



자동방류가 가능한 여과형 비점오염처리장치의 운전인자 도출

Identification of operating parameters in auto-discharging filter system for treatment of urban storm water

김선희¹ · 권은미^{1*} · 박성순¹ · 조성주¹ · 임채환² · 강선홍²

Sunhee Kim¹ · Eunmi Gwon^{1*} · Sungsoon Pak¹ · Seongju Joh¹ · CheaHoan Lim² · Seon-Hong Kang²

1 신강하이텍(주), 2 광운대학교 환경공학과

(2010년 7월 8일 접수 ; 2010년 7월 28일 수정 ; 2010년 8월 6일 채택)

Abstract

To identify operating parameters of the up-flow filtering system, which is available to discharge filtering residue after the rain, developed for treatment of urban storm runoff, lab scale test was carried out.

Removal efficiency of SS was 68.7%, 62.2%, and 58.6% at the area loading rate of 2.46m/h, 4.68m/h, and 10m/h, respectively, filtering device is desirable to operate at the lower than 4.68m/h of area loading rate to get higher level of 60% SS removal efficiency. The removal efficiency of SS was 57.1% ~ 68.7% at the raw water SS of 100mg/L ~ 600mg/L, and the SS in treated water was maintained at the constant level through the elapsed time. It is indicate that filtering device can guarantee a certain level of effluent water quality at various raw water quality. The removal efficiency of SS to the depth of filter media was 68.3%, 78.6% at the filter depth of 10 cm, 20cm respectively. The final treated water quality was showed 30.2mg/L of CODMn, 1.60mg/L of TN and 0.25mg/L of TP.

The average removal efficiencies by filtering device developed in this research were recorded slightly lower levels than other research. The main reason of these results were the first, the filter depth of the media used in this test was shallow, the second, the kind of filter media in discharge port of residue. More research to kind of filter media, filter packing rate, select of media for residue discharge port should be go on to produce optimum operating condition. The result of this study would be valuable for the application of filtration device to control of urban storm water.

Key words : Urban storm runoff, Up-flow filtering device, Filter residue, Filamentous media

주제어 : 도시강우유출수, 상향류식 여과시설, 여과잔류물, 섬모상 여재

1. 서론

하천에 영향을 미치는 오염원은 크게 점오염원(point

source)과 비점오염원(nonpoint source)으로 구분할 수 있다. 점오염원은 가정하수, 공장폐수와 같이 오염 배출원이 하나의 점으로 표현될 수 있는 오염원으로 오염물질의

* Corresponding author Tel:+82-31-391-3171, Fax:+82-31-391-3271, E-mail: emgwon@daum.net(Eunmi Gwon)

이동경로가 명확해 비교적 처리가 용이한 오염원이나, 비점 오염원은 강우시 지표면의 오염물질이 빗물에 씻겨 유출되는 오염원으로 강우시 유출량이 집중되는 특성 때문에 처리가 대단히 곤란한 오염원이다.

주택단지 및 산업단지로부터 발생하는 오염원 중 점오염원이 주요 오염발생원이나 하폐수는 차집관거에 의해 처리장으로 이송되어 처리되기 때문에 인근 하천의 수질영향에 대한 대책수립이 가능하다.

그러나 비점오염원은 오염물질의 유출이 강우시에만 집중되고, 오염원이 넓은 지역에 분산되어 있기 때문에 그것에 대한 관리대책 수립이 곤란하다. 하지만 강우초기에 지표면의 오염물질이 유출되는 초기우수유출수는 오염물질의 유출농도가 높고, 특히 도시지역의 경우는 중금속 등의 독성물질 함유 가능성이 높아 이에 대한 적절한 제어방안이 요구되고 있다.

우리나라의 비점오염은 전체 수질오염의 42~69% (2003년)를 차지하는 것으로 산정되었으며, 2015년에는 전체 수질오염의 65~70%로 증가할 것으로 환경부는 예상하고 있다. 이는 비점오염물질이 주요 수질 오염원이며, 따라서 도시 및 농촌 비점오염원으로 대별되는 비점오염원이 적정 관리가 이루어지지 않는다면 하천 및 저수지의 수질 개선을 기대하기란 어렵다는 의미이다(최지용, 2002).

외국의 경우에는 도시지역의 초기우수에 의한 수질오염을 저감시키기 위해 다양한 법적 규제 및 제어대책을 마련하고 있다. 미국은 1990년 11월 173개 시와 47개 군(county)의 약 100,000여개 공장에 대해 초기우수를 방류할 경우 NPDES의 허가를 받도록 하고 초기우수에 의한 오염저감 방지계획을 제출하도록 관련 법안을 공포하였다. 미국 외에도 호주, 영국, 일본 등 여러 나라에서 초기우수 저감시설에 대한 대안을 마련하고 있어 오염원의 주요 관리대상이 점오염원에서 비점오염원으로 변화하고 있는 것이 국제적인 추세이다(수생태 복원사업단, 2009).

국내에서도 수질오염에서 비점오염원의 비중이 커지면서 이의 저감을 위하여 정부는 범 정부차원의 비점오염원 관리대책 수립 및 법제화를 통한 비점오염원 저감시설 확대 추진, 축산분뇨 관리체계의 개선, 유역주민의 참여와 협력을 기반으로 한 수질관리체제 확립 등의 정책을 추진하고 있다. 또한 주택단지 및 산업단지 등 개발사업의 환경영향평가 수행시 비점오염원 저감시설 설치를 의무화하고 있으며, 4대강 유역에 대한 비점오염원 시범사업 시행 및 비점오염원의 비율이 상대적으로 높은 지역을 비점오염원 특별관리지역으로 지정하여 비점오염원 부하의 저감을 위한 전방위적인 노력을 기울이고 있다.

그러나 정부의 정책은 충분한 연구자료에 의한 기초한 정

책이라고 보기는 어렵다. 비점오염원에 대한 중요성을 인식하고 다양한 저감방안을 모색하고 있으나, 비점오염원의 유출특성과 오염물질 성상에 대한 기초자료가 부족하고, 처리시설의 설치사례가 절대 부족해 적절한 대책수립이 곤란한 실정이다. 비점오염원을 평가하고 정량화하며 또한 저감기술을 개발하고 시행한 후 정책이 개발되어야 하나 아직은 이와 같은 연구가 체계적으로 수행되지 못하고 있기 때문이다.

특히 도시지역의 하천변에 설치된 우수토실에서 발생하는 강우유출수를 처리하기 위해서는 설치장소가 협소한 곳에도 설치가 가능하고 오염물질처리속도가 빠른 장치형 시설의 설치가 불가피하다. 현재 장치형 시설 중 오염물질 제거율이 가장 확실한 여과형 장치는 그 적용성이 높다. 특히 상향류 여과방식은 여재의 막힘현상도 적고 여재의 수명을 길게 하여 선호되고 있으나 강우 종료후 여과부에 정체하는 잔류수가 부패하여 정체하다가 다음 강우시에 하천으로 유출되어 또 다른 수질오염물질이 되는 경우가 있다(환경부, 2008).

따라서 본 연구에서는 강우시 발생하는 강우유출수를 효과적으로 처리하며 강우 종료후에는 여과잔류수를 자동으로 배출할 수 있는 여과형 시스템을 개발하여, 실험실규모의 장치를 이용한 실험을 통하여 이 장치의 운전에 필요한 운전인자와 설계인자를 도출하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 실험장치

본 연구에서 사용된 실험장치는 비점오염물질이 대량 포함된 초기 강우유출수에 존재하는 오염물질을 상향류식 여과장치에 의해 처리할 수 있으면서, 초기 강우 이후 계속되는 비점오염물질이 미량 포함된 잉여 강우유출수는 여과 과정을 최소화하면서 방류하도록 함으로써, 시설 용량을 최소화하면서도 강우유출수에 대한 처리 성능을 극대화한 강우유출수의 선택적 처리가 가능한 여과형 비점오염물질 처리장치이다. 또한 여재하부에 저장된 여과 잔류수를 강우 종료 후 여재부의 측면에 있는 필터가 설치된 방류구(residual discharge)를 통하여 서서히 배출되도록 함으로써 여과잔류수의 부패로 인한 냄새나 곤충의 번식 등의 문제를 해결할 수 있을 것으로 기대된다.

이 여과형시설은 크게 전처리부, 여과부, 유출부로 구분되어진다. 전처리부는 유입구와 전처리용 여재가 채워진 장방향조이며 그 내부에는 오염물질 농도가 높은 초기강우를 전처리용 여재부를 통과하고 바닥에 구멍이 있는 봉형 구조물을 설치하여 1차적으로 조대 입자를 걸러 효율을 높이고자 하였다. 강우량이 증가하거나 여재부의 처리속도가 낮아

지게 되면 전처리부의 수위가 상승하게 되고 전처리부에 설치된 봉형 구조물의 윗부분으로 원수가 월류하게 되어 전처리를 거치지 않고 여재부로 유입된다. 최종적으로 강우량이 매우 많아져 수질이 양호해진 경우에는 여재부의 후면에 있는 바이패스조로 물이 바로 월류하여 처리수조로 방류되게 된다. 따라서 강우량에 따라 선택적인 물의 전처리가 가능한 구조이다.

여과부는 여과지의 면적을 최대화한 구조로서 여과의 교환이 용이한 카트리지 형태로 구성하였다. 또한 필터층의 유출부 웨어를 높게 설치하여 처리수를 여재부 상류에

일정량 저장하였다가 강우종료 후 자동역세시 사용할 수 있도록 하였다. 또한 여과부 측면벽에 여재부 하부에 잔류하는 여과 잔류수를 처리한 후 서서히 유출시킬 수 있는 유출관을 설치하여 여과부의 잔류수가 여과 후 자동처리 및 배제 될 수 있도록 하였다. 최종적으로 여과형 장치에서 제거된 오염물질은 여과부 하부에 슬러지 층에 침전되었다가 정기적인 슬러지 관리시 배출된다. 제작한 Filter형 처리시설은 Fig. 1과 같으며 강우시와 강우종료 후의 운전 기작은 Fig. 2와 같다.

2.2 실험 방법

실험은 SS를 기준으로 농도별로 제조한 인공 원수를 대상으로 1) 수면적 부하율에 따른 처리효율, 2) 유입수 농도에 따른 처리효율, 3) 적용 필터층 높이에 따른 처리효율을 각각 검토하였다. 실험에 적용한 원수 농도는 SS 기준으로 100ppm, 400ppm, 500ppm, 600ppm이었고 수면적 부하율은 2.34m/hr, 4.68m/hr, 10m/hr로 제어하면서 실험하였다. 각각의 수면적 부하율에서 유량은 1 l/min, 2 l/min, 4.26 l/min 었으며, 수리학적 체류시간은 2분, 1분, 0.67분 이었다. 여과층의 깊이는 10cm, 20cm 로 제어하면서 오염물질 제거효율을 관찰하였다. 실험에 적용된 실험인자 및 조건은 Table 1과 같다.

실험에 사용된 시료는 실제 강우시의 수질을 최대한 실제와 가깝게 재현하기 위해 고속도로 측구수로에서 도로퇴적물을 채취하여 인공원수를 조제하였다. 채취한 도로퇴적물

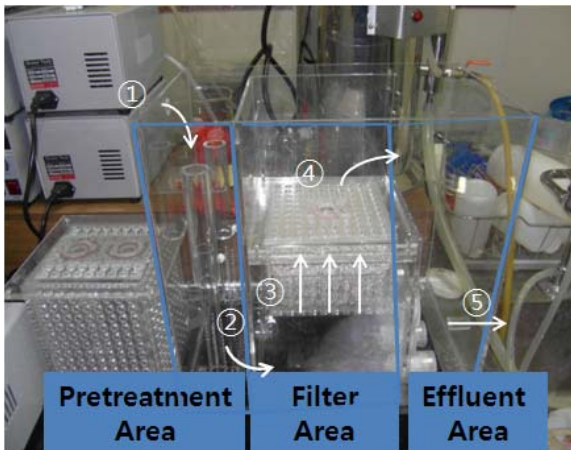
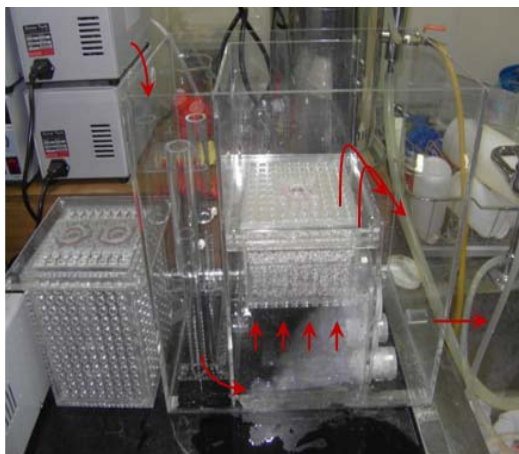
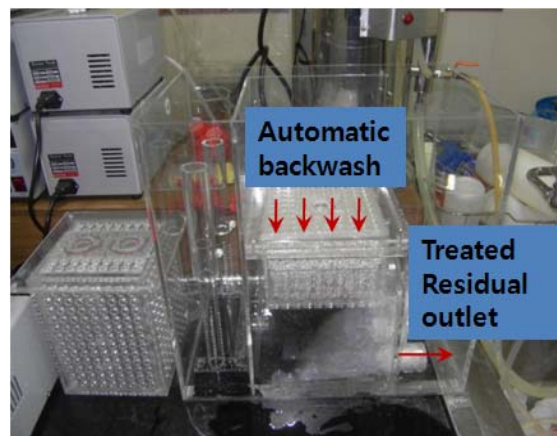


Fig. 1. Picture of Lab-Scale Experimental Apparatus(White arrows mean treatment of storm water)



(1) During the rainfall

(Storm water will be filtered by up-flow filter and then finally effluent to the public water body)



(2) After the rainfall

(Automatic discharge of residue after filtering through the outlet. Sludge will be reserved in the bottom of filtering area)

Fig. 2. Water Treatment Flow during the Rainfall and after the Rainfall

Table 1. Test Conditions for the Lab Scale Filtering Device

| Parameters | Test condition | | | | |
|-------------------|------------------------|------------------------|-----------|-------------------|-------------------|
| | SS of Raw water (mg/L) | Area roading rate(m/h) | HRT (min) | flow rate (ℓ/min) | Filter Depth (cm) |
| Area roading rate | 600 | 2.34 | 2 | 1 | 10 |
| | | 4.68 | 1 | 2 | |
| | | 10 | 0.67 | 4.26 | |
| Raw water quality | 100 | 2.34 | 2 | 1 | 10 |
| | 400 | | | | |
| | 600 | | | | |
| Filter depth | 100 | 2.34 | 2 | 1 | 10 |
| | | | | | 20 |

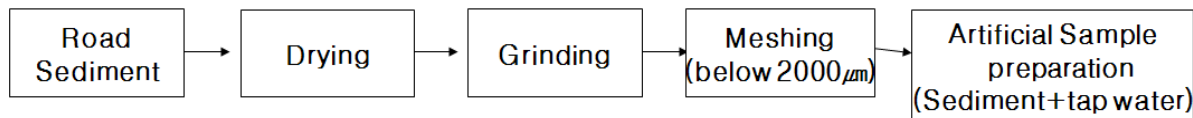


Fig. 3. Process of Sample Preparation

은 드라이 오븐에서 105℃를 유지하며 24시간 이상 건조한 후 체 분리하여 입자의 입경이 2,000 μ m 이하인 것만 사용하였다. 실험에 사용할 원수는 체 분리한 도로퇴적물과 수돗물을 일정한 비율로 섞어 실험하고자 하는 SS 농도를 기준으로 조제하였다. 원수 제조 과정은 Fig. 3과 같다.

시료가 여과형 시설로 유입되기 전 저류탱크를 두어 실험 시간 동안의 유입수 수질을 일정하게 유지하였으며 수중펌프를 통한 시료 교반으로 조대 입자의 침전을 방지하였고, 정량펌프를 이용하여 일정한 유량이 여과형 시설로 유입되도록 하였다. 유입유량은 실시간으로 측정하면서 동일하게 제어하였다. 필터부의 여재는 Perlite로 선정하였으며 여과부의 잔류수 처리를 위한 유출부에는 섬모상 여재를 충전하였다.

펠라이트는 진주암(화산석)을 약 760~1200℃의 고온에서 본래의 부피에 비해 4~12배까지 팽창시킨 것이다. 팽창시키지 않은 펠라이트 원석은 약 1100kg/m³의 밀도를 가지며 팽창시킨 펠라이트의 밀도는 30~150kg/m³ 정도이다. 펠라이트는 낮은 밀도와 다른 여재에 비해 저렴한 가격으로 인하여 상업적인 상품으로 많이 개발되고 사용되고 있다. 펠라이트는 강우유출수내 오염물질을 제어하기 위한 여과장치의 충전여재로 많이 사용되고 있다(김태균, 2009). 실험에 사용된 섬모상 여재는 로프형 형태로 큰 고리, 작은 고리, 내심부분으로 구성된다. 작은고리와 큰 고리가 이중

나선을 이루는 형상으로 비표면적이 상대적으로 크다. 재질은 크게 폴리프로필렌 다섬사와 플리에틸렌 로프사가 사용된다. 섬모상 여재의 직경은 40~45 μ m 이고 표면적은 1.0m²/g 이상이다. 처리수질이 우수하고 충격부하에 강하며 공극폐색이 없으므로 여재의 교체가 불필요하다. 반영구적으로 여재를 사용할 수 있으며 별도의 역세가 불필요하다는 장점을 가지고 있다. 이 섬모상 여재의 형상과 현미경 단면사진을 Fig. 4에 나타내었다.

한 실험 당 운전시간은 1시간으로 하였으며 장치로부터 유출수가 발생하는 시점을 기준으로 5분~10분마다 원수와 처리수를 채수하여 수질을 분석하였다. 처리수의 기본 분석 항목으로는 SS를 측정하였으며, 수질오염공정실험방법에 따라 GF/C를 이용하여 채취한 시료 일부를 여과하여 건조기에서 2시간 건조하여 측정하였다. SS를 제외한 수질 기준에 준하는 항목은 COD, TN, TP를 선정하였으며 분석방법은 수질오염공정실험법에 의하였다.

3. 실험결과

3.1 수면적 부하율에 따른 처리효율

고농도의 원수를 대상으로 수면적 부하율을 변경하여 실험한 결과는 Fig. 5와 같다. 수면적 부하율이 2.34m/hr인 경우 입자의 평균 제거율은 68.7%로 나타났고 수면적 부하

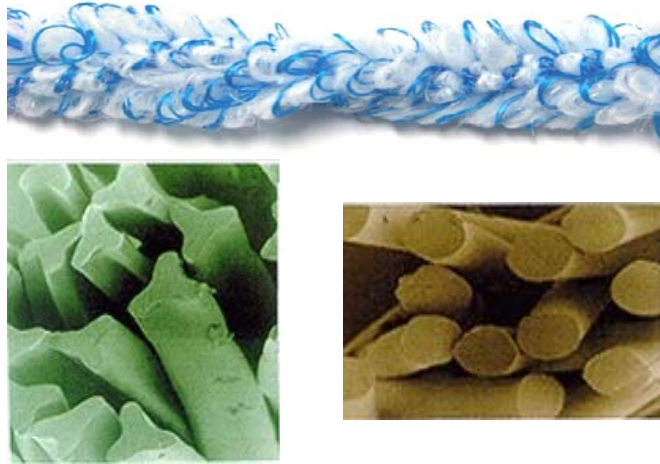


Fig. 4. Microscopic Images of the Double Screw Rope Shaped - Filamentous Filter Media

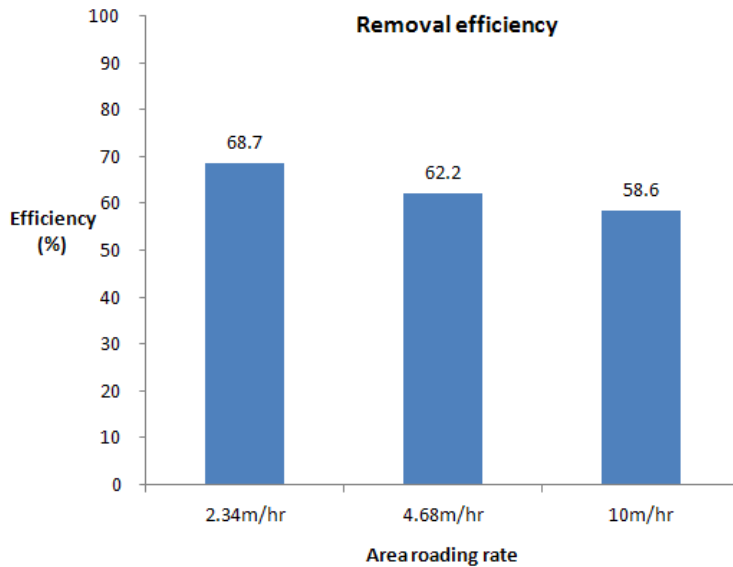


Fig. 5. Removal Efficiency of SS with respect to the Area Roding Rate

율이 4.68m/hr인 경우 입자의 평균 제거율이 62.2%, 수면적 부하율이 10m/hr인 경우 입자의 평균 제거효율은 58.6%로 나타났다. 수면적 부하율에 따른 오염물질의 제거효율은 부하율이 커질 수록 낮아지는 것으로 나타나 기존의 여재특성에 대한 연구와 유사한 결과를 나타냈다. 그러나 SS의 제거율은 김태균(2009)의 연구에서 얻어진 67~91%보다 낮은 결과를 보였는데, 이것은 운전된 여과속도가 본 연구에서 훨씬 빠르고 원수의 농도가 높은 상태에서 오랫동안 운전되었기 때문인 것으로 생각된다.

3.2 유입원수 농도에 따른 처리효율

Fig. 6 ~ Fig. 8에서는 원수농도를 달리하면서 측정된 시간에 따른 원수와 처리수의 수질결과를 나타내었다. 제시된 결과에서 볼 수 있듯이 운전시간에 따른 처리수의 수질은 운전시간동안 변화없이 일정하게 유지되는 것으로 나타났으며 처리수의 수질은 운전 개시 20분후에 안정적으로 유지되는 것을 알 수 있었으며, 원수가 600mg/L일때는 처리수의 수질이 171mg/L~264mg/L, 원수가 400mg/L일 때는 139mg/L~203mg/L, 원수가 100mg/L일 경우에는

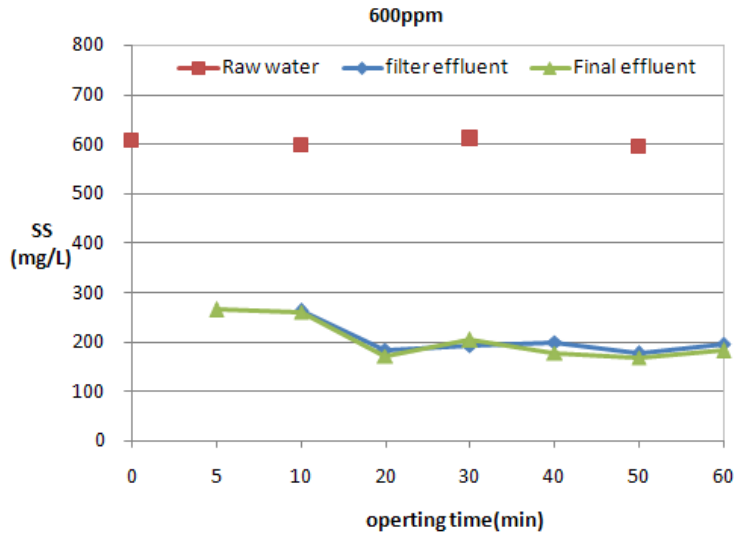


Fig. 6. The Change of SS in Raw and Treated Water (Raw water SS ; 600mg/L)

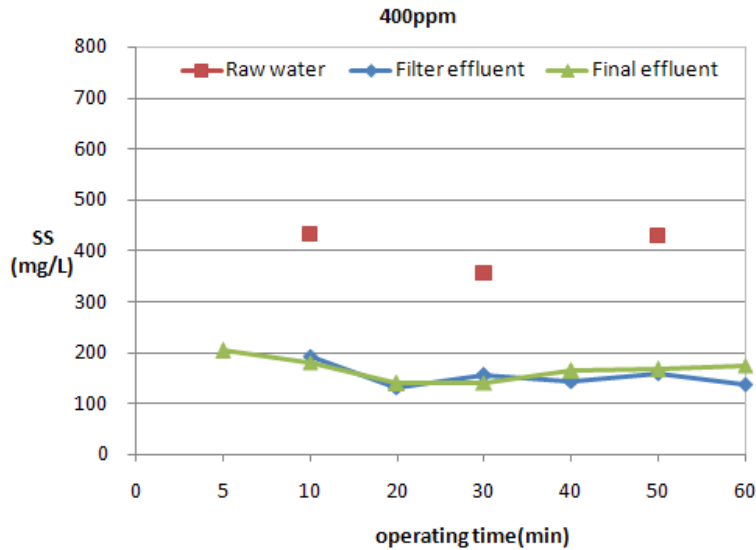


Fig. 7. The Change of SS in Raw and Treated Water (Raw water SS : 400ppm)

38mg/L~62mg/L로 유지되고 있음이 관찰되었다. 그래프에 표현한 필터부 처리수는 앞에서 설명한 것과 같이 Perlite가 충전된 필터층만을 거친 유출수를 의미하며 최종처리수는 필터층 유출수와 여과잔류수 유출구로 유출된 처리수가 혼합되어 최종 배출된 처리수를 의미한다.

동일한 수면적 부하율에서 유입수의 농도를 고농도인 600ppm, 저농도인 100ppm, 그 중간 범위의 농도인

300~400ppm으로 구분하여 SS 제거효율을 분석한 결과는 Fig. 9와 같다. 유입농도가 600ppm인 경우, 필터부의 SS 평균 처리효율은 68.7%였고 최종방류수의 SS 평균 처리효율은 66.3%였다. 유입농도가 400ppm인 경우, 필터부의 SS 평균 처리효율은 67.4%였고 최종방류수의 SS 평균 처리효율은 62.6%였다. 유입농도가 100ppm인 경우에는 필터부의 SS 평균 처리효율은 68.9%였고 최종방류수의 SS 평균 처리효율은 57.1%로 나타나 유입되는 원수

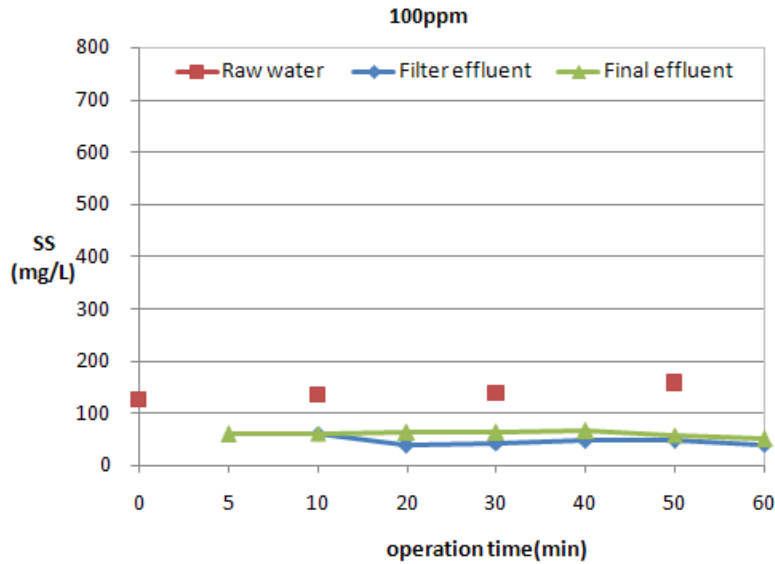


Fig. 8. The Change of SS in Raw and Treated Water (Raw water SS : 100ppm)

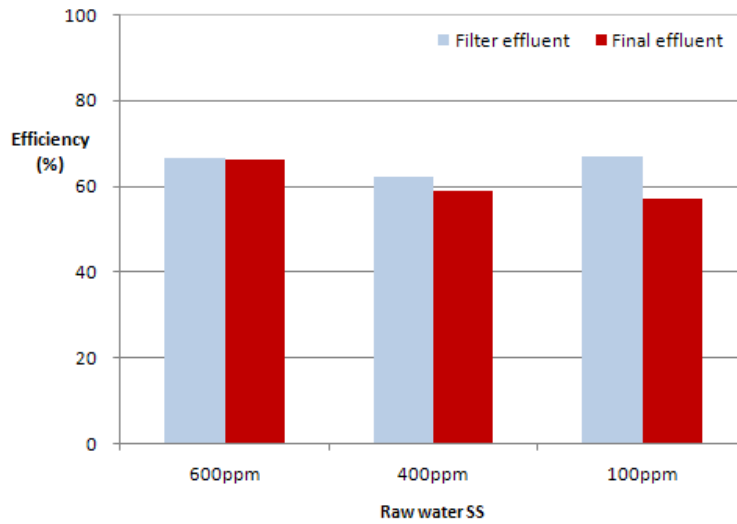


Fig. 9. SS Removal Efficiency with respect to the Raw Water Quality

의 농도에 큰 영향을 받지 않고 일정 수준까지의 오염물질 처리가 가능한 것으로 나타났다. 하지만, 모든 실험조건에서 여과유출부의 처리효율이 최종방류수의 수질보다 우수한 것으로 나타났다. 이 결과는 여과형 시설의 특징을 전형적으로 나타내는 것으로서 강우유출수의 처리를 위해 여과형 시설을 사용할 경우 처리수의 수질을 일정 수준이하로 보장할 수 있음을 의미한다.

Filter형 처리시설은 원수가 유입이 되면 전처리 시설을 거쳐 펠터부로 이동한다. 펠터부로 이동한 유입수는 펠터층으로 상향 유입되어 펠터층을 통과하여 유출되고 일부는 지속적으로 여과잔류수를 처리하기 위해 설치한 유출구로 배출된다. 반응이 종료되면 여재의 상부에 저장되어 있던 처리수가 하부로 유출되어 여재를 역세척하고 전처리부와 펠터부에 있던 잔류수는 여과잔류수 유출구를 통해 대부분 유출된다.

유입수는 전처리 시설을 거쳐 필터부로 유입되고 필터층에서 처리수가 유출되기 전 약 10분 동안 섬모상 여재가 충전된 여과잔류수 유출구로 지속적으로 단독 유출된다. 즉, 반응시간 초기 5분~10분 동안의 최종 유출수는 섬모상 여재로 인한 제거효율이라고 볼 수 있으며 이때의 SS의 평균 처리효율은 약 56% 정도로 나타났다. 반응시간 10분 후, 필터층 유출수는 여과잔류수 유출수와 혼합되어 최종 유출구로 유출되고 이때의 수질은 초기 5분~10분 동안의 유출수에 비해 SS 농도기준으로 약 10~20% 정도 높아지는 것으로 나타났다.

즉, 현재 여과잔류수를 배제하기 위해 설치된 유출구에 폴리프로필렌 재질의 섬모상 여재를 충전하여 사용하고 있는데, 이것은 유속이 빨라질 경우 섬모상 여재 사이에 배제되었던 입자들이 유출될 수 있어 처리수량이 증가하면서 여재 사이에 억류되었던 입자성 물질들이 유출되기 때문에 최종 처리수의 수질에 영향을 준 것으로 생각된다.

따라서 이 유출부의 기능을 극대화하기 위해서는 이러한 단점을 보완한 여재를 찾아보는 것이 추후 연구되어야 할 것으로 생각된다.

3.3 여재층 깊이에 따른 처리효율 변화

앞선 연구에서 표면적 부하율과 원수의 유입 농도를 달리 하여 실험을 수행한 결과 필터부의 처리수가 전체 처리효율에 미치는 영향이 큰 것으로 나타났다.

따라서 본 연구에서는 우선, 섬모상 여재가 충전된 여과잔류수 방류구에 의한 처리효율은 배제하고 펄라이트를 충전

한 필터부에서 처리효율을 증가시켜 최종처리수의 수질을 높이고자 여재부의 처리조건을 변경하여 실험을 수행하였다. 변경된 여재부의 처리조건은 여재층의 깊이와 유공관 내부에 섬모상 여재 충전 유무였다.

원수의 SS농도가 100mg/L일때 여재층의 깊이를 10cm와 20cm로 변경하여 SS처리효율을 비교 분석한 결과는 Fig. 10에 나타내었다. 여재층의 깊이가 10cm인 경우 필터부 유출수의 평균 SS처리효율은 68.3% 였고 여재층의 깊이가 20cm인 경우 필터부 유출수의 평균 SS처리효율이 78.6%로 나타났다.

여재층의 깊이가 20cm인 경우 10cm에 비해 높은 처리효율을 나타내었는데 이는 여재층의 깊이가 증가함에 따라 충전한 펄라이트의 양이 2배로 증가했고 체류시간 또한 증가하여 높은 처리효율을 나타낸 것으로 생각된다. 실제로 현장에서는 여재의 깊이를 30cm로 설계 시공하므로 본 연구에서 개발된 장치에 의한 오염물질의 제거효율은 실험장치에서 보다 높을 것으로 예상된다.

3.4 처리수질 분석

본 연구에서 사용된 시설의 항목별 오염물질제거율을 관찰하기 위해 수면적 부하율은 4.68m/hr로 고정하고 COD_{Mn}, TN, TP의 제거효율을 측정하였다.

유입원수의 평균 SS는 617mg/L, COD_{Mn}는 46.7mg/L, TN은 2.51mg/L, TP는 0.48mg/L였다. 여과형 장치를 통과한 여과잔류수 유출수의 SS는 평균 310mg/L로 평균 49.8%의 처리효율을 나타내었다. COD_{Mn} 처리농도는 평균

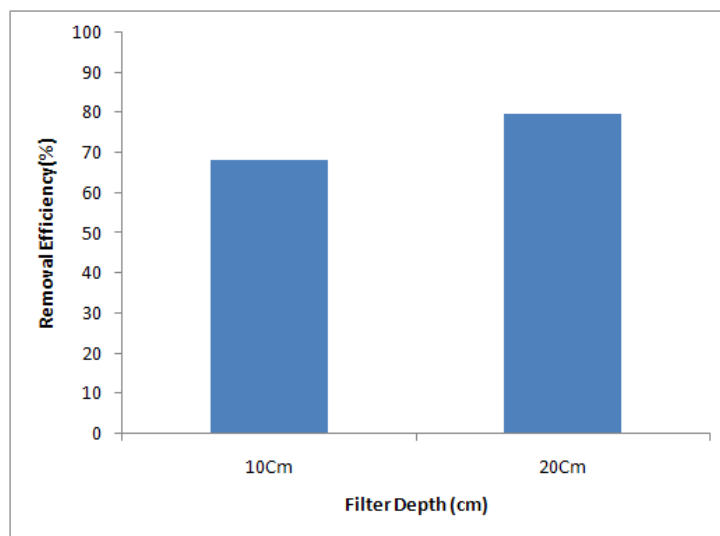


Fig. 10. Average SS Removal Rate with respect to the Filter Bed Depth
(Area Loading rate : 2.34m/hr)

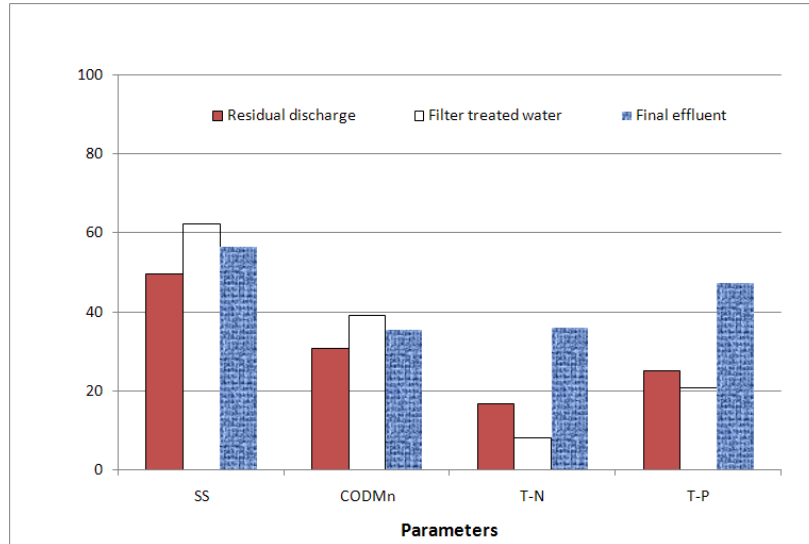


Fig. 11. Avcge Removal Efficiency of Treated Water at 4.68m/hr of Area Roding Rate (Raw water SS : 600mg/L)

32.3mg/L으로 30.9%의 제거처리효율을 나타냈으며 TN과 TP는 각각 평균 2.09mg/L, 평균 0.36mg/L로 평균제거율은 각각 16.7%, 25.0% 였다. 필터부 상층에서 유출된 처리수의 SS는 평균 233mg/L로 평균 62.3%의 처리효율을 나타냈으며, COD_{Mn}은 평균 28.5mg/L로 평균 39.0%의 처리효율을 나타내었다. TN과 TP는 각각 평균 2.31mg/L, 평균 0.38mg/L로 평균적으로 8.2%, 20.8%가 각각 제거되었다.

최종 처리수의 SS는 평균 268.2mg/L로 평균 56.6%의 처리효율을 나타내었으며 COD_{Mn}은 평균 30.2mg/L로 평균 35.5%의 처리효율을 나타내었다. TN과 TP는 각각 평균 1.60mg/L, 평균 0.25mg/L로 평균적으로 36.1%, 47.2%의 처리효율을 나타내었다(Fig. 11).

국내 선행연구를 포함한 기존 처리시설의 경우 이준호(2004)는 HDS-Perlite 여재의 SS 처리능을 분석 실험에서 유입수 SS 농도가 500mg/L, 수면적 부하율을 450m/day, Perlite를 500g 충전하여 운전한 경우 SS의 제거율은 76.2%를 나타내었다. 최영화(2008)는 이동식 여과 처리 시설을 이용한 건설 현장의 비점오염원 저감 연구에서 펄라이트 여과로 부유물질을 제거효율이 78.0% 였다고 보고한 바 있다.

본 시설의 경우 국내 선행연구에서 도출된 처리효율보다는 다소 낮게 나타났는데 이것은 사용된 여재의 깊이가 타 연구에서 사용된 것보다 낮았기 때문으로 여재의 깊이가 동일하다면 더 우수한 제거효율을 기록할 수 있을 것으로 사료된다. 추후 필터부의 여재층 깊이, 유공관 섬모상 여재 층

진을, 잔류수 처리부의 적정 여재 선정 등에 대한 지속적인 연구를 통하여 이러한 부분의 결과를 확인해야 할 것으로 생각된다.

4. 결 론

본 연구에서는 강우시 발생하는 강우유출수를 효과적으로 처리하며 강우 종료후에는 여과잔류수를 자동으로 배출할 수 있는 여과형 시스템을 개발하였으며, 실험실규모의 장치를 이용한 실험을 통하여 이 장치의 최적운전에 필요한 운전인자와 설계인자를 도출한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1) 수면적 부하율이 2.34m/hr인 경우 입자의 평균 제거율은 68.7%로 나타났고 수면적 부하율이 4.68m/hr인 경우 입자의 평균 제거율이 62.2%, 수면적 부하율이 10m/hr인 경우 입자의 평균 제거효율은 58.6%로 나타났다. 수면적 부하율에 따른 오염물질의 제거효율은 부하율이 커질수록 낮아져서 기존의 여재의 특성에 대한 연구와 유사한 결과를 나타냈다. 그러나 SS의 제거율은 기존 연구에서 얻어진 67 ~ 91%보다 낮은 결과를 보였는데, 이것은 운전된 여과속도가 본 연구에서 훨씬 빠르고 원수의 농도가 높은 상태에서 오랫동안 운전되었기 때문인 것으로 생각된다.

2) 원수농도를 달리하면서 측정된 처리수의 수질은 원수가 600mg/L일때는 처리수의 수질이 171mg/L~264mg/L, 원수가 400mg/L일 때는 139mg/L~ 203mg/L, 원수가 100mg/L일 경우에는 38mg/L~ 62mg/L로 유지되고 있음

이 관찰되었다. 이 결과는 여과형 시설의 특징을 전형적으로 나타내는 것으로서 강우유출수의 처리를 위해 여과형 시설을 사용할 경우 처리수의 수질을 일정 수준이하로 보장할 수 있음을 알 수 있었다.

현재 여과잔류수를 배제하기위해 설치된 유출구에 폴리프로필렌 재질의 섬모상 여재를 충전하여 사용하고 있는데, 이것은 유속이 빨라질 경우 섬모상 여재 사이에 배제되었던 입자들이 유출될 수 있어 처리수량이 증가하면서 여재 사이에 억류되었던 입자성 물질들이 유출되어 최종처리수의 수질에는 좋지 않은 영향을 준 것으로 생각된다. 따라서 이 유출부의 기능을 극대화하기 위해서는 이러한 단점을 보완한 여재를 찾아보는 것이 추후 연구되어야 할 것으로 생각된다.

3) 원수의 SS농도가 100mg/L일때 여재층의 깊이를 10cm와 20cm로 변경하여 SS처리효율을 비교 분석한 결과 여재층의 깊이가 10cm인 경우 필터부 유출수의 평균 SS처리효율은 68.3% 였고 여재층의 깊이가 20cm인 경우 필터부 유출수의 평균 SS처리효율이 78.6%로 나타났다.

여재층의 깊이가 20cm인 경우 10cm에 비해 높은 처리효율을 나타내었는데 이는 여재층의 깊이가 증가함에 따라 충전한 펠라이트의 양이 2배로 증가했고 체류시간 또한 증가하여 높은 처리효율을 나타낸 것으로 생각된다. 실제로 현장에서는 여재의 깊이를 30cm로 설계 시공하므로 본 연구에서 개발된 장치에 의한 오염물질의 제거효율은 실험장치에 의한 처리효율보다 높을 것으로 예상된다.

4) 최종 처리수의 COD_{Mn}은 평균 30.2mg/L로 평균 35.5%의 처리효율을 TN과 TP는 각각 평균 1.60mg/L, 평균 0.25mg/L로 평균적으로 36.1%, 47.2%의 처리효율을 나타내었다.

본 시설의 경우 국내 선행연구에서 도출된 처리효율보다는 다소 낮게 나타났는데 이것은 사용된 여재의 깊이가 타 연구에서 사용된 것보다 낮았기 때문으로 여재의 깊이가 동일하다면 동일하거나 더 우수한 제거효율을 기록할 수 있을 것으로 사료된다. 추후 필터부의 여재층 깊이, 유공관 섬모상 여재 충전율, 잔류수 처리부의 적정 여재 선정 등에 대한 지속적인 연구를 통하여 이러한 부분의 결과를 확인해야 할 것으로 생각된다.

사 사

본 연구는 수생태복원 사업단의 연구비 지원으로 얻어진 논문이기에, 이에 감사드립니다.

5. 참고문헌

- 환경부 (2008), 한강수계 비점오염저감시설 모니터링 및 유지관리 2차년도보고서.
- 수생태복원 사업단(2009), 효율적 비점오염원 관리기술개발 연구 보고서(2단계 2차년도), 연구보고서.
- 김부길, 문기동(2009), 상향류식 비점오염원 여과시스템의 여과 교체주기에 따른 실험적 연구, *한국수처리학회지*, **17**(4), pp 121-129.
- 최지용, 신창민(2002), 비점오염원 유출저감을 위한 우수유출수 관리방안 “, 연구보고서, 한국정책평가연구원.
- 김태근, 조강우 송경근, 윤민혁, 안규홍, 홍승관(2009) 여재특성에 따른 강우 유출수내 오염물질 제거특성 평가, *대한 환경공학 회지*, **23**(4), pp 483- 490.
- 이준호, 방기웅, 펠라이트여과를 이용한 미세입자 제거능 분석 (2004), *한국도시환경학회지*, **4**(2), pp. 47-53.
- 최영화, 김효상, 김창용, 오지현, 김민수(2008) 이동식 여과 처리 시설을 이용한 건설 현장 비점오염원 저감 효율 특성, *한국물 환경학회 공동 추계학술발표회*, pp. 290-291.
- Horner, R. R., and C. R. Horner (1995), Design, Construction, and Evaluation of a Sand Filter Stormwater Treatment System. Part II. Performance monitoring, Report to Alaska Marine Lines, Seattle WA.
- Claytor, R., and Schueler T.(1996), Design of Storm water Filtering Systems., U.S. EPA, V, Chesapeake Bay Research consortium, Center for Watershed Protection , Endicott, MD.
- Pratap, M., Khambhammettu, U., clark, S., and Pitt, R.(2007) Stormwater Polishing : Upflow Vs. Downflow Filters. World Environmental and Water Resources Congress 2007: Restoring Our Nature Habitat, ASCE.
- Towage, N., and Pitt, R(2005) Controlled Full-Scale Field Testing of an Up-flow Filtration Device, pp 5334 - 5342., World Environmental and Water Resources Congress 2005: Great river, ASCE.