

식생수로 길이가 비점오염물질 저감효율에 미치는 영향

백승봉* · 길경익***

* 서울과학기술대학교 건설시스템공학과

** 서울과학기술대학교 건설시스템디자인공학과

Effects of Grassed Swale Lengths on Reduction Efficiencies of Non-point Source Pollutants

Seoungbong Paek* · Kyungik Gil***

* Department of Civil Engineering, Seoul National University of Science and Technology

** Department of Civil Engineering, Seoul National University of Science and Technology

요 약

비점오염원은 배출원, 유출경로 및 배출량이 명확하지 않아 관리에 많은 어려움이 있다. 최근 들어, 비점오염 관리를 위해 다양한 비점오염저감시설들에 대해 개발 및 연구 되고 있다. 또한 비점오염시설의 정확한 평가를 위해 다양한 효율산정 방법들이 제시되고 있다. 본 연구에서는 강우 시 식생수로 길이별 모니터링 결과를 토대로 식생수로의 길이가 저감효율에 미치는 영향에 대해 연구를 수행하였다. 또한 식생수로 길이별 저감효율을 다양한 방법으로 산정하여 효율 산정방법에 따른 차이를 비교하고자 하였다. 효율 산정 방법으로는 ER, SOL, ROL, ROF, SOLF, ROLF 방법을 이용하여 분석하였다. EMC 분석결과 유입 및 유출량의 농도차이가 유기물질이 영양염류에 비하여 크게 나타났다. 식생수로 길이에 따른 효율 분석 결과 식생수로 유입부에서 효율이 급증하고, 이 후에는 효율 증가가 점차 감소하는 것으로 나타났다. 이는 식생수로 전단에 설치된 저류지에 의한 것으로 판단된다. 식생수로의 저감효율을 확보하기 위해서는 식생수로의 길이가 최소 30m이상으로 충분히 확보되어야 한다. 또한 식생수로의 경제적이고 효율적인 설계를 위해선 단순한 효율분석이 아닌 식생수로 최소 길이에 대한 연구가 필요하다.

핵심용어 : 비점오염원, 비점오염저감시설, 식생수로, 저감효율

Abstract

Non-point pollution source is difficult to control due to uncertain outflow path and emission. So, There are many development and research to Best Management Practices(BMP) established to manage the Non-point pollution source. Besides, various methods of estimated efficiency to exact assessment of BMP is presented. In this study, the impact about length of Grassed Swale on reduction efficiency based on monitoring results of Grassed Swale by length is studied. By estimating Grassed Swale reduction efficiency in a variety of methods, the difference between the methods of estimated efficiency was compared with those that. Estimated efficiency method using ER, SOL, ROL, ROF, SOLF, and ROLF methods is analyzed. EMC analysis result is high inflow and outflow concentration distinction organic compound for nutritive salts The result of efficiency analysis along Grassed Swale length sharply increases in a Grassed Swale inlet. After this increase, the efficiency gradually decreases. This is expected that cistern installed in the end of the front. To obtain a stable reduction efficiency of Grassed Swale, minimum length 30m of Grassed Swale should be enough. Also, in order to efficiently and economically design Grassed Swale, the researches on length of Grassed Swale are needed rather than simple analysis of efficiency.

Keywords : Non-point pollution source, BMP, Grassed Swale, Removal Efficiency

1. 서론

강우 유출수 내 포함된 비점오염물질은 호소 및 하

천으로 유입되어 수계 환경을 악화시키는 것으로 알려져 있다. 비점오염원은 배출지점, 유출경로 및 유출량 등이 명확하지 않아 관리에 많은 어려움이 있는 것으로

+ Corresponding author : kgil@seoultech.ac.kr

* 비회원 · 서울과학기술대학교 건설시스템공학과 석사과정 · E-mail : bagsb@seoultech.ac.kr

** 정회원 · 서울과학기술대학교 건설시스템디자인공학과 교수 · E-mail : kgil@seoultech.ac.kr

보고되수원 상류 및 인근 지역에서 발생하는 비점오염 물질은 국내 상수원 오염의 주요한 원인으로 보고되고 있다. 또한 국내 4대강 기준으로 비점오염물질의 오염 기여도가 37%를 넘어가는 것으로 조사되었으며, 점차 그 영향은 증가할 것으로 예측되고 있다(Wee et al., 2008; Son et al., 2009). 일부 연구진에 의하면 현재 비점오염원의 영향은 점오염원보다 크다는 연구결과가 발표되기도 하였다.(Lee, 2008) 이에 국내에서는 비점오염원 관리에 대한 심각성을 인식하고 비점오염을 관리하기 위한 많은 노력을 기울이고 있다(Kim et al, 2005). 2004년부터 시행된 수질오염총량관리제는 더 이상 하천의 오염을 농도 기준의 관리가 아닌 오염부하량을 기준으로 관리하고자 하는 것으로 비점오염원을 관리하고자 하는 정부의 노력을 확인 할 수 있다(Lee et al., 2007; Kang et al., 2012). 이에 따라 비점오염관리를 위해 다양한 비점오염저감시설이 개발 및 연구되고 있으며 효율 평가에 대해 많은 연구가 수행되고 있다(Lee et al, 2008b).

비점오염저감시설은 장치형과 자연형 시설로 구분할 수 있다. 장치형 시설의 경우 여과형, 와류형, 스크린형 등이 있으며, 자연형 시설로는 식생수로, 식생여과대 등이 있다. 비점오염원은 자연현상인 강우에 영향을 받기 때문에 기상조건 및 여러 환경조건에 따라 저감시설이 영향을 받기 때문에 비점오염저감시설 설계 및 유지관리가 어려운 실정이다.

비점오염관리를 위해 비점오염저감시설의 평가를 위한 대표적인 효율산정 방법은 ER, SOL, ROL, ROF,

SOLF, ROFL 등의 방법이 제시되고 있다(MOE, 2008). 비점오염저감시설 효율 산정은 비점오염 저감시설 평가에 큰 영향을 미친다. 저감효율 산정방법에 따라 중요시하는 특징이 다르기 때문에 동일한 자료를 바탕으로 산정을 하여도 효율이 다르게 나오는 문제점이 있다(Sin, 2011). 이에 따라 비점오염저감시설의 정확한 효율산정에 대해 많은 연구진들이 연구 결과를 발표하고 있으나, 아직 정확한 효율 산정 방법이 제시되고 있지는 않다(Kwon, 2011).

식생수로의 설계에 있어서 길이는 중요한 인자이다. 하지만 현재까지 시범적으로 설치된 식생수로형 비점오염저감시설의 경우 운영상의 문제점이 파악되지 않았다.(Park, 2010) 또한 수로 길이에 대한 연구가 부족하여 설계 시 최소길이에 대한 자료를 확보해야한다.

본 연구에서는 식생수로에 강우모니터링을 통해 확보한 자료를 바탕으로 다양한 효율 산정 방법을 이용하여 효율을 비교·분석하였다. 또한 식생수로 내에서 10m, 15m, 20m, 30m 지점에서의 길이에의 저감효율을 분석하였다. 이를 바탕으로 식생수로에서의 안정적인 저감효율 확보에 필요한 최소 길이에 관한 연구를 수행하였다.

2. 연구대상 및 분석방법

2.1 모니터링 지점

본 연구가 수행된 식생수로는 경기도 용인시 포곡면

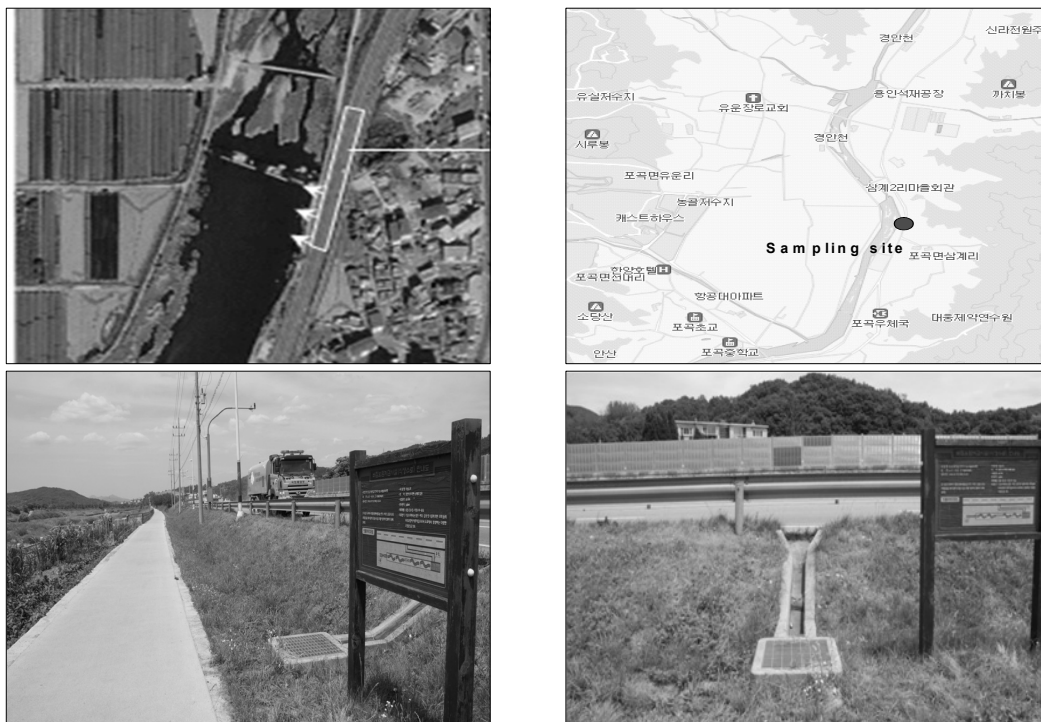


Fig. 1. Location of the Grassed Swale and Sampling

에 위치해 있다. 배수구역은 100% 도로지역이며, 배수면적은 0.77ha로 구성되어있다. Fig. 1에서는 본 시설의 설치된 위치를 확인 할 수 있다. 식생수로의 설치된 위치는 Fig. 1에 나타내었다. 또한 식생수로의 길이는 151m, 시설면적은 0.65m² 바닥 폭 0.3m, 윗 폭 2.3m로 설계 되어있다.

2.2 모니터링 및 분석방법

수질분석을 위한 모니터링은 강우량과 강우지속 시간에 따라 달라지므로 현장에서 탁도를 지속적으로 측정하여 시료의 채수여부를 결정하였다. 침투 유량을 기점으로 하여 5분, 10분, 15분 간격으로 채수하였으며 강우지속시간과 농도에 따라 시간 간격을 결정하여 채수하였다. 수질분석은 TSS, BOD, COD, TN, TP 항목에 대하여 실시하였고 모든 항목은 Standard Methods 20th(APHA, 1998)과 수질오염 공정시험법(MOE, 2008) 의거하여 항목별로 분석을 실시하였다. 본 연구에서는 비점오염물질 유출특성을 유량가중평균농도(Event Mean concentration, EMC)를 이용하였다. 식 (1)은 강우 사상에 대한 강우사상별 EMC 식을 나타낸 것이다. EMC는 전체 강우 지속시간 T시간 동안 유출된 총 오염물질의 양을 총 유출량으로 나누어 계산하는 방법이다.

$$EMC(mg/L) = \frac{\sum_{t=0}^{t=T} C(t)q(t)}{\sum_{t=0}^{t=T} q(t)} \quad \text{식(1)}$$

EMC = Event Mean Concentration (mg/L)
 C(t) = During Time t of Pollutant of Runoff Concentration (mg/L)
 q(t) = During Time t of Credit Hour Runoff Rainfall (m³/d)
 T = Rainfall Continuous Time (min)

2.3 저감효율 산정방법

본 연구에서는 비점오염원 저감시설인 식생수로의 저감효율을 산정하기 위해 총 6가지 방법을 제시하였다. 저감효율을 산정한 방법으로는 Efficiency Ratio(ER) 방법으로 모니터링 된 강우사상별로 저감효율을 산정한 후 산술평균의 방식으로 구하는 방법이다(US EPA, 1983). 이 방법의 경우 모니터링 된 강우사상의 종류에 상관없이 일관적으로 평균하게 되므로 장기적인 모니터링 수행이 되어야 대표성을 가질 수 있다(Sin, 2011). Rainfall of Frequency(ROF) 방법으로 강우사상을 계급별로 나누어 저감효율에 강우계급별 발생빈도를 고려하여 산정하는 방법이다(Choi et al., 2008). Summation of loads(SOL) 방법으로 오염물질의 총 저감량을 총 유입량으로 나누

어 산정하는 방법이다(US EPA, 2002). 이 방법은 유입오염물질량 대비 저감량을 고려 한 방법이지만 특정강우에 의해 대표성이 한계를 가질 수 있다. Summation of loads rainfall of frequency(SOLF) 방법으로 SOL 방법에 강우사상을 계급별로 나누어 저감효율에 강우계급별 발생빈도를 고려하여 산정하는 방법이다. Regression of Loads(ROL) 방법으로 유입부하량과 유출부하량의 추세선을 이용하여 산정하는 방법이다(Martin and Smmot, 1986). Regression of Loads as rainfall of frequency(ROLF) 방법으로 ROL 방법에 강우사상을 계급별로 나누어 저감효율에 강우계급별 발생빈도를 고려하여 산정하는 방법이다. 저감효율 산정방법은 식 (2)~(7)에 나타내었으며, 강우계급은 강우량 10mm이하, 10 ~ 50mm, 50mm초과로 나누어 구분하였다. 여기서 Removal efficiency는 저감효율, Rainfall Frequency는 강우계급, inflow Mass는 유입되는 오염부하량, outflow Mass는 유출되는 오염부하량, NR은 강우범위의 개수를 말한다.

$$ERmethod(\%) = \frac{\sum_{i=1}^N Removal\ efficiency_i}{N} \quad \text{식 (2)}$$

N = Number

$$ROFmethod(\%) = \frac{\sum_{i=1}^{N_R} (Removal\ efficiency_i \times Rainfall\ Frequency_i)}{N_R} \quad \text{식 (3)}$$

N_R = Number of rainfall ranges

$$SOLmethod(\%) = \frac{\sum_{i=1}^N inflow\ Mass_i - \sum_{i=1}^N outflow\ Mass_i}{\sum_{i=1}^N inflow\ Mass_i} \quad \text{식 (4)}$$

$$SOLFmethod(\%) = \frac{\sum_{i=1}^{N_R} (\frac{inflow\ Mass_i - outflow\ Mass_i}{inflow\ Mass_i} \times Rainfall\ Frequency_i)}{N_R} \quad \text{식 (5)}$$

N_R = Number of rainfall ranges

$$ROLmethod(\%) = (1 - \beta_1) \times 100, \beta_1 = \frac{outflow\ Mass}{inflow\ Mass} \quad \text{식 (6)}$$

$$ROLFmethod(\%) = (1 - \beta_2) \times 100, \beta_2 = \frac{\sum_{i=1}^{N_R} (outflow\ Mass_i / inflow\ Mass_i \times Rainfall\ Frequency_i)}{N_R} \quad \text{식 (7)}$$

N_R = Number of rainfall ranges

3. 결과 및 고찰

3.1 강우사상의 개요

본 연구의 모니터링 대상 지점인 용인시 포곡면 삼계리에서 강우 사상에 따른 모니터링 수행 결과를 Table 1 과 같이 정리하였다. 발생일자(Event Date), 선행건기일수(Antecedent Dry Days, ADD), 평균강우강도(Average Rainfall Intensity), 총 강우량(Total Rainfall), 유출지속시간(Runoff Duration Time)을 나타내었으며, 총 강우량은

2.0 ~ 98.0mm, 건기일수는 5 ~ 7day, 강우지속시간은 2 ~ 25hr로 다양한 강우이벤트에 대하여 모니터링을 실시하였다. Fig. 2와 Fig. 3은 강우사상별 Hydro/Polluto-graph를 나타낸 것이다. 오염물질유출농도의 경우 대부분의 강우사상과 오염물질항목에서 강우초기에 고농도의 오염물질이 유출을 보이다가 강우지속시간에 따라 급격히 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 도로지역 및 포장지역에서의 비점오염물질 유출특성으로 볼 수 있다 (Lee at al, 2007).

Table 1. Event table for monitored event

Event No.	Date	ADD (day)	Total Rainfall (mm)	Runoff Duration Time (hr)	Avg. Rainfall Intensity (mm/hr)
Event 1	2012/09/04	5	90.0	25.0	3.6
Event 2	2012/10/17	7	2.0	2.0	1.0
Event 3	2012/10/22	5	31.0	8.0	3.9
Event 4	2012/10/27	5	98.0	13.0	2.9

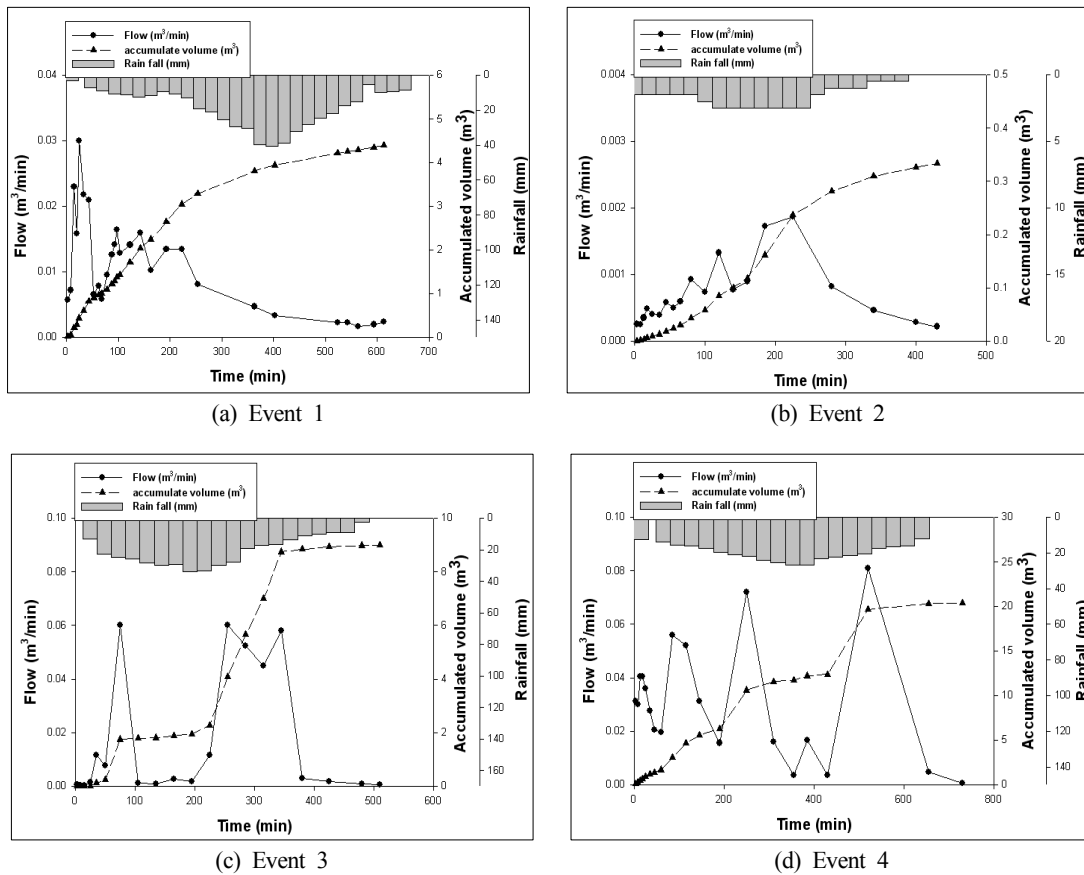
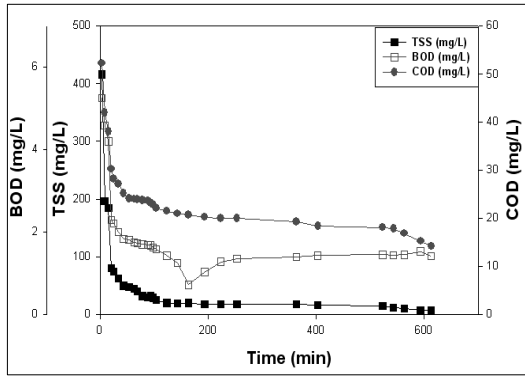
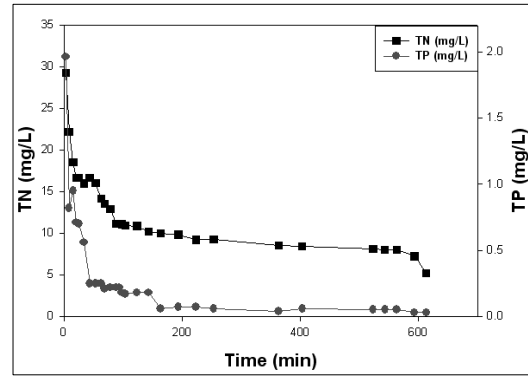


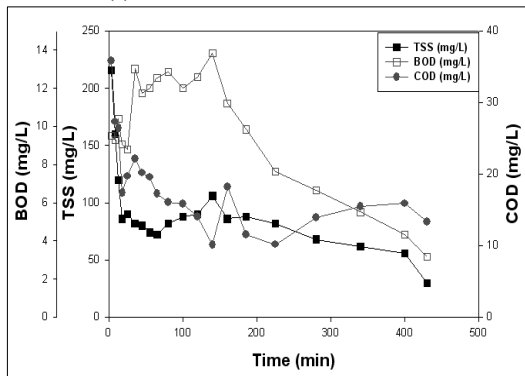
Fig. 2. Hydrograph of 4 events



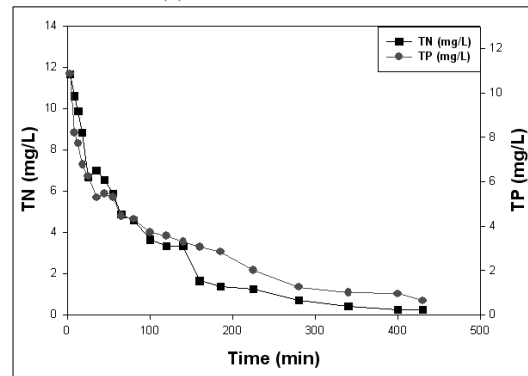
(a) TSS, BOD, COD of Event 1



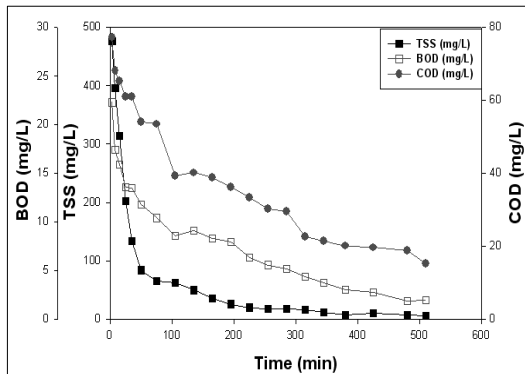
(b) TN, TP of Event 1



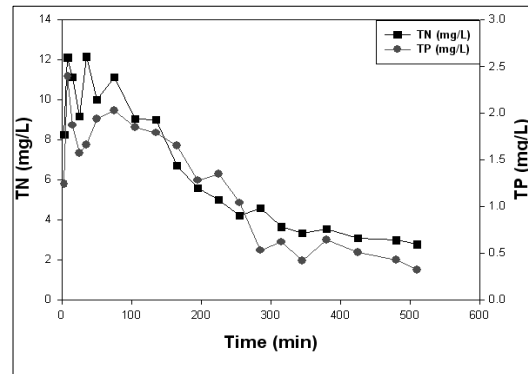
(c) TSS, BOD, COD of Event 2



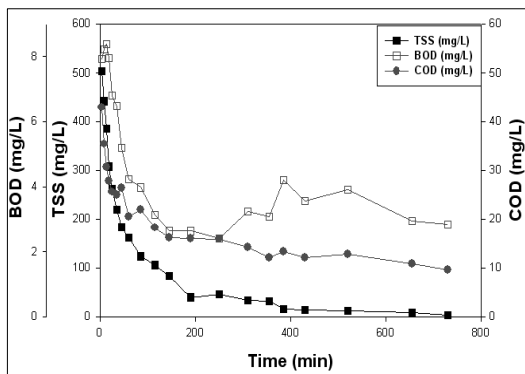
(d) TN, TP of Event 2



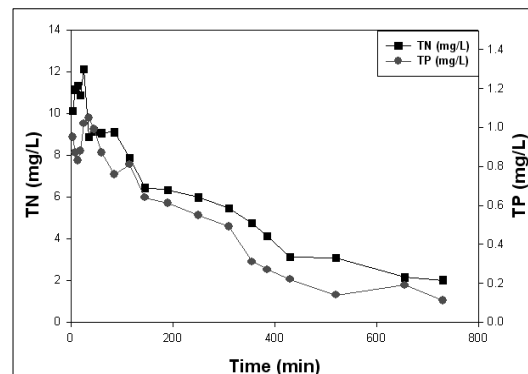
(e) TSS, BOD, COD of Event 3



(f) TN, TP of Event 3



(g) TSS, BOD, COD of Event 4



(h) TN, TP of Event 4

Fig. 3. Polluto-graph of 4 events

3.2 유입 및 유출 EMC

총 4회의 강우사상에 대한 모니터링 결과를 이용하여 유입 및 유출 EMC를 산정하였으며, Table 2와 Table 3에 정리하였다. 유입 EMC는 TSS 27.6 ~ 79.6mg/L, BOD 1.6 ~ 8.9mg/L, COD 13.8 ~ 31.8mg/L, TN 2.1 ~ 11.2mg/L, TP 0.2 ~ 2.6mg/L의 범위를 보였다. 유출

EMC는 TSS 13.9 ~ 25.7mg/L, BOD 1.1 ~ 6.7mg/L, COD 7.8 ~ 11.3mg/L, TN 2.6 ~ 13.7mg/L, TP 0.06 ~ 2.0mg/L의 범위를 보였다. TSS의 경우 유입 EMC와 유출 EMC의 농도의 차가 7.7 ~ 57.6mg/L로 가장 큰 차이를 보였으며, TN의 경우 큰 차이를 보이지 않았다. 이는 식생수로에서 질소제거가 다른 항목에 비하여 저감효율이 떨어지는 것으로 사료된다.

Table 2. EMCs of inflow

Event Date (year/month/date)	pH	TSS (mg/L)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)
2012/09/04	6.7	33.4	1.6	22.2	11.2	0.2
2012/10/17	6.8	79.6	8.9	13.8	2.1	2.6
2012/10/22	6.6	27.6	6.0	31.8	5.4	1.0
2012/10/27	7.0	61.4	3.6	16.0	5.5	0.4

Table 3. EMCs of outflow

Event Date (year/month/date)	pH	TSS (mg/L)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)
2012/09/04	6.6	25.7	1.1	7.8	13.7	0.06
2012/10/17	6.6	22.0	6.7	11.3	2.6	2.0
2012/10/22	7.2	13.9	4.1	9.2	2.9	0.2
2012/10/27	7.2	18.9	1.8	9.1	4.4	0.3

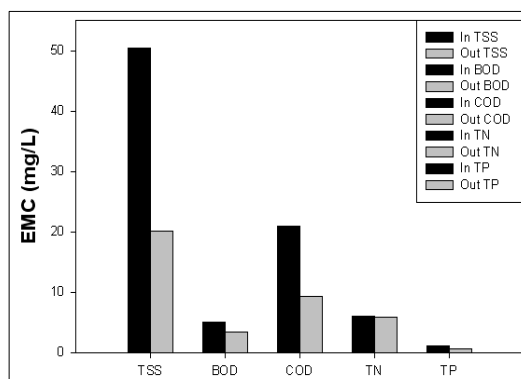


Fig. 4. Inflow and Outflow of EMC

3.3 저감효율산정

본 연구에서는 ER, SOL, ROL, ROF, SOLF, ROLF의 총 6가지 방법으로 비점오염원 저감시설인 식생수로의 효율을 산정하였다. 식생수로 설계 시 길이는 시설의 효율에 있어서 중요하게 작용한다. 따라서 식생수로의 길이를 10m, 15m, 20m, 30m로 나누어 그 지점에 따른 효

율을 산정하였다. Table 4에 식생수로의 길이에 따른 각 지점의 효율을 나타내었다. 10m 지점에서 TSS의 경우 저감효율이 0.3 ~ 57.6%로 나타났다. BOD의 경우 15.5 ~ 73.0%, COD의 경우 0.3 ~ 68.7%, TN의 경우 4.4 ~ 68.4%, TP의 경우 25.8 ~ 68.7%로 나타났다. 15m 지점에서 TSS의 경우 저감효율이 20.9 ~ 62.3%로 나타났다. BOD의 경우 22.4 ~ 74.1%, COD의 경우 11.2 ~ 70.3%,

TN의 경우 21.1 ~ 68.8%, TP의 경우 27.3 ~ 67.6%로 나타났다. 20m 지점에서 TSS의 경우 저감효율이 41.5 ~ 64.0%로 나타났다. BOD의 경우 29.2 ~ 75.2%, COD의 경우 22.1 ~ 72.0%, TN의 경우 37.8 ~ 69.3%, TP의 경우 28.8 ~ 78.7%로 나타났다. 30m 지점에서 TSS의 경우 저감효율이 50.5 ~ 85.6%로 나타났다. BOD의 경우 42.1 ~ 80.6%, COD의 경우 33.7 ~ 78.7%, TN의 경우 38.3 ~ 85.0%, TP의 경우 26.5 ~ 82.3%로 나타났다. 저감효율산정 결과 기존의 연구결과를 볼 때 저감효율 산정방법에

따라 큰 차이가 없지만 본 연구에서는 ER, SOL, ROL 방법으로 산정한 결과보다 강우계급을 나누어 저감효율을 산정한 ROF, SOLF, ROLF 방법이 4 ~ 54.6% 정도 낮게 산정되었다. 이는 강우사상이 4회로 강우계급을 나누기에는 강우사상의 횟수가 부족하다고 판단된다. 식생수로의 30m지점에서 저감효율은 강우계급을 이용한 산정방법을 제외한 나머지 방법에서 약 70%의 효율을 보인 것으로 나타났다.

Table 4. Determination of removal efficiencies at point

Constituents	10m point Methods (%)					
	ER	SOL	ROL	ROF	SOLF	ROLF
TSS	57.4	60.6	57.6	37.6	56.6	0.3
BOD	55.9	73.0	52.6	41.4	56.8	15.5
COD	50.9	68.7	35.5	37.8	51.0	0.3
TN	68.4	68.2	61.0	43.8	36.4	4.4
TP	57.6	68.7	64.0	37.1	43.3	25.8
Constituents	15m point Methods (%)					
	ER	SOL	ROL	ROF	SOLF	ROLF
TSS	60.5	62.3	60.6	38.9	59.7	20.9
BOD	59.0	74.1	53.6	42.5	60.0	22.4
COD	54.5	70.3	64.0	39.3	55.5	11.2
TN	64.8	68.8	38.0	43.4	47.1	21.1
TP	52.5	67.6	64.6	35.1	49.9	27.3
Constituents	20m point Methods (%)					
	ER	SOL	ROL	ROF	SOLF	ROLF
TSS	63.6	64.0	63.5	40.3	52.9	41.5
BOD	62.1	75.2	54.5	43.6	63.2	29.2
COD	58.2	72.0	40.4	40.8	60.0	22.1
TN	61.1	69.3	67.0	42.9	57.8	37.8
TP	47.4	78.7	65.2	33.1	56.5	28.8
Constituents	30m point Methods (%)					
	ER	SOL	ROL	ROF	SOLF	ROLF
TSS	75.5	85.6	64.0	50.5	77.1	51.9
BOD	71.9	80.6	55.5	48.0	72.8	42.1
COD	68.2	78.7	42.4	45.9	69.7	33.7
TN	64.6	85.0	67.3	47.1	66.6	38.3
TP	66.5	82.3	67.2	44.1	74.4	26.5

Fig. 4는 6가지 방법으로 산정한 효율을 오염항목별로 나타낸 것이다. 모든 항목에서 효율이 길이별로 증가하는 것을 알 수 있다. 또한 식생수로의 길이 10m 지점까지의 효율이 급증하다가 30m 지점까지 효율이 서서히

증가하는 것을 볼 수 있다. 이는 식생수로의 유입부에 전처리할 수 있는 저류지가 존재하는데 이러한 영향을 받은 것으로 생각된다.

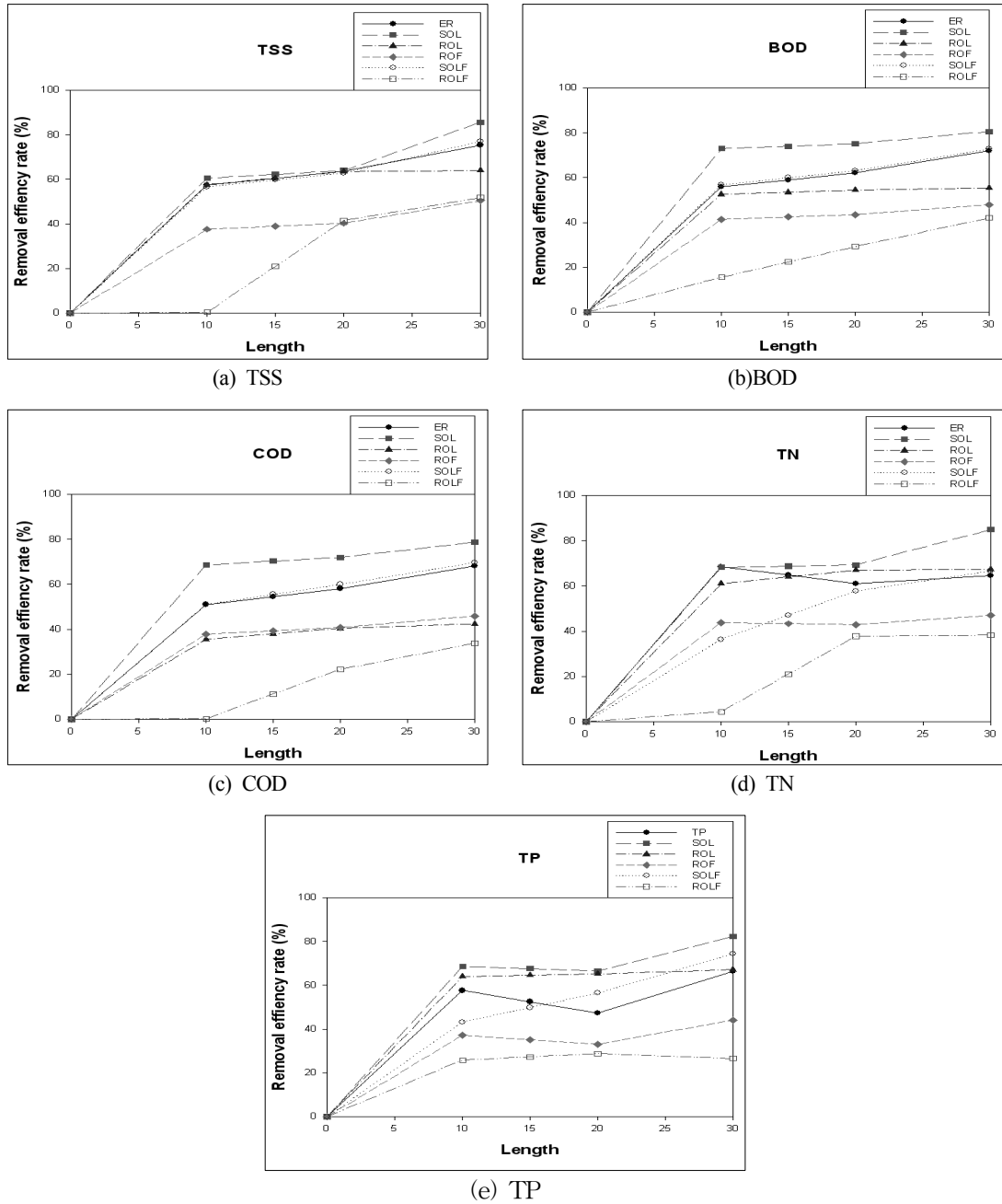


Fig 5. Determination of removal efficiencies graph

4. 결론

본 연구에서는 강우 시 발생하는 비점오염물질을 저감 할 수 있게 설치되어있는 식생수로의 현장 모니터링 결과를 바탕으로 여러 가지 효율산정방법을 이용하여 식생수로의 길이에 따른 효율 분석을 통해 다음과 같은 결론을 도출 할 수 있었다.

본 연구의 대상 유역인 경안천 유역의 EMC를 살펴본 결과 유입과 유출 TSS의 EMC 농도 차이가 크게 나타났으며 TN의 농도차이는 작게 나타났다. 이러한 결과로 볼 때 식생수로는 유기물질의 EMC 농도가 영양염류의

EMC 농도보다 크게 낮아지는 것을 알 수 있으며 이는 본 연구에서 유출 EMC를 산정한 지점이 식생수로의 길이 30m로 하여 산정한 결과인 것으로 판단된다.

총 4회의 모니터링 결과로 6가지 저감효율 산정방법을 통해 비점오염저감시설인 식생수로 저감효율에 많은 영향을 주는 길이에 대하여 10m, 15m, 20m, 30m로 나누어 그 지점에서의 저감효율을 산정하였다. 식생수로의 저감효율산정 결과로 봤을 때 강우계급별로 나누어 발생빈도를 고려한 ROF, SOLF, ROLF 방법의 경우 ER, SOL, ROL 방법에 비해 효율이 낮게 나왔는데 이는 본 연구에서 실시한 모니터링 횟수가 총 4회로 강우사상별

로 강우계급을 나누기에 부적합한 것으로 판단된다. 또한 식생수로의 길이가 10m에서 저감효율이 급증하다가 15 ~ 30m까지 서서히 효율이 증가하는 것으로 나타났는데 이는 식생수로 유입부에 전처리시설인 저류지의 영향을 받은 것으로 판단되며 영양물질인 TN, TP의 경우 10m 지점부터 20m 지점까지 감소하다가 20m 지점부터 다시 증가하는 것으로 나타났다. 이는 영양물질인 TN, TP의 저감에 있어서 식생수로의 길이가 충분히 확보되어야 된다고 생각한다.

본 연구를 통해 식생수로의 길이별 효율을 연구한 결과 TSS, BOD, COD, TN, TP 5가지 항목에서 약 70% 이상의 저감 효율을 보기 위해선 기존의 자료인 식생수로의 최소길이 30m로 설계해야 한다고 사료된다. 또한 식생수로의 경제적이고 효율적인 설계를 위해 추후 단순 효율분석이 아닌 식생수로의 길이에 대한 연구가 필요하다고 판단된다.

사 사

이 연구는 서울과학기술대학교 교내 학술연구비 지원으로 수행되었습니다.

References

- APHA, AWWA and WEF (1998). *Standard Method for Examination of Water and Wastewater, 20th edition*, Washington D.C., U.S.A. [English Literature]
- Choi, J, Y, Maniquiz, M, C, Lee, S, Y, Kim, L, H (2008). Evaluation of a swirl and filtration type BMP using various efficiency determination methods. *3rd Specialised Conference on Decentralised Water and Wastewater International Network*. [English Literature]
- Environmental Protection Agency (1983). *Results of the Nationwide Urban Runoff Program, volume I-Final Report, Water Planning Division*, Washington D.C., U.S.A. [English Literature]
- Environmental Protection Agency (2002). *Urban Stormwater BMP Performance Monitoring*, EPA-821-B-02-001, Washington D.C., U.S.A. [English Literature]
- Guo, Y, Wan, Z, Liu, D (2010). Dynamics of dissolved organic carbon in the mires in the Sanjiang Plain, Northeast China. *J. of Environmental Sciences*, 22(1), pp. 84-90. [English Literature]
- Kim, LH, Lee, S (2005). Characteristics of Metal Pollutants and Dynamic EMCs in a Parking Lot and a Bridge during Storms. *J. of Korean society on water environment*, 21(3), pp. 248-255. [Korean Literature]
- Kwon, KH (2011). *Characterization of Runoff properties of non-point pollutant from various landuse watersheds and evaluation of BMPs*. Doctor's Thesis, Kyungpook National University, Daegu, Korea. [Korean Literature]
- Kang, S, K, Jong, S, P, Hyeon, S, H, Kyoung, H, R (2012) Characteristics of Non-point Source Runoff in Housing and Industrial Area during Rainfall. *Korean Wetlands Society*, 14(4), pp. 581-589. [Korean Literature]
- Lee, B, Gil, K (2008a). Effect of Plant Coverage on the Treatment Efficiency of Nitrogen and Phosphorus in Vegetative Filter Strips. *J. of Korean society on water environment*, 24(4), pp. 499-503. [Korean Literature]
- Lee, B, Jung, Y, Park, M, Gil, K (2008b). A Study on the Discharge Characteristics of Non-point Pollutant Source in the Agricultural Area of the Kyongan Watershed. *J. of Korean society on water environment*, 24(2), pp. 169-173. [Korean Literature]
- Lee, EJ, Son, H, Kang, HM, Kim, LH (2007). Characteristics of Non-point Pollutant from Highway Toll Gate Landuse. *J. of Korean Society of Road Engineers*, pp. 185-192. [Korean Literature]
- Lee, B, S (2008). *Water Quality Improvement and Nonpoint Source Pollution Control using Vegetative Filter Strips*. Master's Thesis, Seoul National University of Science and Technology, Seoul, Korea. [Korean Literature]
- Liu C, Wu G, Mu H, Yuan Z, Tang L, Lin X (2008). Synthesis and application of linin-based copolymer LSAA on controlling non-point source pollution resulted from surface runoff. *J. of Environmental Sciences*, 20(7), pp. 820-826. [English Literature]
- Ministry of Environment (MOE) (2008). *Official test methods of water quality*. [Korean Literature]
- Martin, EH and Smmot, JL (1986). *Constituent-load changes in urban storm water runoff routed through a detention pond/wetland system in central Florida*, Water Resources Investigation Report 85-4310, U.S. Geological Survey, Florida, U.S.A. [English Literature]
- Park, Je, Sung (2010). *A study on Efficiency Improvement of Non-point Pollutants Reduction Using the Vegetation Waterways*. Doctor's Thesis, Pusan National University, Pusan, Korea. [Korean Literature]
- Sin, J (2011). *Analysis of Behavior Characteristics of Non-point Source Pollutants in Agricultural area*. Master's Thesis, Seoul National University of Science and Technology, Seoul, Korea. [Korean Literature]
- Son, HG, Lee, S, Y, Marla C, M, Kim, LH (2009) Characteristics of NPS Pollutants and Treatment of Stormwater Runoff in Paved Area during a Storm.

Korean Wetlands Society, 11(2), pp. 56-66. [Korean Literature]
Wee, S, Kim, LH, Jung, Y, Gil, K (2008). Washoff Characteristics and Correlation of Nonpoint pollutants in a Bridge Storm Runoff. *J. of Korean society on water environment*, 24(3), pp. 378-382. [Korean Literature]
Zang, M, Chen, H, Wang, J, Pan, G(2010). Rainwater

utilization and storm pollution control based on urban runoff characterization. *J. of Environmental Sciences*, 22(1), pp. 40-46. [English Literature]

- 논문접수일 : 2013년 05월 30일
- 심사의뢰일 : 2013년 06월 10일
- 심사완료일 : 2013년 07월 12일