

## 하수처리장 방류수의 여과특성에 관한 연구

이용두 · 고인범 · 김현희

제주대학교 환경공학과

### A Study on the Filtration Characteristic of Effluent of Sewage Treatment System

Yong-Doo Lee, In-Beom Ko and Hyun-Hi Kim

*Department of Environmental Engineering, Cheju National University, Cheju 690-756, Korea*

This study was performed to investigate the removal efficiency of BOD and SS from the retreated water of sewage effluent by upflow filtration system.

Flow rate of sewage effluent were 80m/day, 150m/day, 200m/day and 300m/day.

The removal rate of SS was above 90%, and independent on the flow rate. However, BOD removal rate decreased with the flow rate increase. And removal rate of BOD was 40~60%.

In the results of experiment, it was considered that the treated water was possible to use as the graywater because it was suitable to Flush Toilet, Sprinkle -Water, Cleaning Car, etc.

**Key words** : Flow rate, upflow filtration, graywater.

### 서 론

종래의 도시하수의 주된 오염물질은 일정한 미생물에 의해 분해가 가능한 유기물인 반면에 근래에 들어서 급속한 산업의 발달과 인구증가 및 도시의 인구집중으로 인한 각종 용수량의 증가에 따라 오염물질도 다양해져 무기성 및 유기성 성분이 차지하는 비율이 점차로 증가하고 있는 실정이다.

이러한 오염물질들을 제거하기 위하여 생물학적 처리공법이 주로 채택되고 있는 데, 이를 대별하면 하수내에 부유하는 미생물에 의해 오염물을 제거하는 부유식공법과 반응조내에서 미생물이 부착할 수 있도록 매질을 충전시켜서 이 매질표면에 부착된 미생물막에 의해 유기물을 제거하는 부착식 생물막 공법으로 나누어진다.(강 등, 1992)

도시하수를 처리하는 데 있어서 국내의 경우 미생물의 부유식 성장을 이용한 표준활성슬러지법이 거의 보편적으로 이용되고 있으나, 이 방법은 폐슬러지가 다량 발생하고, 폭기조내의 적정 미생물 농도유지를 위한 슬러지의 반송 등 유지관리에 고도의 기술이 요구된다. 또한, 하천이나 호소 및 해안 등에 있어서 부영양화를 유발하는 질소와 인의 제거가 어려운 문제점을 내포하고 있다.(강, 1989)

이러한 문제점을 보완하기 위하여 생물막여과법이 연구 개발되고 있다. 생물막여과법에 관한 실험적 연구는 Jeris의 유입 하수를 전단계로 산화하여 원수를 상향류 방식으로 주입하는 유동상 반응조에 의한 유기물제거에 관한 연구를 비롯하여, Young과 Steward의 매체의 하부로부터 송기하고 유입 하수를 상향류식으로 주입하는 고정상 매체반응조, Fuchu Nabeshima 등의 기액 향류방

식의 증력식 여과장치를 이용하여 수처리에 관한 연구를 행하였다.(강, 1994 ; 강 등, 1996)

생물막을 형성하고 있는 미생물 집단은 충전담체의 표면에 부착증식하면서 과도하게 증식된 부분만이 탈리 되므로, 세포물질이 끊임없이 유출되고 반송되는 현탁증식 반응조에서와는 달리 고농도의 생물량의 유지가 가능하며 부하변동의 대처능력이 탁월하고, 체류시간과 상관없이 비증식속도가 낮으므로 잉여 슬러지의 발생량이 극히 적은 특징을 가지고 있다.(권과 이, 1994 ; 수산청, 1995)

생물막 여과법(Fuchu, 1990)은 타법에 비해서 고부하 운전이 가능하기 때문에 compact화가 가능함에 따라서 활성슬러지법에 비해서 에너지 소비량이 적은 장점이 있어 그 보급이 많이 증가되고 있다. 현재 각 방면에 적용되고 있는 생물막 여과 장치는 하향류 방식이 많다. 이 방법은 BOD, SS값이 낮은 처리수를 얻을 수 있는 반면 차압이 상승하기 쉬워 비교적 높은 BOD값의 배수에 적용하기 어려운 단점이 있다.(신 등, 1996 ; 강, 1991)

이와같은 단점을 해결한 방식이 상향류 방식의 생물막 여과장치이다. 본 장치는 하향류 방식에 비해서 처리수의 SS는 조금 높지만 차압의 상승이 작기 때문에 적용가능한 BOD농도 범위가 1~1000ppm로 넓고 요구되는 처리수질에 부응하여 BOD부하가 1~10kg/m<sup>2</sup>·d로 운전이 가능하고, 처리수의 수질이 매우 안정하다고 보고하고 있다.(강, 1994)

따라서, 본 연구는 하수처리장 방류수를 플라스틱 여재를 이용한 생물막 여과공정으로 처리할 경우 상향류식 여과공정에서 여과속도에 따른 처리수의 처리특성을 파악하는 데 주안점을 두었다

### 실험장치 및 방법

#### 실험장치

실험장치의 모식도는 Fig. 1과 같다. 반응조인 여과조는 내경이 300mm인 투명 아크릴관을 이용하여 높이를 각각 3000mm 및 1500mm로 제작하였다. 증진제로서는 다공성 플라스틱 여재 및 송

이를 증진하여 생물막 형성을 도모하였다. 또한, 역세정을 행하기 위하여 Air Compressor를 설치하였고, 펌프를 이용하여 실험대상 시료인 하수처리 방류수를 주입하였다.

본 실험에 이용된 여재의 물리적 특성을 Table 1에 나타내었다. 플라스틱여재의 공극율은 75.0%로 송이여재의 55.9%보다 크고 비표면적도 송이여재보다 플라스틱여재가 큼을 알 수 있다. 또한 플라스틱 여재는 비중이 0.59로서 물보다 가벼워 상향류 여과를 행함으로써 여재의 지속시간을 늘릴 수 있고, 역세시 동력비 절감에 크게 기여할 수 있다. 또한 생물막 여과에 적용시 미생물의 부착표면적이 커서 부착 미생물의 양을 증가시킬 수 있다.

Table 1. Physical characteristics of filter media

Items	Scoria	Plastic
Diameter(mm)	2.38 - 4.57	2.38 - 4.57
Specific gravity	1.57	0.59
Porosity (%)	55.9	75.0
Specific surface area(m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> )	6.18 × 10 <sup>4</sup>	9.92 × 10 <sup>4</sup>

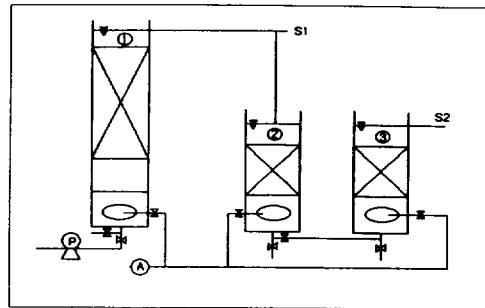


Fig. 1. Schematic diagram of experimental apparatus.

- Ⓟ Pump Ⓜ Air Compressor
- ① Plastic bed ②,③ Scoria bed

#### 실험방법

본 실험에 이용된 원수는 제주시 수질환경사업

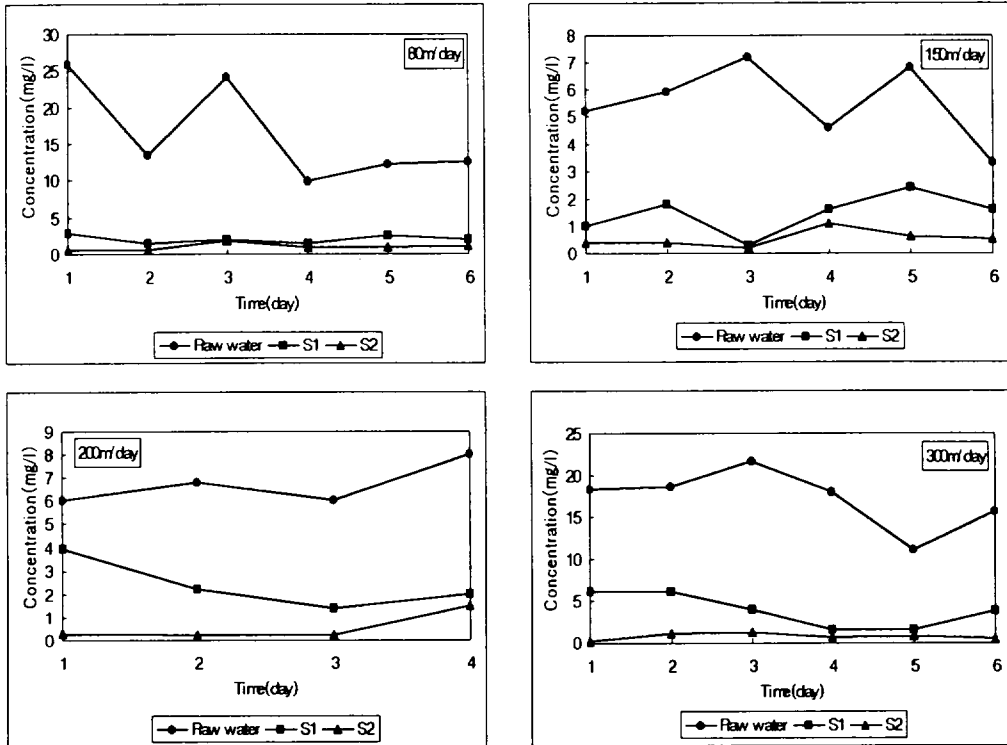


Fig. 2. Variation of SS concentration with flow rate.

소에서 처리되어 해역으로 방류되는 방류수를 이용하였다. 여과속도를 80m/day, 150m/day, 200m/day 및 300m/day로 변화시키면서 원수, 제1단 여과수(S1), 최종 여과수(S2)를 채취하여 여과속도에 따른 수질변화를 파악하기 위한 대상시료로 하였다. 실험결과의 도출을 위한 시료채취는 최종 여과수의 수질변화가 안정되어 정상상태에 이르렀다고 판단되었을 때부터 실시하였다.

실험항목은 BOD, SS, pH, T-N, T-P, NO<sub>3</sub>-N, NH<sub>3</sub>-N이고, 실험방법은 수질오염공정시험법에 따라 실시하였다.

### 결과 및 고찰

#### 여과속도에 따른 SS의 농도변화

여과속도에 따른 SS의 농도변화를 Fig. 2에 나타내었다. 그림에서 보면 SS농도변화는 원수 수

질이 5-25mg/l로 부하변동이 크지만 최종 여과후의 SS농도는 약 2mg/l 이하로 심한 부하변동에도 불구하고 안정된 처리효율을 나타내고 있고, 대부분의 SS는 처리 1단계인 플라스틱 여층에서 제거되고 있음을 알 수 있다.

Fig. 3은 각각의 여과속도에서 SS의 제거율을 보이고 있다. 그림에서 보면 제거효율은 각각의 여과속도에서 90%이상의 제거율을 나타내고 있다.

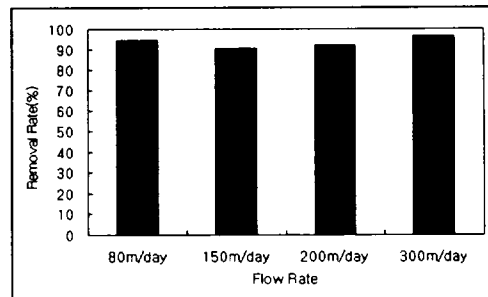


Fig. 3. SS Removal rate with flow rate.

여과속도에 따른 BOD의 농도변화

여과속도에 따른 BOD농도 변화를 Fig. 4에 나타내었다. 그림에서 보면 BOD의 농도변화는 원수 수질의 변동에 따라 처리수의 수질도 변화하는 양상을 보이고 있다. 이러한 현상은 여층에 충분한 생물막이 형성되지 않아 생물막 여과에 의한 처리보다 물리적인 현상에 의한 처리가 주를 이루었기 때문이라고 판단된다.

Fig. 5는 각각의 여과속도에서 BOD의 제거효율을 보이고 있다. 그림에서 보면 여과속도가 증가함에 따라 BOD의 제거효율이 점차 낮아지는 현상을 보이고 있다. 이것은 여과속도가 증가함에 따라 여과조내 체류시간이 감소하기 때문에 미생물과의 접촉시간이 감소하여 유기물질을 충분히 분해하지 못했기 때문이라고 판단된다.

또한, SS의 제거율에 비하여 BOD의 제거율이 낮게 나타남으로써, 용존상태의 유기물이 많이 존재함을 알 수 있다.

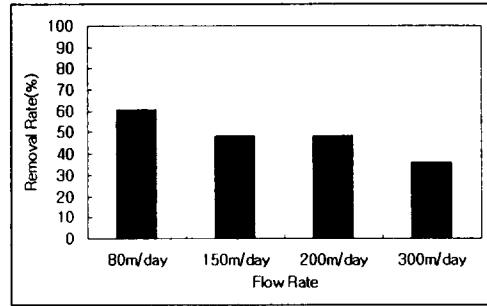


Fig. 5. BOD Removal rate with flow rate.

하수처리수의 재이용에 대한 평가

실험결과를 토대로 용도별 처리수 재이용 가능성을 평가하기 위해 대표적인 중수도 수질기준 항목인 BOD와 SS의 경우에 대하여 살펴보면, 수세식 화장실용수가 BOD 10mg/l이하, SS가 5mg/l 이하이고, 소방용수 및 일반적인 잡용수는 BOD 10mg/l 이하, SS 10mg/l 이하로 정해진 수질기준

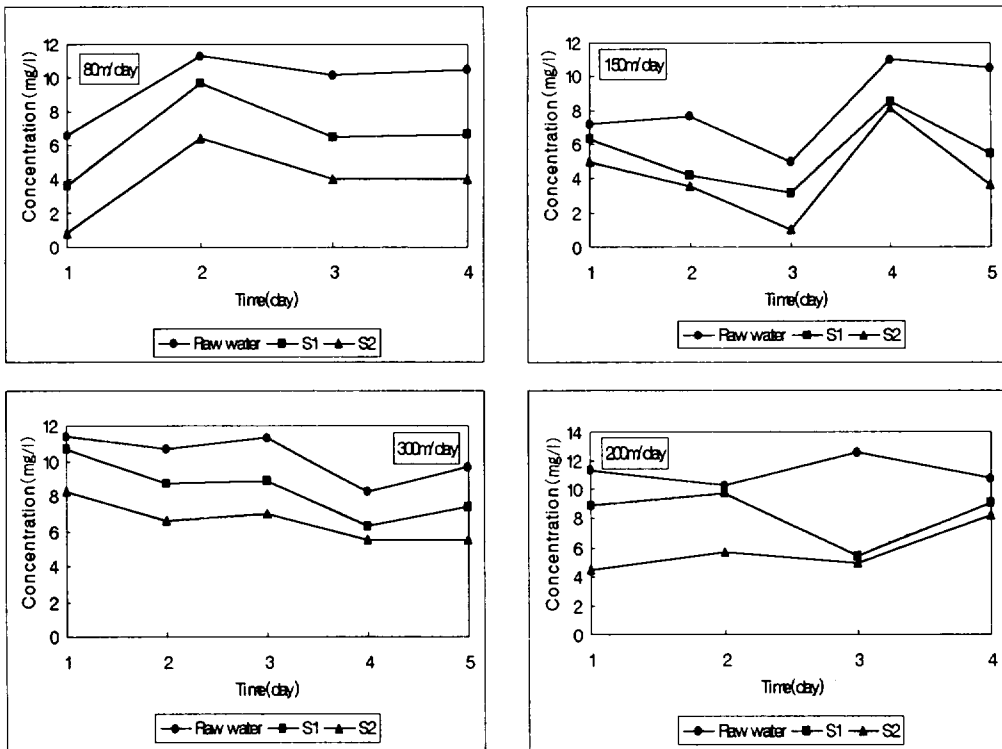


Fig. 4. Variation of BOD concentration with flow rate.

에 만족하고 있음을 알 수 있다.

다만, 공업용수의 이용시에는 각 기업 및 각 업종·용도에 따라 다양하며 일반적으로 명확하게 되어 있지 않은 경우가 많고, 특히, 냉각용수 등으로 사용할 경우에는 스케일이나 부식의 문제가 있어서 이를 해결하기 위한 역삼투공법(RO) 등의 연계가 필요할 것으로 판단된다.

## 결론

다공성 플라스틱 여재를 이용한 생물막 여과법에 의한 하수처리장 방류수의 여과특성에 관한 연구결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 본 실험에서 SS는 대부분 플라스틱 여층에서 제거되었고, 여과속도의 변화에 따른 제거율이 90~95%로 유속에 따라 큰 차이를 나타내지 않았고, SS의 대부분은 플라스틱 여층에서 제거되고 있음을 알 수 있었다.

2. 다공성 플라스틱 여재와 송이를 이용한 생물막 여과장치를 하수처리장 방류지역에 설치하여 실험을 한 결과 여과속도에 따라 BOD의 제거율이 40~60%로 SS의 제거율보다 낮은 제거율을 보이고 있는데, 이는 유기물이 용존상태로 존재하는 비율이 크기 때문으로 판단된다.

3. BOD, SS를 위주로 평가한 결과 방류수를 처리한 수질은 수세식 화장실용수, 소방용수 및 잡용수 등의 수질기준에 적합한 것으로 나타나, 이는 중수도로서의 이용이 가능하다고 생각된다.

## 참고문헌

강용태, 이용두, 김정현, 1992. 생물막여과 시스템에 의한 하수의 고도처리에 관한 연구, 한국자원기술개발연구소 연구보고, 16(2),

23-30.

강용태, 1989. 생물막여과에 의한 상수 원수 처리특성, pp. 10-15.

강봉래, 1994. 생물막 여과법에 의한 육상 수조 식양식장 배출수의 처리특성, pp.3-6, 12-13.

강용태, 김정현, 한동우, 1996. FCS-Biofilm과 RO를 연계한 중수도 시스템의 처리특성, 한국수처리기술연구회지, 4(1), 3-11.

권문선, 이의선, 1994. 부착성 미생물을 이용한 질산화 및 탈질특성에 관한 연구, 대한상하수공학회지, 3, 19-25.

수산청, 1995. 육상양식장 배출수 처리 방법에 관한 연구, pp. 177-191.

Fuchu, 1990. Advanced Sewage Rretment by Biological Aerated filter process, 5th World Filtration Congress, Nice France

신항식, 임경호, 이상민, 1996. 생물막을 이용한 상수원수에서의 암모니아 제거 특성, 대한상하수도학회지, 10(1), 78-84.

강용태, 1991. 생물막여과공법에 의한 수처리특성에 관한 연구, pp. 5-9.

강용태, 1994. 하수의 재이용을 위한 급속여과공정의 처리특성, pp. 1-5.

藤田 賢仁, スラボン・ワタナチラ, 金子榮廣, 1989. 粒狀濾層による硝化能窒素の除去-脱窒素反應に及ぼす窒素及びメタノール濃度の影響, 日本水道協會 雜誌, 58(661), 2~9.

Jones, P. H., 1973. Treatment in municipal plant : innovations or removal of phosphorus, Water Res., Pergamen press, 7, 211~226.

Walsh ,T.K., 1983. A review of biological phosphorus technology, EPA report, pp. 1~49.

Hall, K. L. and Oldhan, W. K., 1986. Biochemical model for enhanced biological phosphorus removal, Water Res., 20(12), 1511~1521.