 담체 반응기는 51.28%, 63.40%, 61.12%, 57.50%로 나타났다. HRT가 감소할수록 두 반응기 모두 제거율이 감소하는데 개질 담체 반응기가 좀 더 높은 제거율을 보임을 알 수 있다. 여기서 HRT가 24hr일 때에는 원수의 평균농도가 너무 낮아 제거율이 다른 HRT일 때 보다 낮은 것으로 사료된다.

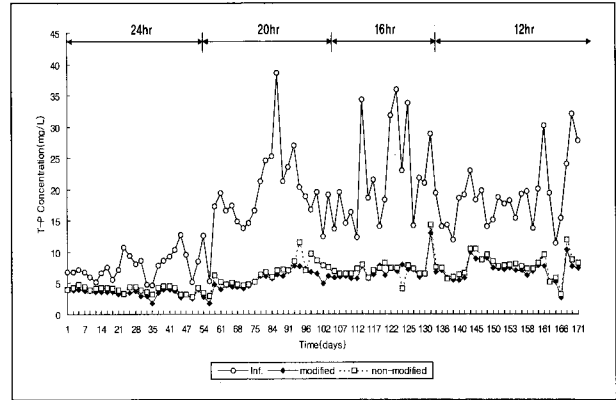


Figure 15. Variation of T-P removal with HRT.

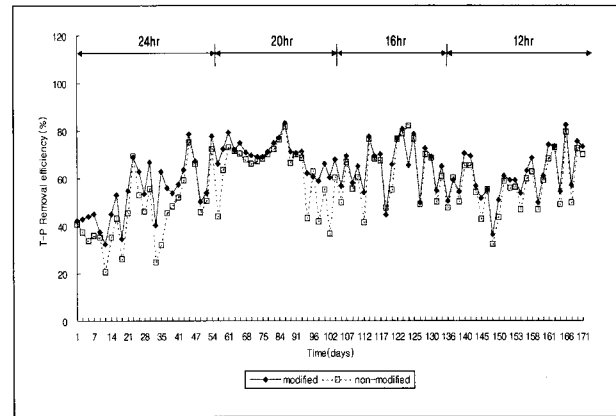


Figure 16. Variation of T-P removal efficiency with HRT.

Fig. 17과 Fig. 18는 개질 담체 반응기와 비개질 담체 반응기의 T-P 부하량에 따른 제거량을 나타낸 것이다. 개질 담체 반응기가 비개질 담체 반응기에 비해 부하량이 증가하여도 더 안정적으로 T-P를 제거하는 것을 볼 수 있다.

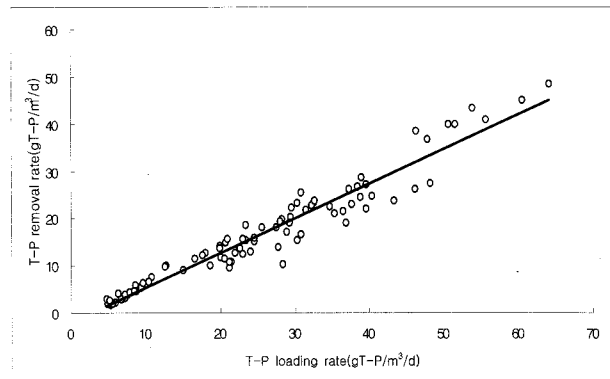


Figure 17. Variation of T-P removal rate with T-P loading rate (modified).

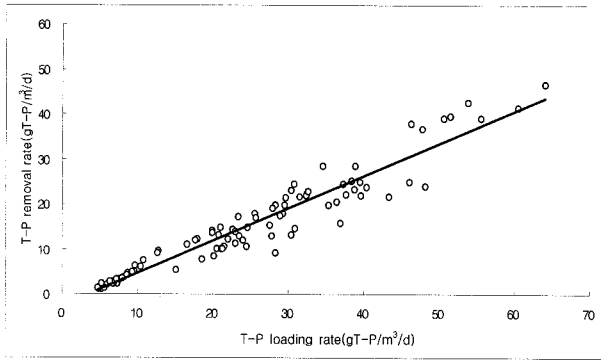


Figure 18. Variation of T-P removal rate with T-P loading rate (non-modified)

요약

본 연구에서는 생물막법 중 고정 생물막을 이용한 무산소/호기 시스템으로 구성된 반응기에서 표면을 이온빔으로 조사하여 소수성인 표면 물성을 친수성으로 개질한 표면개질 (surface-modified) 담체와 표면을 개질하지 않은 비개질 담체 (non-modified)를 각각 이용하여 하수의 유기물, T-N 그리고 T-P의 제거 특성을 알아보았다. 여기에 사용된 담체는 폴리에틸렌 재질로서 원통형 플라스틱 담체이다. 수리학적 체류 시간(HRT)에 따른 제거율의 차이를 알아본 결과, COD_{Cr} 의 경우 HRT를 16hr 이상 주었을 경우 개질 담체를 사용한 반응기 (개질 담체 반응기)와 비개질 담체를 사용한 반응기 (비개질 담체 반응기) 모두 95% 이상의 제거율을 보인 반면에 12hr일 경우 개질 담체 반응기는 95%, 비개질 담체 반응기는 92%의 제거율을 보였다. 동일한 조건에서 T-N 제거율은 개질 담체 반응기는 HRT에 따라 최고 70.2%에서 최저 54.8%의 제거율을, 비개질 담체 반응기는 최고 76.5%에서 최저 57.5%의 제거율을 보였다. 마지막으로, T-P 제거율을 알아본 결과, 개질 담체 반응기는 최고 69.8%에서 최저 59.4%의 제거율을 보인 반면에 비개질 담체 반응기는 최고 63.4%에서 최저 51.3%의 제거율을 보였다. 본 연구결과로 볼 때 하수처리 적용시 COD_{Cr} 와 T-P의 제거인 경우에 표면개질 담체를, T-N의 경우 비개질 담체를 사용한 것이 제거효율에서 유리한 것으로 판단된다.

감사

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

REFERENCES

1. Ministry of Environment (2007), Statistics of Sewerage 2006, p.1113, Ministry of Environment, Seoul.
2. Ministry of Environment (2002), Statistics of Sewerage 2001, p.475, Ministry of Environment, Seoul.
3. Seon, Y. H. (2003), A Study on the Simultaneous Removal of Organics and Nutrients in Upflow Packed Bed Column Reactor, *Korean J. Biotechnol. Bioeng.*, **18**(3), 234-238.
4. Jang, A. H., S. Kim, and I. S. Kim (2000), Effect of Nitrate and Nitrite Load on Denitrification Reaction in Anoxic Biofilm Reactor, *J. of KSEE*, **22**(9), 1617-1625.
5. Metcalf & Eddy (2003), *Wastewater Engineering : Treatment and Reuse*, 4rd ed., pp887-930, McGraw-Hill, New York.
6. Han S., Y. H. Seon, and S. K. Koh (2002), Microbe Adhesion and Organic Removal from Synthetic Wastewater Treatment using Polypropylene Media Modified by Ion-Assisted Reactions, *Korean J. Biotechnol. Bioeng.*, **17**(3), 235-240.
7. Arvin, E. and P. Harremoës (1990), Concepts and Models for Biofilm Reactor Performance, *Wat. Sci. Tech.*, **22**(10), 171-192.
8. Ministry of Environment (2002), Korean Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, p.691, Dong Hwa Technology Publishing Co., Seoul.
9. APHA (1998), Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th ed., p.5-17, American Public Health Association, Washington DC.
10. 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.
11. Jung, Y. J., K. S. Min, J. K. Lee, and K. H. Lim (2003), Evaluation of Sewage Treatment with Surface Modified Waste-Tire Media Using Batch Activated Sludge System, *J. of KSEE*, **25**(6), 682-687.
12. Hur, S. H. (2003), The Removal Technique of Nitrogen and Phosphorus of Sewage Using CN-Biocontact, *J. Environ. Hitechnol.*, **11**(11), 102-109.