

ORIGINAL ARTICLE

## 도시지역의 비점오염유출특성을 고려한 도시하천 적정관리방안

지흥진 · 신귀암\*

아주대학교 환경공학과

### Selection of Best Management Practices for Urban Watershed Corresponding to the Runoff Characteristics from Non-point Pollution Sources

Hong-Jin Chi, Gwy-Am Shin\*

Department of Environmental Engineering, School of Engineering, Ajou University, Suwon 443-749, Korea

#### Abstract

The purpose of this study was to analyse the runoff characteristics of non-point pollution sources in an urban watershed and determine the effectiveness of newly installed riverwater treatment system to reduce water pollution caused by storm runoff in the urban watershed. The results of this study showed that the levels of BOD<sub>5</sub> and suspended solid were highly influenced by first-flush effect and the pollutant load of those two parameters were also very high in the urban watershed. Meanwhile, the effectiveness of riverwater treatment system to reduce the levels of BOD<sub>5</sub> and suspended solid was relatively high, but those to reduce the levels of T-N and T-P was low, which needs some additional unit treatment process such as filtration and coagulation. Nonetheless, the riverwater treatment system tested was relatively simple in installation and operation, effective in removing many water pollutants and, most importantly, does not require much space as other treatment systems, so it could be an attractive alternative option to reduce riverwater pollution caused by storm runoff in urban watersheds.

**Key words** : Nonpoint pollutants; Runoff characteristics; Riverwater treatment system

#### 1. 서론

최근 국내에 하천유역을 종합적으로 관리하는 방안으로 수질오염총량제가 도입되면서, 수도권 및 광역도시 지역 등 점오염원의 삭감만으로는 수질오염총량제에서 할당받은 목표를 충족시키지 못하는 지역에서는 그 목표량을 충족시키기 위해서 비점오염원관리가 절실히 필요한 실정이다. 특히 도시지역은 작은 유역면적에 비해 상대적으로 높은 불투수율을 보이기 때문에 강우유출수 양

과 오염물질 양이 강우초기에 급속히 증가하는 초기유출 현상이 두드러지고 (Shin et al., 2004), 이러한 초기유출 유출수에 포함된 높은 농도의 다양한 오염물질이 하천으로 방류될 경우 도시하천 생태계 파괴와 수질오염의 직접적인 원인이 될 수 있으므로 도시지역의 강우시 비점오염원관리가 필수적이라 할 것이다.

강우시 유출되는 비점오염부하량은 유역의 토지이용 형태, 지표퇴적물량, 기후, 지형, 강우량 및 강우강도 등에 따라 상당한 차이가 있고 또한 그 대상 규모도 방대

Received 5 February, 2015; Revised 18 September, 2015;

Accepted 21 September, 2015

\*Corresponding author : Gwy-Am Shin, Department of Environmental Engineering, School of Engineering, Ajou University, Suwon 443-749, Korea  
Phone: +82-31-219-2403  
E-mail: gwiyam@ajou.ac.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

하여 구체적인 목표나 방향을 설정하기가 어려운 것이 사실이다 (Choi et al., 2011). 최근 국내에 이러한 비점 오염원에 의한 도시하천의 수질오염을 경감시키기 위하여 다양한 비점오염저감시설이 수입되어 설치되었으나, 초기에 국내 하천유역 특성을 고려하지 않고 무분별하게 설치된 장치형 비점오염저감시설은 저감효율저하, 유지관리의 어려움 등으로 인해 가동중지, 폐쇄 등 많은 문제점을 야기했다. 이에 환경부에서는 2004년 비점오염원 관리종합대책을 마련하고 4대강 수계에서 비점오염저감 시설 시범설치사업을 추진하여 다양한 유형의 비점오염저감시설을 평가한 바 있다(Lee et al., 2010). 이 시범사업의 결과 여러 가지 비점오염저감시설 중 장치형보다 자연형의 효과가 우수한 것으로 판명되어 현재 환경부에서는 비점오염저감시설에 대한 지자체 보조시 장치형보다 자연형을 설치하도록 유도하고 있다. 하지만 자연형 시설은 넓은 부지면적이 필요하고 비강우시 악취 발생 및 유해 곤충의 서식지화로 민원이 발생하는 등 도시지역에서는 적합하지 않은 면이 있어 도시지역 관련 지자체 비점오염관리 담당자들의 의사결정을 어렵게 하고 있는 실정이다.

본 연구에서는 먼저 하천유역내 불투수면적 비율이 높은 대표적인 도시하천인 수원시의 서호천을 대상으로 도시하천유역에서 유출되는 비점오염원의 특성을 파악한 이전 연구(Chi et al., 2013)를 보다 상세히 분석하고 다음으로 그러한 비점오염원에 의한 서호천의 수질오염을 저감시키기 위해 새로이 설치한 처리형 비점오염저감 시설의 실증전 사례분석을 통하여 도시하천의 비점오염유출특성에 적합한 도시하천 적정관리 방안을 제시하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 대상지역

서호천은 경기도 수원시 중심에 위치한 지방하천으로 수원시를 관통하는 4대 하천 중의 하나이며 총 길이 11.47 km, 유역면적은 30.85 km<sup>2</sup> 이다. 서호천 유역(Fig. 1)은 고도 100 m 이하의 지대가 약 70% 를 차지하는 비교적 평탄한 구릉지대이며, 하천의 상류와 중류 대부분이 주거지와 시가지로 인구밀집지역을 통과하고 있으며 전체 서호천유역의 불투수면적은 약 54% 이나 상

류와 중류의 불투수면적은 이보다 훨씬 더 높다. 또한 도심 중심지를 가로지르는 서호천 유역은 다른 많은 도시 지역과 같이 대부분 합류식지역으로서, 강우시 우수토실을 통해 허용용량 이상의 유량 유출시 하천으로 다량의 오염물질이 유출됨에 따라 수질을 저하시키고 있는 실정이다. 본 연구에서는 서호천의 비점오염원 유출특성을 보다 정확히 파악하기 위해 서호천 중류지역에 위치한 꽃피양지교 지점에서 관측한 자료 (Chi et al., 2013)를 보다 상세히 분석하였고, 또한 서호천에 유입되는 비점오염원에 의한 오염물질을 처리하기 위해 서호천 중류지역(서호저수지 입구)에 설치한 비점오염저감시설의 실증테스트를 위해서 중요한 수질오염물질의 최종방류에서의 농도와 제거효율을 측정하였다.

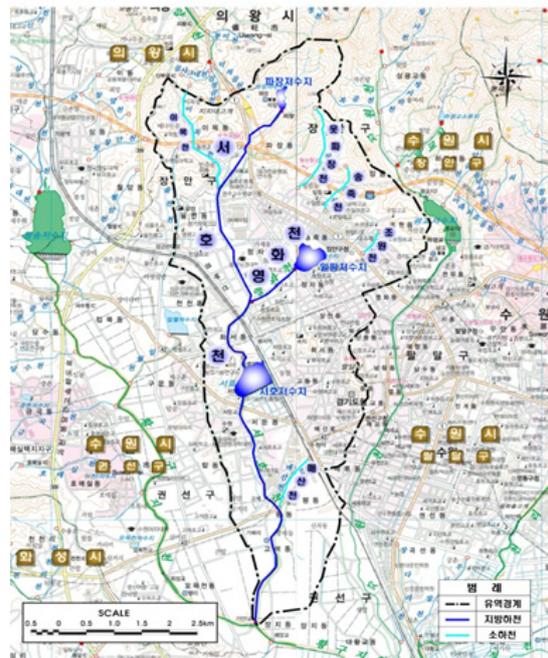


Fig. 1. Map of Seoho stream watershed.

### 2.2. 비점오염물질 유출특성 조사

#### 2.2.1. 강우시 유량 및 수질 조사

강우시 비점오염물질의 유출특성은 조사지점인 꽃피양지교에서 2009년 네 차례(3월, 4월, 9월 및 10월)에 걸쳐 1일 또는 2일의 강우사상을 측정된 자료를 이용하였다(Chi et al., 2013). 유량조사는 프로펠라형 유속계

**Table 1.** Water quality parameters and their analytical methods

Parameters	Analytical Methods	
Temperature	Direct Measurement (KSB 5316 Glass mercury thermometer)	Portable device
pH	pH meter(pH330 , WTW, Germany)	Portable device
DO	DO meter(YSI 520)	Portable device
SS	GF/C	
T-N	Absorbance (UV)	
NH <sub>3</sub> -N	Absorbance (Indophenol)	
NO <sub>3</sub> -N	Absorbance (Brucine sulfate)	
T-P	Absorbance (Ascorbic Acid)	
T-P	Absorbance (Ascorbic Acid)	
flow	Velocity-area method	
BOD <sub>5</sub>	5-day BOD	
COD	COD Mn	

(Model 2100)를 이용하였으며, 유속-면적법(Velocity-Area Method)에 의해 30분 간격으로 연속 측정하였다. 또한 수질조사는 현장에서 즉시 측정하여야하는 항목(수온, pH, 용존산소(DO))은 이동식 기기를 사용하여 측정하였으며, 나머지 항목은 시료채취 후 시료를 밀봉하여 아이스박스에 담아 곧바로 실험실로 이송하여 시료채취 당일 BOD<sub>5</sub> 등 유기물의 농도변화가 예측되는 항목은 즉시 분석을 실시하였고 중금속 등 즉시 실험을 실시하지 않아도 되는 항목들은 각 항목에 적합한 전처리를 시행한 후 냉장 보관하였다가 분석하였다. Table 1은 측정할 수질 분석항목과 그 분석방법을 요약한 것이다.

2.2.2. 유량가중평균농도와 배출부하량 산정

이 지역의 비점오염원에서 유출되는 강우유출수내의 오염물질의 평균농도는 초기강우시 비점오염원 유출량의 유출특성을 가장 잘 반영하는 것으로 알려진 유량가중평균농도(Event Mean Concentration(EMC))로 산정하였다. 아래 식은 유량가중평균농도를 계산하는 식으로, 유량가중평균농도는 시간별 발생한 각 오염부하량의 합을 총 유출유량으로 나눈 평균값으로 계산되었다.

유량가중평균농도 (mg/L)

$$= \frac{\text{강우사상별 총 오염물질 발생량 (kg)}}{\text{강우사상별 총 강우유출량 (m}^3\text{)}}$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^n (\text{오염물 농도}_i \times \text{유출유량}_i)}{\sum_{i=1}^n \text{유출유량}_i}$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^n (C_i \cdot Q_i \cdot t_i)}{\sum_{i=1}^n (Q_i \cdot t_i)}$$

여기서, t는 강우지속시간(hr), C는 오염물질 농도(mg/L) 그리고 Q는 유량(m<sup>3</sup>/s)을 나타낸다.

또한 배출부하량은 먼저 최소 간격으로 수행된 유량 측정과 수질농도 분석을 활용하여 유량가중평균농도를 산정한 후, 유출량 및 유역면적을 고려하여 다음 식에 의하여 산정하였다.

$$\text{배출부하량} = \frac{[(\text{유량가중평균농도}) \times (\text{유량})]}{\text{면적}}$$

2.3. 처리형 비점오염저감시설 실증테스트

서호천 중류지역(서호저수지 입구)에 설치된 비점오염저감시설의 공정은 Fig. 2에 나타난 바와 같다. 이 시설에서 하천수는 먼저 3단계의 접촉산화과정을 거친 후 그 처리수는 침전조로 유입되며, 이 침전조에서 상등수는 고액분리 후 하천으로 방류되고 침전슬러지는 하수처리장으로 연계 처리하도록 설치하였다. 이 시설의 접촉

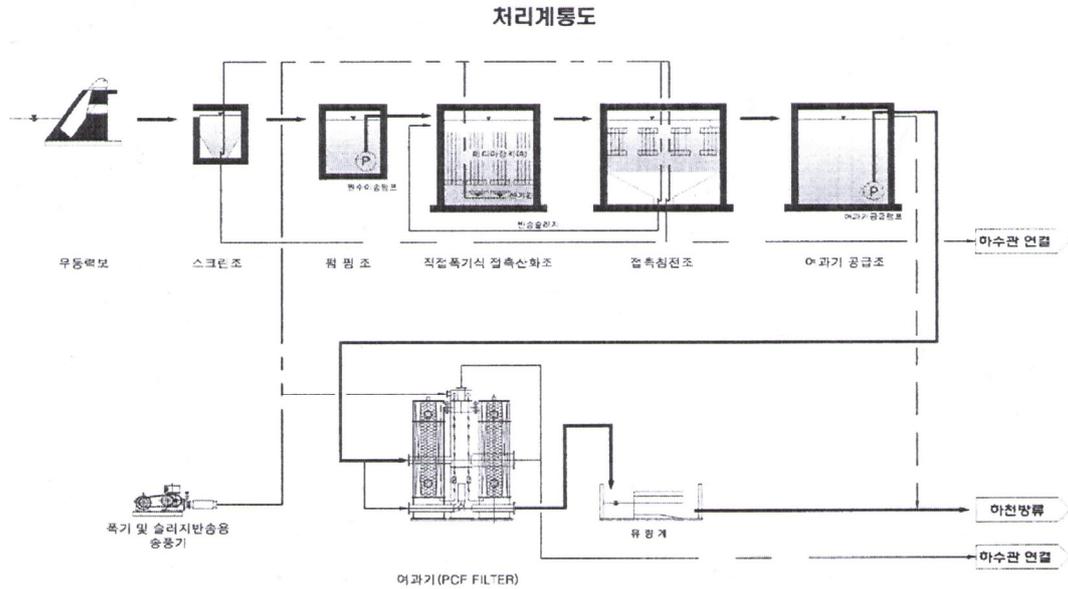


Fig. 2. Schematic diagram of sedimentation with contacted oxidation system in Seoho stream.

산화조에는 비표면적이 넓은 섬유상 접촉여재가 충전 되어 있으며, 여기에 부착된 미생물이 수중 오염물을 흡착, 산화, 분해의 단계를 거쳐 정화한다. 이 처리공법의 특징은 i) 타 여재에 비해 비표면적이 넓어 다량의 미생물 확보가 가능하므로 상대적으로 정화효율이 높고, ii) 직접 폭기방식에 의해 슬러지의 과도한 부착을 방지하고 산소 공급 효율이 높으며, iii) 부착 미생물량이 많아 수질부하 및 유량부하의 변동에 대응성이 우수한 것이다. 이 비점 오염저감시설의 최대 처리용량은 5,000 m<sup>3</sup>/일이며, 평균 유입수량은 5,000±500 m<sup>3</sup>/일로 운영되었다.

또한, 이 비점오염저감시설의 효율을 조사하기 위해 2010년부터 2011년까지 약 1년 동안 유입수와 처리수의 수질검사를 실시하였다. 수질분석을 위한 시료는 매월 1회 채수하였으며 (강우시는 강우 종료 다음날 채수), 그 분석항목 (BOD<sub>5</sub>, COD<sub>Mn</sub>, 부유물질(SS), 총질소 (T-N), 총인(T-P) 및 Chl-a)과 그 분석방법은 위의 Table 1에 언급된 것과 같다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 서호천의 비점오염물질 유출특성

강우시 서호천 중류지역의 비점오염물질 유출특성을

조사하기 위해 2009년 네 차례의 측정기간 동안 강우량 및 강우유출 곡선, 그리고 각각의 강우유출수에 포함된 BOD<sub>5</sub>, 부유물질(SS), 총질소(T-N) 및 총인(T-P)의 유출특성은 Fig. 3 ~ Fig. 5에 나타난 바와 같다 (Chi et al., 2013). 그림들에서 보는 바와 같이 많은 오염물질의 유출이 초기강우 시작과 동시에 발생하며 오염물질 양이 강우 초기 급격히 증가하는 초기세척 효과를 보였다. 이러한 결과는 측정지점이 아파트가 밀집하고 도로 등 불투수지역이 많은 지역으로 비점오염유출이 급격히 일어나는 지역이기 때문일 것으로 생각되며, 이러한 결과는 Lee et al.(2010) 및 Choi et al.(2011)의 연구결과와도 거의 일치하였다.

하지만 이러한 초기세척효과는 수질오염항목에 따라 다소 차이를 보이는 것으로 관찰되었다. 즉, BOD<sub>5</sub>, 부유물질(SS), 총 질소 (T-N)는 초기강우가 시작한 후에 그 농도가 매우 빠르게 증가하고 강우강도에 상관없이 빠르게 오염물질이 유출되며, 침투유량(최대유량)에 도달한 후 1~2시간이 경과한 후 침투치를 나타내었다. 이에 비하여 총인(T-P)의 경우는 유출 농도의 변동 폭이 작고 농도 변화가 크지 않고 완만한 경향을 보였다. 요약하면, 본 연구에서는 강우량에 관계없이 BOD<sub>5</sub>, 부유물질(SS), 총

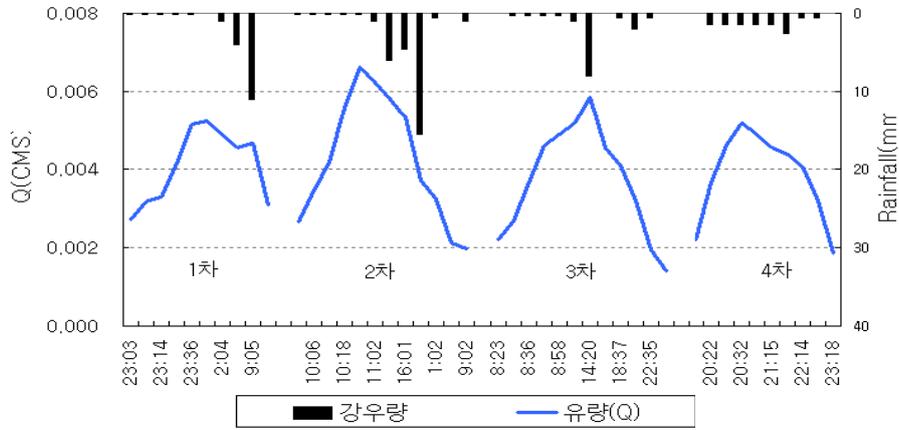


Fig. 3. Flow rate and rainfall during the four raining events (Chi et al., 2013).

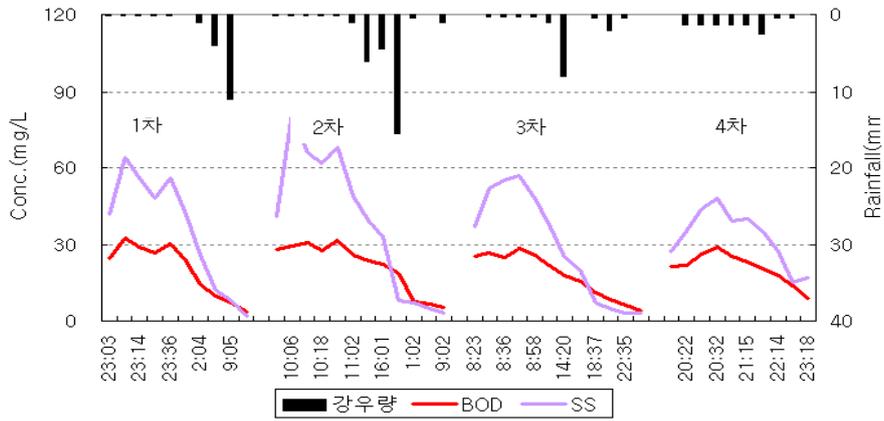


Fig. 4. Concentrations of BOD<sub>5</sub> and suspended solid (SS) in the runoff during the four raining events (Chi et al., 2013).

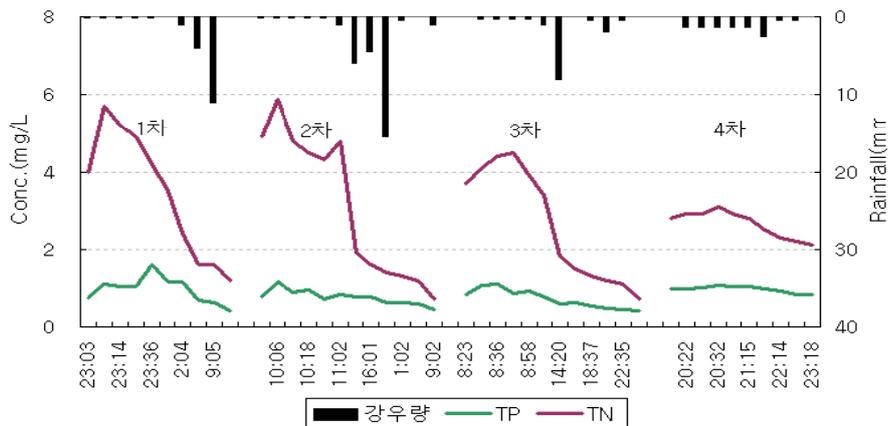


Fig. 5. Concentration of total nitrogen (T-N) and total phosphate (T-P) in the runoff during the four raining events (Chi et al., 2013).

**Table 2.** Non-point pollutant loads on watershed area (Chi et al., 2013)

Location	Event No.	Contaminant load per area (kg/ha/yr)			
		BOD <sub>5</sub>	SS	T-N	T-P
Kokmyoyangikyu	1	54.87	80.86	10.10	4.01
	2	77.04	95.22	7.76	3.12
	3	124.01	160.29	14.06	4.80
	4	35.65	57.14	4.63	1.74
	Average	72.89	98.38	9.14	3.42

질소 (T-N)는 초기세척 효과가 뚜렷하나, 총인(T-P)의 경우는 그리 뚜렷하지 않았다.

### 3.2. 유량가중평균농도 (EMC) 와 배출부하량 산출

각 오염물질의 유량가중평균농도와 유량, 그리고 유역면적을 이용하여 네 차례의 강우시 각 오염물질의 단위배출부하량을 산정하여 Table 2에 나타내었다. Table 2에서 보는 바와 같이 이 측정지역에서는 BOD<sub>5</sub> 및 부유물질 (SS)의 단위배출부하량이 상대적으로 매우 높게 나타났다. 이는 측정지점이 유역면적이 상대적으로 좁고 아파트, 도로 등 불투수지역이 많은 도시 지역이기 때문으로 생각된다. 따라서 향후 서호천에 설치할 비점오염저감시설을 고려할 때는 하천, 호소의 부영양화의 주 원인물질인 총질소 (T-N), 총인 (T-P)뿐만 아니라 BOD<sub>5</sub> 및 부유물질 (SS)의 제거도 함께 고려되어야 할 것으로 생각되었다.

### 3.3. 처리형 비점오염저감시설 효율평가

서호천 중류지역의 비점오염 배출특성을 분석한 결과, 강우시 서호천에는 BOD<sub>5</sub>, 부유물질(SS), 그리고 총질소 (T-N)는 초기세척 효과에 민감하고 또한 이들 오염물질의 단위배출부하량이 상대적으로 매우 높은 것으로 나타났다. 여기서 한 가지 언급해야 할 것은 서호천 유역은 다른 많은 도시지역과 같이 대부분 합류식지역이고 이번 비점오염 배출특성 조사는 상대적으로 적은 강우량과 강우강도에서 행해졌다는 사실이다 (Chi et al., 2013). 그러므로 만약 강우량이 많고 강우강도가 강한 강우사상 시에는 초기우수유출수에 의해 서호천이 심각한 수질오염을 초래할 가능성이 있는 것으로 판단되었다. 그러므로 서호천에는 강우시 유출 되어 하천으로 유입된 혼합수를 다시 한 번 더 처리하여 하천으로 방류함으로써 하

천 및 호소의 유지용수를 확보하고 수질을 유지할 필요가 있을 것으로 판단되었으며 이에 수원시에서는 2010년에 서호천 중류에 위치한 서호저수지 유입전 위치에 비점오염저감시설을 설치하기로 결정하였으며, 비용, 효율성, 그리고 실현가능성을 고려하여 설치와 비용이 비교적 적게 들고 처리효율이 좋으며 무엇보다 다른 방법에 비해 상대적으로 적은 공간을 필요로 하는 처리형 비점오염저감장치(3단계 접촉산화와 침전)을 설치하였다.

그림 Fig.6~Fig.10 (Fig.6 (BOD<sub>5</sub>), Fig.7(COD<sub>Mn</sub>), Fig.8(부유물질), Fig.9(총질소), Fig.10 (총인))은 설치한 비점오염저감시설을 거친 처리수의 수질과 처리효율을 일 년 동안 조사한 것이다. 서호천 중류에 설치된 비점오염저감시설의 평균제거효율은 Table 3에 나타난 바와 같다. BOD<sub>5</sub>는 하천수 수질환경 기준 (Table 4)으로 대부분 “약간 나쁨”(1.2~5.5 mg/L)으로 유입되어 대부분 “보통”(0.9~4.32 mg/L)으로 방류되었고, COD<sub>Mn</sub>는 하천수 수질환경기준 “약간 좋음”(1.0 ~ 4.5 mg/L)으로 유입되어 대부분 “좋음”이나 “매우 좋음”(0.8~3.4 mg/L)로 방류되었다. 또한, 부유물질(SS)은 하천수 수질환경 기준 “매우 좋음” (2~16 mg/L)로 유입되어 역시 “매우 좋음” (0.9~7 mg/L)로 방류되었다. 하지만 총인(T-P)는 대부분 “나쁨”(0.15~0.40 mg/L)으로 유입되어 역시 대부분 “나쁨”(0.12~0.35 mg/L)으로 처리되어 상대적으로 가장 낮은 제거 효율을 보였다. 비록 하천수 수질환경 기준에 들어 있지는 않지만 총질소(T-N)는 비교적 높은 농도 (2.1~7.0 mg/L)로 유입되어 역시 높은 농도 (1.7~6.4 mg/L)로 방류되어 총질소도 총인과 같이 낮은 제거효율을 보였다. 총인과 총질소의 제거효율이 상대적으로 매우 낮은 것은 이들이 입자성 분을 보다

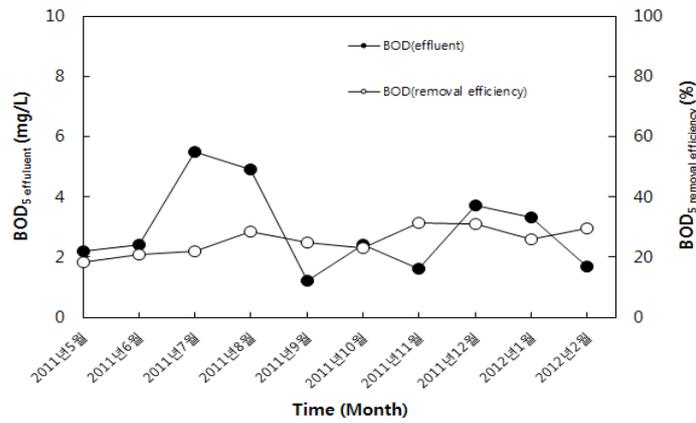


Fig. 6. Concentration of BOD<sub>5</sub> in the facility effluent and its removal efficiency during 2011 and 2012.

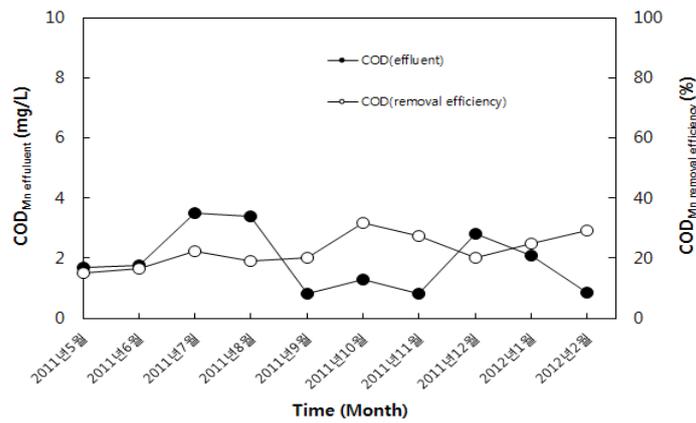


Fig. 7. Concentration of COD<sub>Mn</sub> in the facility effluent and its removal efficiency during 2011 and 2012.

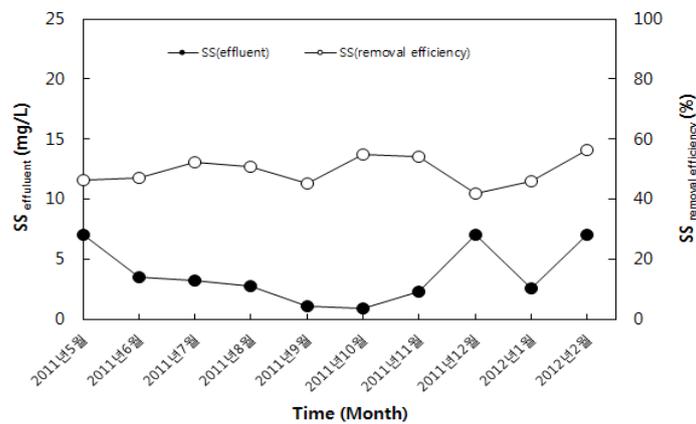


Fig. 8. Concentration of suspended solid (SS) in the facility effluent and its removal efficiency during 2011 and 2012.

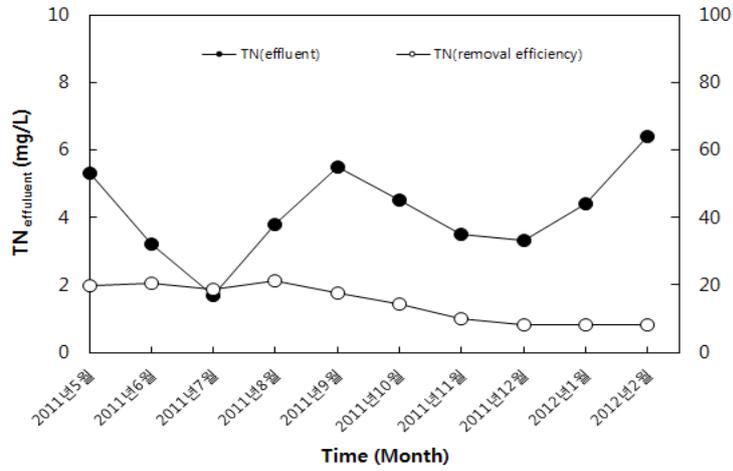


Fig. 9. Concentration of total nitrogen (T-N) in the facility effluent and its removal efficiency during 2011 and 2012.

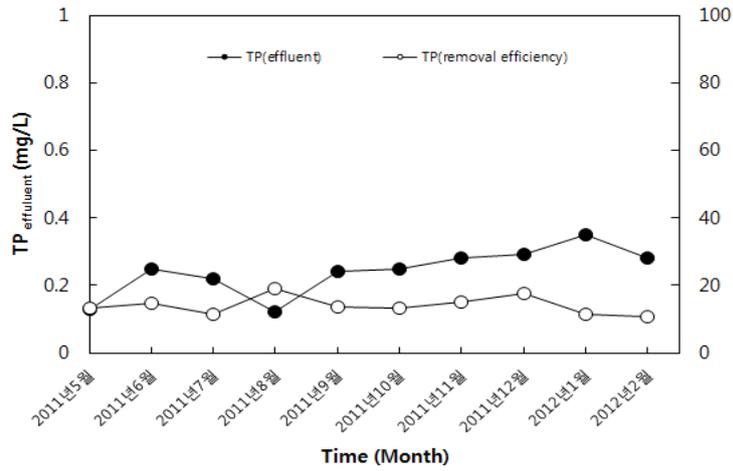


Fig. 10. Concentration of total phosphate (T-P) in the facility effluent and its removal efficiency during 2011 and 2012.

Table 3. Treatment efficiency of the riverwater treatment system

Contaminants	Influent (mg/L)	Effluent (mg/L)	Treatment efficiency (%)
BOD <sub>5</sub>	1.2 - 5.5	0.9 - 4.3	25.5
SS	2 - 16	0.9 - 7	49.4
T-N	2.1 - 7.0	1.7 - 6.4	14.6
T-P	0.15 - 0.40	0.12 - 0.35	14.0

**Table 4.** Classes of urban watershed

Class		Standard (mg/L)			
		BOD <sub>5</sub>	COD <sub>Mn</sub>	SS	TP
Very good	Ia	<1	<2	<25	<0.02
Good	Ib	<2	<4	<25	<0.04
Rather Good	II	<3	<5	<25	<0.1
Normal	III	<5	<7	<25	<0.2
Rather bad	IV	<8	<9	<100	<0.3
Bad	V	<10	<11	No floating trash	<0.5
Very bad	VI	>10	>11	-	>0.5

는 용존성 분율이 높아 이 시설(접촉산화와 침전)로는 이들의 효과적인 제거가 이루어지지 않았다고 판단된다. 환경부 (2009)의 연구결과에 의하면, 전반적으로 장치형 시설은 BOD<sub>5</sub>를 2.5~79.1%, TSS를 14.3~90.4%, 그리고 COD를 8.1~78.3%를 제거하며, 자연형 시설은 BOD<sub>5</sub>를 49.5~93.7%, TSS를 67.1~94.6%, 그리고 COD를 50.0~94.3% 제거하는 것으로 나타나 있다. 그러므로 본 연구에서 사용된 처리형 비점오염저감시설의 평균제거효율은 대략적으로 일반적인 장치형 시설보다는 조금 높고 자연형 시설보다는 조금 낮은 것으로 볼 수 있다. 결론적으로 서호천에 설치된 비점오염저감시설은 서호천의 비점오염 유출특성에서 문제점으로 지적된 BOD<sub>5</sub>와 부유물질의 제거에는 어느 정도 효과를 보이는 것으로 판단되나 총인과 총질소의 제거에는 효과가 적은 것으로 보인다. 이는 이들 성분(총인, 총질소)이 입자성보다 용존성 부분의 분율이 높아 이들의 효과적인 제거가 이루어지지 않았다고 판단된다. 그러므로 이들의 좀 더 효율적인 감소를 위해서는 이들 용존성 오염물질을 보다 잘 제거할 수 있는 여과나 응집시설 등의 후속공정이 필요할 것으로 보인다.

**4. 결론**

본 연구에서는 전형적인 도시하천인 수원시 서호천 중류지역에서 강우시 발생하는 비점오염 유출특성을 보다 상세히 분석하였고 그 초기우수유출수에 의해 서호천에 심각한 수질오염이 발생하는 것을 방지하기 위해 설치한 처리형 비점오염저감시설의 효율평가를 통해 도시하천의 비점오염저감을 위한 최적 관리방안을 제시하고

자 하였으며, 본 연구를 통해 도출된 결론은 다음과 같다.

서호천유역의 강우시 비점오염 유출특성을 상세히 분석한 결과 강우량에 관계없이 BOD<sub>5</sub>, 부유물질(SS) 및 총질소(T-N)는 초기세척 효과에 뚜렷하나, 총인(T-P)의 경우는 그 효과가 그리 뚜렷하지 않았다. 또한 본 연구에서는 BOD<sub>5</sub> 및 부유물질(SS)의 단위배출부하량이 상대적으로 매우 높게 나타났는데 향후 도시하천의 비점오염저감시설을 고려할 때도 하천, 호소의 부영양화의 주 원인물질인 총질소(T-N), 총인(T-P)뿐만 아니라 BOD<sub>5</sub> 및 부유물질(SS)도 함께 고려되어야 할 것으로 생각된다.

비점오염원을 효율적으로 관리하기 위해서는 발생단계에서의 사전예방, 발생비점오염물질에 대한 하천유입 차단, 저감 및 공공수역 유입후 저감처리 등 각 기법의 조합을 통하여 발생단계별, 실시지역별로 비점오염 관리를 위한 최적의 대안 도출과 그 적용이 필요할 것이다. 발생단계에서의 사전예방 방법으로는 배출수 기준의 적용, 토지이용규제, 도시관리, 대기오염의 행정규제 등 각종 교육이나 제도개선을 통한 방법으로 이 방법은 규제로 인한 민원발생의 소지가 높은 반면 비용은 적게 소요된다. 한편 비점오염물질에 대한 하천유입 차단, 저감 및 공공수역 유입후 저감처리는 침전지, 침투지대 설치 및 각종 처리 시설 설치등의 공학적 기법과 생태기술에 바탕을 둔 기술들로 구성되는데 이 방법들은 그 처리 능력이 큰 반면 비용이 많이 드는 단점이 있다. 비점오염 최적 관리기법은 먼저 오염물질에 효과적이어야 하고, 비용효율적이어야 하며, 또한 사회적 공감대를 이룰 수 있어야 하고, 마지막으로 재원확보가 가능한 방안이어야 한다.

국내에서는 1995년 비점오염원 원단위 산정과 수질

오염기여율을 밝힌 이후 비점오염에 대한 관심이 증가하였고, 이후 2004년 “4대강 비점오염관리 종합대책 (2004-2020)”을 바탕으로 비점오염원 관리가 시작되었다 (KEI, 2008). 그러나 기술개발 이전에 제도가 먼저 실시되면서 국내에서는 제도 시행 초기에 기술검증 없이 저렴한 외국의 장치형시설들이 주로 설치되었는데 이후 이러한 시설들의 유지관리가 시작되면서 장치형 시설의 많은 단점들이 부각되었다. 이에 환경부는 2006년부터 2008년까지 3년동안 비점오염저감시설 시범사업을 실시하여 시설별 객관적인 평가를 통하여 국내에 적합한 시설을 제안하고자 하였다 (KEPA, 2009). 이 연구의 결과 여러 가지 비점오염저감시설 중 장치형보다 처리효율이 안정적이고 유지관리 빈도가 낮은 자연형의 효과가 우수한 것으로 판명되어 현재 환경부에서는 비점오염저감시설에 대한 지자체 보조시 장치형보다 자연형을 설치하도록 유도하고 있다.

하지만 수원의 서호천 같은 도시하천의 경우에는 비점오염저감시설을 설치할 여유부지 면적이 한정되어 있어 자연형시설 등 부지소요가 많은 저감시설의 설치가 어려운 실정이다. 그렇다고 장치형시설을 설치하기에도 관리등을 별도로 설치하고 지하에 매설하여야 하기 때문에 유지관리가 어려워 처리효율이 저하될 우려가 많다. 또한 수원의 서호천의 비점오염 유출 특성에서 보듯이 일반적으로 도시하천은 배출되는 비점오염 유출수는 발생량과 오염부하량의 변동폭이 크고 그 양이 많을 뿐 아니라 불투수면에서 급속하게 유출되므로 유달시간이 매우 짧아 하천으로 순식간에 유출된다. 그러므로 도시하천으로 유입되는 비점오염원을 처리하기 위해서는 많은 양을 신속하게 처리할 수 있고 처리효율도 일정하게 유지할 수 있는 처리형 저감시설이 적합할 것으로 판단된다.

## REFERENCES

- Shin, C. M., Choi, J. Y., Park, C. H., 2004, Characteristics of non-point pollution discharge with land use in urban area, *Journal of Korean Society Environmental Engineering*, 26(7), 729-735.
- Lee, G. J., Seong, J. U., Park, J. H., Joe, G. S., Park, J. C., 2010, Runoff characteristics of nonpoint pollutants source in urban area, *Journal of Environmental Science International*, 19(7), 819-827.
- Chi, H. J., Lee, S. E., Lee, J. D., 2013, Runoff characteristics of non-point pollutants Source in suwon city, *Journal of Environmental Science International*, 22(4), 493-505.
- Choi, Y. Y., Jung, S. Y., Choi, J. W., 2011, Nonpoint pollutants sources characteristics of initial surface runoff on the land use types, *Journal of Environmental Science International*, 20(3), 417-426.
- Kang, Y. T., Ko, Y. B., Han, D. W., Song, K. K., Han, S. Y., Sohn, J. H., 2010, Treatment of municipal non-point runoff and wastewater using RSF-CAST system, *Journal of Korean Society of Water Science and Technology*, 18(3), 3-12.
- Kang, Y. T., Sohn, J. H., Han, D. W., Song, K. K., Han, S. Y., Park, K. D., Ko, Y. B., 2010, A Study on the treatment of non-point source pollution using biofiltration, *Journal of Korean Society of Water Science and Technology*, 18(1), 3-10.
- Lee, J. H., Bang, K. W., 2000, Urban stormwater runoff treatment by the RFS *Journal of Korean Society of Environmental Engineering*, 22(1), 159- 167.
- KEPA, 2009, Final report on the monitoring of the effectiveness of urban stormwater runoff treatment system.
- KEI, 2008, Implementation of the best management practice of urban stormwater runoff treatment system.