

## 흡수성 Biofilter를 이용한 농촌 소규모 오수처리 시설의 성능

권순국 · 윤춘경<sup>1)</sup>

서울대학교 생물자원공학부, 건국대학교 농공학과

### Performance for a small on-site wastewater treatment system using the absorbent biofilter in rural areas

Soon-kuk Kwun · Chun-Gyeong Yoon<sup>1)</sup> (Division of Biological Resources and Materials Engineering, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea; <sup>1)</sup>Department of Agricultural Engineering, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea)

**ABSTRACT** : The feasibility of an absorbent biofilter system was examined for rural wastewater treatment. Hydraulic loading rates varied from 50 to 250 cm/day. Effluent of the septic tank was fed into the absorbent biofilter, and small ventilation fan was provided to supply air at the rate of 250 L/min to aerate the biofilter. The biofilter system demonstrated high removal rates for BOD<sub>5</sub> and TSS at the loading rate of 150 cm/day, generally meeting the Korean effluent water quality standard of 20 mg/L applicable to both. The nutrient removal was less satisfactory than the results of BOD<sub>5</sub> and TSS, but it was within the expected range of biological treatment processes. Considering the abnormally high influent concentration of nutrients during the experiment, better performance results could have been obtained if ordinary domestic wastewater was used. The system performance was not significantly affected by the hydraulic loading up to 150 cm/day, which is far more than the loading limit of the sand filter systems. Maintenance requirement was minimal, and no problems with noise, odor, flies or sludge arose. Since the biofilter system can be operated at a distance, operation in remote rural area and multi-system connected to one control office might be advantageous to the rural area. Overall, considering the cost-effectiveness, stable performance, and minimum maintenance, the biofilter system was thought to be a competitive alternative to treat wastewater in Korean rural communities.

**Key words** : on-site wastewater treatment system, septic tank, absorbent biofilter, hydraulic loading, Absorbent Biofilter System(ABS), domestic wastewater

## 서론

팔당상수원을 위시한 전국의 상수원 수질이 악화되면서 정부에서도 상수원 보호구역내에서의 각종 오염원에 대한 대책을 적극적으로 강구하지 않을 수 없게 되었다. 상수원의 여러가지 오염원 중에서도 특히 주변의 위락시설, 호텔, 음식점 등에서의 오수나 농촌마을에서의 오수도 처리해야 하는 부담을 지니게 되었다. 인구밀집지역에서는 환경기초시설인 대규모 하수종말처리시설을 설치하여 문제를 해결할 수 있으나 인구가 분산되어 있는 농촌에서는 소규모 현장처리 시스템의 도입이 불가피하다. 따라서 이를 위해서도 소규모 분산처리시스템에 적합한 오수처리기술의 개발과 도입이 절실하다.

일반적으로 농촌의 소규모 분산오수처리 시스템은 소규모이면

서 처리효율이 높아서 수질기준을 만족할 수 있어야 하고, 상주 관리자를 두지 않는 순회관리방식으로도 안정된 처리수질을 얻을 수 있음은 물론 경제적이면서 유지관리가 쉬워야하는 조건을 동시에 만족할 수 있어야 하는 등의 까다로운 조건이 있다<sup>1)</sup>. 따라서 현재의 사용 가능한 오수처리방식인 미생물을 이용하는 생물처리 기술이 중심을 이루고 있으면서 농촌마을의 여러 가지 특성을 잘 수용할 수 있는 처리대안의 개발이 시급한 실정이다<sup>2)</sup>.

지금까지 농촌에 보급된 소규모 오수처리시설에는 주로 접촉 폭기법과 모관침윤트랜치법이 많은 실적을 가지고 있으며 최근에는 일본의 합병정화조가 도입되어 여러 가지 상품명으로 보급되고 있다. 그러나 모든 방법이 처리효율, 소음, 경제성, 유지관리 등에 부분적인 문제가 있는 것으로 알려져 있다<sup>3)</sup>. 본 연구에서는 모관침윤트랜치법의 혐기성부패조에 트랜치(혹은 Tile bed) 대신

발포성 합성수지 여재를 이용한 흡수성 Biofilter로 대체한 시스템을 현재 우리나라에서 보급되고 있는 여러 소규모 오수처리 공법의 단점을 보완한 대안공법으로서 제시하고자 하며, 본 논문에서는 우선 그 처리 성능을 간단히 평가하여 소개하고자 한다. 본 방법은 기본적으로는 모관침윤트렌치법과 동일하나 토양 대신 인공여재로 이를 대체하였으므로 트렌치법의 가장 큰 단점인 넓은 소요면적 및 적지의 제한이라는 결점을 해소시킨 방법으로서 현재 미국에서 종래의 기본시스템이었던 모관침윤트렌치법을 대체하여 선풍적인 인기를 모으고 있는 모래여과법(sand filter method)과 비슷한 처리방법이다.

### 재료 및 방법

#### 흡수성 Biofilter 시스템의 구성

흡수성 Biofilter는 캐나다 Waterloo대학에서 Jowett<sup>4)</sup>가 정화조 방류수를 호기성조건에서 처리하는 용도로 처음 개발한 공법으로서 Figure 1에서와 같이 종래의 모관침윤트렌치에서 혐기성 부패조는 그대로 이용하되 트렌치 부분을 발포성 플라스틱 여재를 사용하여 표면적이 매우 큰 여재의 표면에 생물막을 형성시킨 흡수성 Biofilter로 대체한 시스템이다. 따라서 종래의 모관침윤트렌치법에서 가장 큰 단점으로 지적되어온 넓은 소요면적과 토성 및 지하수위의 변동에 따른 적지제한이라는 결점을 해소시키면서 처리효율이 높고 유지관리가 거의 없는 장점을 그대로 살린 특징을 지니고 있다<sup>2)</sup>. 따라서 현재 미국에서 소규모 현장 오수처리시스템으로서 1950년대 이래 가장 많이 보급되어온 모관침윤트렌치법에서 트렌치(혹은 Tile bed)를 모래여과조로 대체한 모래여과법과 기본적으로 비슷하다. 모래여과법은 정밀한 시공이 필요하고 유지관리가 복잡한 단점이 있는 반면에 처리 성능이 우수하여 점점 강화되는 수질기준을 만족할 수 있는 차세대형 소규모 오수처리 시스템으로 알려지고 있으며 현재에도 많은 연구가 진행 중에 있다.

Figure 2는 흡수성 Biofilter탱크 부분만을 확대하여 나타낸 것이다. 본 연구에서 사용한 흡수성 Biofilter는 Figure 2에서와 같이

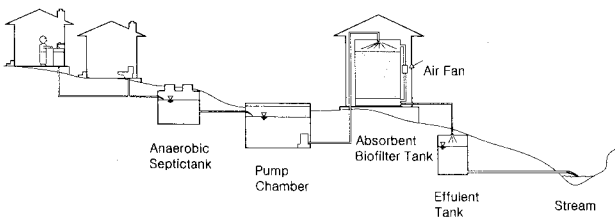


Figure 1. System Description of the Absorbent Biofilter

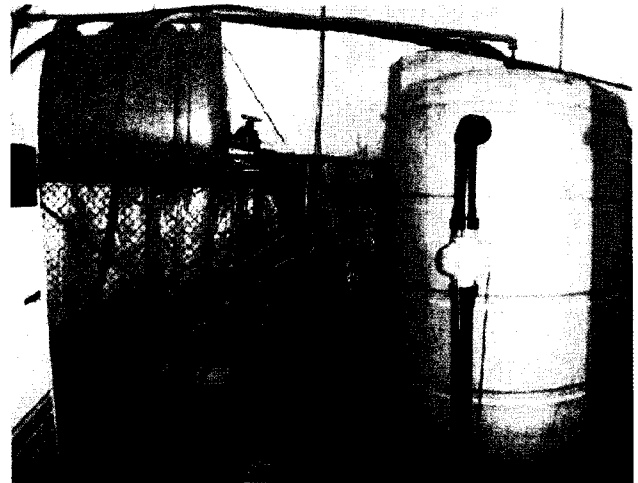


Figure 2. Photograph of the Experimental System

직경 약 1.6m의 원통 내에 약 1.5m 깊이로 Biofilter라고 하는 발포성 합성수지 여재를 채운 것이다(여재의 체적 3.0 m<sup>3</sup>). 그리고 여재 사이에 용존산소의 농도를 충분히 유지할 수 있도록 공기를 순환(250 l/min으로 일정하게 유지)시키는 소형 공기팬을 설치하였다. 처리시에는 혐기성 부패조에 의하여 1차 처리된 방류수를 펌프를 이용하여 흡수성 Biofilter탱크의 상부에 설치되어 있는 노즐을 통하여 간헐적으로 살수하며 여재에 부착된 미생물에 의하여 유기물과 암모니아성 질소의 산화가 이루어지면서 오수가 처리된다.

흡수성 Biofilter로 이용된 발포성 합성수지 여재는 한 변의 길이가 5cm의 정사각형으로서 외형상으로는 일반 스펀지와 비슷하다. 그러나 본 연구에서 사용된 Biofilter는 1차 발포된 스펀지를 다시 2차 가공하여 여재의 통기성을 개량한 것이다. 종래의 살수 여상법에서 사용한 입상여재와 비교하여 표면적이 약 100배 이상 증가된 것으로서 오수와 공기의 흐름이 원활함과 동시에 여재의 내부는 혐기성 또는 조건적 혐기성이 될 가능성이 높으므로 미생물의 먹이사슬이 매우 길 것으로 추정되어 효율적인 오수처리가 가능해질 것으로 기대된다. Figure 3은 입상여재와 Biofilter여재를 오수와 공기유입 측면에서 비교한 것이며, Figure 4는 Biofilter여재의 전자현미경 사진을 나타내고 있다.

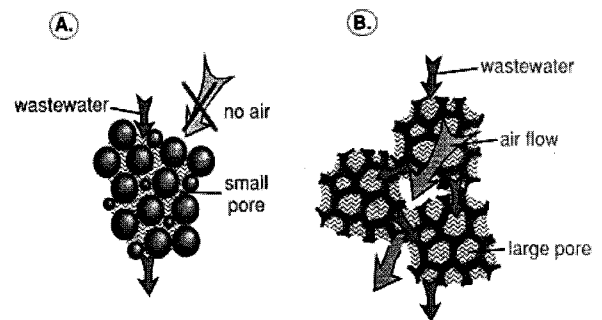


Figure 3. Comparison of the Flow Path of Air and Water between Absorbent Biofilter Media and Solid Particle Media

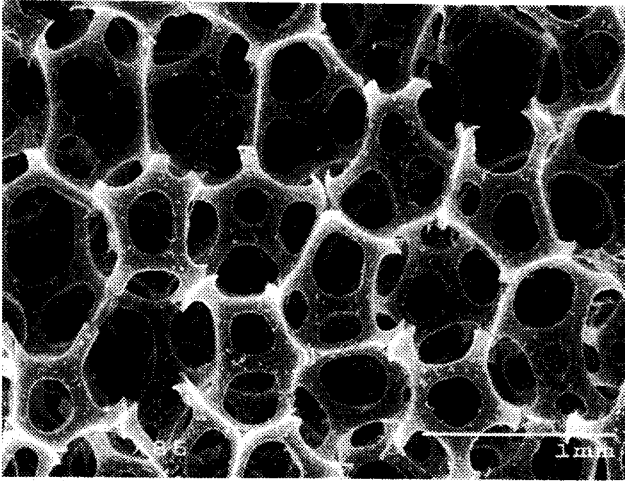


Figure 4. SEM(Scanning Electron Microscope) Micrograph for Absorbent Biofilter Media

실험방법

Figure 2는 본 연구를 위하여 건국대학교 구내에 설치된 흡수성 Biofilter시설을 나타내고 있다. 실험에 공시된 오수는 건국대 농생대 별관건물의 화장실, 세면실, 연구실로부터 정화조(혐기성부패조)로 배출되는 오수를 양수하여 사용하였다. 시료채취는 매주 1회, 1일의 대표적인 수질을 나타낼 것으로 생각되는 오전10시 전후에 하였다. Biofilter탱크 내의 오수채류시간을 고려하여 유입수와 유출수는 24시간의 간격을 두고 채취하였다. 수질 측정항목은 pH, DO, BOD<sub>5</sub>, COD, T-N(TKN, NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N), T-P, TSS, 대장균군 등 11개 항목이다. 1997년 8월 19일에 실험용 Biofilter시설을 설치하였고, 미생물이 충분히 증식하여 정착되리라고 예상되는 6개월간의 안정화 기간을 거친 후 1998년 2월 16일부터 시료를 채취하기 시작하여 9월 30일 까지 8개월간 시험하였다. 수리부하율은 실험기간중 50cm/day (6회 샘플채취), 100cm/day (8회 샘플채취), 150cm/day (10회 샘플채취)의 3가지로 변경하였다. 한번의 처리기간은 대개 6~11주였고, 수리부하율이 변경될 때마다 3~4주의 안정화 기간을 거쳤으며 실험기간 중 모두 24회 시료를 채취하여 분석하였다. Biofilter로부터의 유입수와 유출수 시료는 모두 Standard Methods<sup>5)</sup>에 의하여 분석하였다.

결과 및 고찰

수질항목별 경시적 처리특성

Figure 5와 Figure 6은 실험기간 8개월 동안의 BOD<sub>5</sub>와 TSS에 대한 Biofilter 유입수와 유출수 농도의 경시적 변화를 나타낸 것이다. BOD<sub>5</sub>와 TSS의 유입수 농도는 8개월의 시험기간 중 비슷한 양상을 나타냈으며 초기에는 높았으나 여름철의 지하수위가 높아지는 시기에는 농도가 낮아졌으며 그 이후 다시 증가하는 등의 농도변화가 큰 경향 이었다. 이러한 사실은 실험용 ABS의 설치장소가 대학 구내이었으므로 학교의 개학 및 방학에 따라 큰

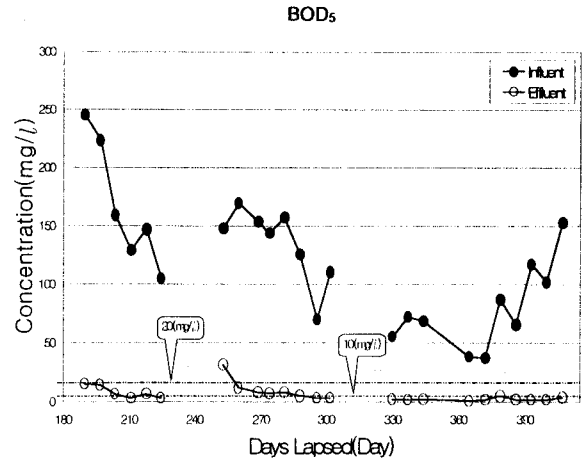


Figure 5. Temporal Variation of BOD<sub>5</sub> Concentrations for Influent and Effluent

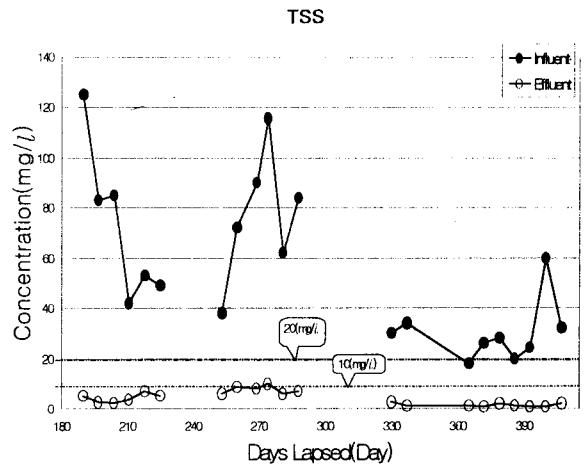


Figure 6. Temporal Variation of TSS Concentrations for Influent and Effluent

영향을 받고 있다는 사실을 말해주고 있다. 따라서 Biofilter로부터 유출되는 처리수의 BOD<sub>5</sub>와 TSS농도도 이러한 현상에 크게 영향을 받고 있음을 알 수 있었다. 그러나 처리수의 농도는 유입수 농도의 극심한 변화에도 불구하고 모두 낮은 농도를 나타내고 있다. 따라서 BOD<sub>5</sub>와 TSS의 처리효율은 95%이상으로서 처리수의 농도가 전체기간을 통하여 거의 일정하게 저농도를 나타내 주고 있어 ABS의 유기물 처리 성능은 대단히 높음을 알 수 있었다. 특히 TSS는 비록 BOD<sub>5</sub>와 처리성능 면에서는 비슷하였으나 처리수의 농도가 훨씬 낮아서 처리수의 슬러지 발생이 거의 없음을 나타내 주고 있다. 이러한 사실은 슬러지 처리를 위한 침전조의 설치를 생략할 수 있을 뿐만 아니라 슬러지 처분에 필요한 유지관리상의 노력이 절감될 수 있어 유지관리면에서도 유리하다.

또한 접촉폭기법과 같은 시스템에서 현재 문제가 되고 있는 유입수의 농도변화에 대해서도 흡수성 Biofilter 시스템이 이를 잘

Table 1. Fecal Coliforms Removal Efficiency by ABS

Sampling Date	Influent (#/100m l)	Effluent (#/100m l)	Removal (%)
98/3/11	2.4E06	1.1E03	99.95
98/5/15	2.2E06	3.4E04	98.45
98/6/11	3.0E06	2.8E05	90.67
98/9/07	9.0E06	2.4E05	97.33
Average	4.15E06	1.39E05	96.66

대처할 수 있다는 사실은 소규모 현장오수처리시스템에서 항상 당면하는 오수의 양과 질의 급격한 변화에 효율적으로 대처할 수 있다는 처리시설이라는 점에서 대단히 고무적이라 할 수 있다.

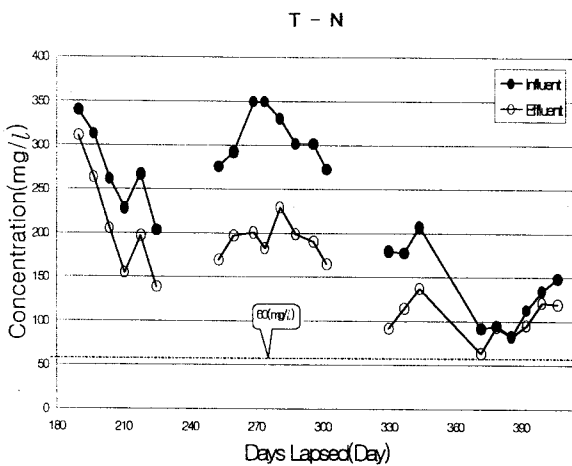


Figure 7. Temporal Variation of T-N Concentrations for Influent and Effluent

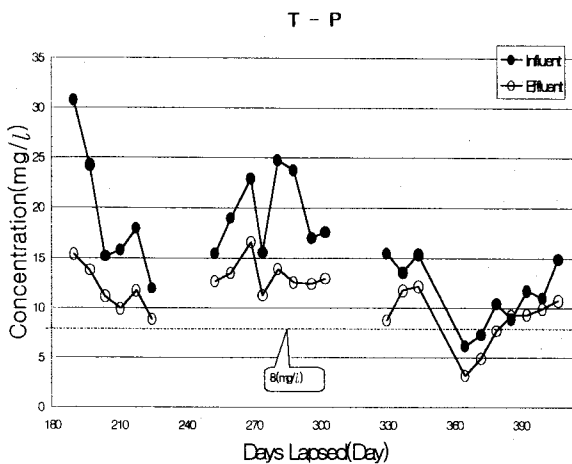


Figure 8. Temporal Variation of T-P Concentrations for Influent and Effluent

대장균군은 시험기간중 4회에 걸쳐서 주기적으로 조사되었다. Table 3은 흡수성 Biofilter의 유입수와 유출수에 대한 대장균군의 최확수를 조사하여 처리효율을 계산한 결과를 정리한 것이다. ABS로 유입되는 대장균군수는 2.2E06~9.0E06 #/100m l의 범위로서 대체적으로 일정하였으나 유출수의 대장균군수는 시료간 큰 차이를 나타내고 있어 처리의 신뢰도는 적은 편이라 할 수 있다. 그러나 ABS에 의한 대장균 처리효율은 평균 96.7%로 대단히 높음을 알 수 있었다. 즉 혐기성 부패조로부터의 유입수에 포함된 대장균군이 호기성인 흡수성 Biofilter탱크를 통과하는 동안 거의 대부분 제거되는 것으로 나타났다. 그러나 비록 대장균군의 처리효율은 높았으나 이를 공공수역으로 방류하기 위해서는 소독이 필요한 것으로 생각된다.

T-N과 T-P의 유입수 농도는 8개월의 시험기간 중 비슷한 양상을 나타냈으며 초기에는 높았으나 여름철의 지하수위가 높아지는 시기에는 농도가 낮아졌으며 그 이후 다시 증가하는 등의 농도변화가 큰 경향이였다(Figure 7과 Figure 8). 이에 따라 Biofilter로부터 유출되는 처리수의 T-N과 T-P 농도도 크게 영향을 받고 있음을 알 수 있었다. 그러나 처리수의 농도는 여전히 높은 농도를 나타내고 있어 질소와 인의 처리효율은 그렇게 높지 않았다. 앞으로 질소와 인의 처리효율 향상을 위한 방안의 강구가 필요할 것으로 생각된다.

수리부하 변동에 따른 처리성능

본 연구에서는 수리부하를 50cm/day, 100cm/day, 150cm/day의 3가지로 변동하여 시험하였다. Table 2는 3가지 수리부하 변동조건하에서의 4가지 주요 수질성분에 대한 처리수 농도를 평균값, 최대값, 최소값으로 구분하여 비교한 것이다. 대체적으로 보아서 BOD<sub>5</sub>와 TSS는 평균값, 최고값, 최소값 모두 수리부하 증가에 따라서 농도가 증가후 감소하는 경향을 보이고 있는데 이는 유입수 농도 때문인 것으로 분석된다. 즉 100cm/day 실험기간 중의 BOD<sub>5</sub> 및 TSS 농도가 150cm/day의 그것에 비하여 월등히 높았던 것이 그 이유가 아닌가 생각해본다. 그러나 T-N과 T-P는 수리부하율의 증가에도 불구하고 모두 처리수의 농도는 낮아졌다. 이것도 유입수 농도의 영향으로 생각된다. 그러나 전체적으로 본

Table 2. Treated Effluent Concentrations from Biofilter with three different Hydraulic Loading Rates at 50, 100, and 150cm/day.

Constituents	Average			Minimum			Maximum		
	Loading Rates(cm/day)								
	50	100	150	50	100	150	50	100	150
BOD <sub>5</sub> (mg/l)	8.0	9.6	2.7	2.9	2.6	0.6	15.1	31.3	9.4
TSS(mg/l)	4.2	7.6	2.5	2.4	6.0	0.5	7.0	10.0	14
T-N(mg/l)	211.0	191.3	101.2	138.5	164.1	63.0	310.2	228.4	137.2
T-P(mg/l)	11.8	13.2	8.5	8.8	11.2	3.2	15.4	16.6	12.1

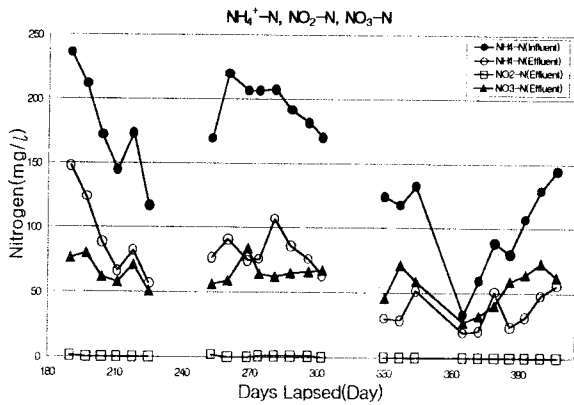


Figure 9. Trend of nitrification in the Absorbent Biofilter System

다면 수리부하율을 150cm/day까지 증가시켜도 아무런 지장이 없이 효율적인 처리를 할 수 있음이 입증되었다. 이러한 사실은 모래여과법에서 수리부하율이 최고 50cm/day<sup>(1)</sup>인 점을 감안한다면 처리능력이 대단히 우수하다는 것을 나타내 주고 있으며 좁은 면적에서 효율적인 오수처리가 가능하다는 것을 시사해 주는 의미 있는 결과이다. 앞으로 계속 수리부하율을 높여서 임계 수리부하율을 찾아낼 계획이다.

질산화 과정

Figure 9는 Biofilter 탱크 내에서의 질산화 과정을 살펴보기 위하여 혐기성 부패조로부터 유입되는 오수의 암모니아성 질소 농도, 그리고 Biofilter로부터 유출되는 암모니아성 질소, 질산성 질소, 아질산성 질소의 농도를 서로 비교한 것이다. 혐기성 부패조로부터의 유입수 암모니아성 질소 농도가 일반 하수와 달리 높은 농도를 보이고 있는 이유는 전술한 바와 같이 실험장소가 대학의 구내 이여

서 분뇨 중 노의 비율이 높았고 생활잡배수가 혼합되지 않았기 때문이다. 따라서 처리수의 암모니아성 질소는 실험기간 중 계속하여 상당히 높은 농도를 나타내고 있었으며 이로 인한 냄새도 다소 인지할 수 있었다 그러나 이와 같은 비정상적으로 높은 암모니아성 질소의 유입에도 불구하고 동시에 처리후의 유출수 질산성질소의 농도도 상당히 높았고 아질산성 질소의 농도가 아주 낮았던 사실은 본 흡수성 Biofilter가 상당한 정도의 산화작용에 기여하고 있음을 입증하고 있다. 또한 Figure 9는 처리수 중의 다량의 암모니아성 질소를 제거할 수 있는 방법을 강구해야 할 것을 시사하고 있다.

종합적인 성능

Table 3은 1997년 8월 19일 흡수성 Biofilter 시스템을 처음 가동하기 시작하여 6개월간의 안정화 기간을 거친 후 8개월간 수리부하율 50, 100, 150cm/day로 실험 관측한 결과를 수리부하율의 변동에 구애받지 않고 전체적으로 5가지 수질 성분에 대하여 유입수 농도, 유출수 농도의 평균값, 중위수, 최대값, 최소값, 사분위 범위를 나타낸 것이다. 그리고 동일 수질성분에 대한 처리효율을 여러 가지 통계값으로 나타낸 것이다. 따라서 Table 3은 흡수성 Biofilter 시스템의 개괄적인 오수처리 성능을 나타내 준다.

pH에 대해서는 유입수 경우 중성 내지 약알칼리성이나 유출수에서는 호기성조건의 미생물에 의한 반응으로 인하여 약 산성으로 변화되었음을 알 수 있다. 한편 BOD<sub>5</sub>에 대하여 유입수는 평균 120mg/l이었으나 Biofilter로부터의 유출수 농도는 평균 6.2mg/l로서 평균 96%의 높은 처리효율을 나타내고 있으며 이러한 평균농도는 우리나라 오분법의 특정지역 방류수 수질기준을 하회하는 것으로서 흡수성 Biofilter 시스템의 우수한 유기물 처리 성능을 가리키는 것이다. 이러한 사실은 유출수 농도의 사분위 범위 2.1~7.7mg/l로 보아서도 확인할 수 있다.

Table 3. Summary of Analytical Results from Absorbent Biofilter System

Water Quality Constituents	Location of Sampling	Median	Average	Minimum	Maximum	Interquartile Range
pH	Influent	7.6	7.8	7.2	8.9	7.5 ~ 7.9
	Effluent	6.3	6.2	3.7	7.6	5.8 ~ 6.9
	Removal(%)	-	-	-	-	-
BOD <sub>5</sub> (mg/ l)	Influent	117.0	120.0	37.5	244.9	72.4 ~ 153.0
	Effluent	3.5	6.2	0.6	31.3	2.1 ~ 7.7
	Removal(%)	96	95	79	99	95 ~ 98
TSS(mg/ l)	Influent	45.5	55.1	18.0	125.0	30.5 ~ 80.3
	Effluent	3.0	4.4	0.5	14.0	1.3 ~ 6.8
	Removal(%)	92	92	65	99	91 ~ 97
T-N(mg/ l)	Influent	244.3	228.3	83.0	348.9	165.5 ~ 301.5
	Effluent	159.0	158.7	63.0	310.2	110.8 ~ 197.4
	Removal(%)	32	28	0	49	19 ~ 37
T-P(mg/ l)	Influent	15.5	16.2	6.2	30.8	11.9 ~ 19.0
	Effluent	11.2	10.8	3.2	16.6	9.2 ~ 12.6
	Removal(%)	28	31	-3	66	26 ~ 43

※ Removal rates(%) were not calculated from influent and effluent data but they were taken from the data of removal rates(%).

한편, TSS는 BOD<sub>5</sub>와 비슷한 처리효과를 나타내고 있으나 평균 유출수 농도가 4.4mg/ℓ로서 BOD<sub>5</sub> 평균 유출수 농도보다 더 낮았으며, 사분위 범위도 1.3~6.8mg/ℓ로서 BOD<sub>5</sub>보다 더 낮은 농도를 나타내고 있다. 따라서 Biofilter로부터의 유출수 TSS는 BOD<sub>5</sub>와 마찬가지로 오분법의 특정지구 수질기준에 훨씬 하회하는 수질이며 따라서 TSS의 침전으로 인한 슬러지 발생을 관측할 수 없었다.

T-N과 T-P는 전술한 바와 같이 혐기성 부패조로부터의 유입수 농도가 너무 높아서 처리효율이 높지 않았으며, T-N은 평균제거율 28%, 평균제거율의 사분위범위는 19~37%였다. T-P도 T-N과 비슷한 처리효율을 나타냈으나 평균제거율 31%, 사분위범위 26~43%를 나타내어 T-N보다는 처리효율이 약간 높았다. 현재 우리나라 오분법에서 T-N과 T-P의 방류수 수질기준이 지역적인 차이 없이 각각 60mg/ℓ 과 8mg/ℓ 으로 되어 있으므로 만약 유입수의 T-N, T-P 농도가 평균적인 농촌의 생활하수 농도이라면 본 ABS는 오분법 방류수 수질기준은 간신히 만족할 수 있을 것이다. 그러나 앞으로 T-N, T-P의 방류수 농도기준도 현재 심화되고 있는 저수지, 호소의 부영양화 방지를 촉진하기 위하여 대폭 하향조정될 것으로 예상되므로 Biofilter시스템의 농촌 보급을 위해서는 T-N, T-P의 처리효율을 높일 수 있는 방안에 대한 연구가 필요하다.

### 요 약

본 연구에서는 생물막법의 일종인 흡수성 Biofilter 시스템(ABS)을 설치하여 14개월의 실험기간 동안 건국대 농생대 구내의 혐기성 부패조로부터 유입수를 3가지 수리부하율로 처리하여 시험하였다. 모니터링 결과에 의하면 ABS는 평균농도 BOD<sub>5</sub>=6.2mg/ℓ, TSS=4.4mg/ℓ 이라는 아주 낮은 유기성 유출수를 연속적으로 발생시킬 수 있음이 확인되었다. 이러한 저농도 유출수는 현재 우리나라 오분법의 특정지구(상수원 보호구역)에 대한 방류수 기준(BOD<sub>5</sub>=10mg/ℓ, TSS=10mg/ℓ)에도 훨씬 못 미치는 양호한 농도로서 ABS의 우수한 유기성오수 처리성능이 입증되었다. 특히 유출수내의 TSS 농도가 지극히 낮아서 슬러지의 발생이 거의 없으므로 침전조를 생략할 수 있어 설치비용이 저렴해지고, 유지관리가 단순한 장점을 지니고 있음을 알 수 있었다. 그러나 ABS시설이 농촌에 널리 보급되어 실용적인 시스템이 되기 위해서는 앞으로 T-N과 T-P의 처리효율 향상 방안, 겨울철에 대한 Biofilter탱크 내 임계온도 유지문제, 광역모니터링 및 신속보수 유지관리체계 확립에 대한 지속적인 연구가 필요하다. 이러한 문제점만 어느 정도 해결된다면 ABS는 우리나라 농촌의 소규모 현장 오수처리시설로서 앞으로 미래가 밝은 차세대형 시스템이 될 것으로 확신한다.

### 참 고 문 헌

1. Kim, Ueong-ho and Kyu-Tae Suh (1997) Maintenance and efficient management of village sewage system, Proceedings of the Second Annual Conference, The Korea Research Society of Rural Environment, pp. 45~68.
2. Kwun, Soon-kuk (1998) Development of Korean biofilter system for rural wastewater treatment, Progressive Report of the First Year (1998) Cooperative Research between Industries and Universities, Korea Science and Engineering Foundation, pp. 1~14.
3. Kim, Sung-Hwe (1998) Comparison of methods for the wastewater treatment, Materials of Personal Communication, pp. 1~10.
4. Jowett, E. C. (1995) Replacing the Tile Bed with the Waterloo Biofilter, Alternative Systems: Nutrient Removal and Pathogenic Microbes, Conference Proceedings, Waterloo Center for Ground Research, University of Waterloo, pp. 43~64.
5. American Public Health Association (1995) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed. Washington D. C., USA.
6. Venhuizen, D. (1998) Sand Filter/Drip Irrigation Systems Solve Water Resources Problems, On-Site Wastewater Treatment, Proceedings of the Eighth National Symposium on Individual and Small Community Sewage Systems, Hyatt Orlando, Orlando, Florida, USA, March 8 - 10, 1998, pp. 356~362.
7. Joewtt, E. C. and M. L. McMaster (1993) A New Single-Pass Absorbent Biofilter for On-Site Wastewater Treatment, Problem Environments for Septic Systems and Communal Treatment Options, Conference Proceedings, Waterloo Center for Ground Research, University of Waterloo, pp. 102~110.
8. Kim, Ueong-ho (1997) Maintenance and efficient management of village sewage systems, 1997 Workshop Proceedings for Environmental Scientists from Home and Abroad, The Korean Federation of Science and Technology Societies, pp. 167~210.
9. Yuhei Inamori, Norio Hayashi and Katsuhko Kuniyasu, (1997) Advancement and Enhancement of Biofilm Wastewater Treatment and Development Trend, J. of Water and Reuse, 39(8), pp. 655~665.