

도시하천의 초기월류수를 이용한 비점오염특성 연구

강용태*, 한상윤*, 조용현*, 송근관*, 전종규*,
*동아대학교 상하수도시스템연구실
e-mail:hsy0262@dau.ac.kr

A Study on Characteristics of Nonpoint Pollution using Initial Overflows of Urban Stream

Yong-Tae Kang*, Sang-Yun Han*, Yong-Hyun Cho*,
Kuen-Kwan Song*, Jong-Gyu Jeon*
*Dept of Civil Engineering, Dong-A University

요 약

비강우시와 강우시 학장천의 수질은 BOD, COD, T-N, T-P, SS에 대해 각각 11.0~31.3mg/L, 15.6~31.4mg/L, 5.762~15.937mg/L, 0.918~1.291mg/L, 18.1~31.4mg/L와 27.2~65.1mg/L, 32.1~73.2mg/L, 13.409~18.051mg/L, 1.263~2.282mg/L, 66.0~417.9mg/L로 나타나 학장천은 전형적인 생활하수의 특성을 지녔으며, 강우시 발생하는 초기월류수에 다량의 비점오염물질이 포함됨을 알 수 있었다. 강우시 발생된 월류수의 유량을 측정된 결과 학장천의 유출계수는 0.61~0.83의 범위였고, 초기세척효과는 SS>T-N>COD>BOD>T-P>1의 순서로 그 정도가 크게 나타났다. 학장천 초기월류수의 유량가중평균농도를 산정한 결과 대부분의 항목에서 청천시의 수질농도보다 높게 나타나 강우에 의한 월류수의 비점오염물질의 유출이 심각함을 알 수 있다.

1. 서론

우리나라의 4대강 유역에서 비점오염원의 영향(BOD기준)은 전체 오염부하의 22~37% 이상으로 예측되고 있으며, 팔당상수원의 경우 전체 BOD 오염부하의 45%가 비점오염원에서 배출되고, 2020년에는 54%까지 증가할 것으로 예측되고 있다. 비점오염물질은 산지나 논·밭에 비해 도시·공업지역에서 유출량이 높으며, 대부분 강우 유출수와 함께 수계로 유입된다. 토지이용별 비점오염물질의 수계전체 배출량은 도시(대지)가 52%로 가장 많으며, 산림 17%, 농경지 11%로 순으로 발생하고 있다.¹⁾

도시지역의 산업발달로 인해 공업단지들이 조성되면서, 개발에 따른 인근 지역의 수질 오염에 대한 피해 사례들이 많이 보고되고 있으며, 특히 강우시 도시지역 공장부지내에는 기름성분, 중금속등의 유해성분을 다량 함유한 비점오염물질이 누출될 수 있는 가능성이 매우 높고, 강우시 이들 물질들은 우수관로를 통해 인근 하천으로 배출되어 수중 생태계를 크게 위협한다.²⁾

이러한 도시유출수는 비점오염원 중 큰 비중을 차지하며, 도시화의 진행에 따른 비점오염원의 부하량도 매년 증가하고 있다. 또한, 도시는 불투수성 면적비율이 다른 토지 이용지역에 비해 높음으로 강우 초기에 오염물질이 다량 유출되는 초기 유출 현상이 두드러진다.³⁾

따라서, 본 연구는 부산지역의 낙동강 하류부의 도심지역에 위치한 학장천을 실험유역으로 선정하여 강우시 발생하는 하천월류수를 이용하여 비점오염원의 수량·수질특성, 유출계수, 유량가중평균농도(EMC), 수질항목별 초기세척효과, 유출량-오염부하량의 상관관계 및 초기강우에 대한 수질항목간의 상관관계 등을 조사 및 분석하여 이 지역의 비점오염원의 유출특성을 규명하는 것이 목적이다.

2. 유역현황

학장천은 유역면적 19.42km², 유역연장 7.39km인 중용하천으로서 사상공단외부의 주거 밀집지역을 관

류하는 도시하천이다. 행정구역은 사상구 주례 1동 등의 7개동과 진구 개금 1,2,3동, 서구 서대신 4동 등 총 1광역시, 3개구, 11개동인 구역에 일부 혹은 전부가 위치하고 있으며, 유역내 총 가구 수는 77,189호, 인구수는 246,106인으로 나타났고, 토지이용현황은 총 유역면적 19.42km²중 경지 면적 0.01km²로서 0.05%, 임야면적이 10.75km²으로 55.36%, 대지면적 3.14km²로써 16.17%, 기타면적이 5.52km²로써 28.42%를 각각 점하고 있다. 학장천의 유역 내에는 주택단지의 조성비율이 높기 때문에 공장폐수가 직접적으로 유입되는 경우는 매우 적고, 발생하는 하수의 대부분이 생활오수를 차지하며, 비강우시에는 학장천의 하류부에 위치한 차집관거를 통해 장림하수처리장에서 처리되고 있다.

3. 연구방법

본 연구에서 수질분석을 위한 시료 채취와 유량 및 유속측정을 학장천 하류부의 월류웨어를 측정지점으로 선정하였다. 유량 측정은 Fig. 1의 유속계측법 - 유속측점과 수심측선에 의해 구한 평균유속과 단면적을 이용하여 [유량]=[유속]×[유수단면적]의 관계로부터 유량을 구하였다. 또한 연구기간 중 총 5회의 강우사상을 대상으로 조사되었으며 채수일과 그 날의 강우량은 아래 Table 1에 나타내었다.

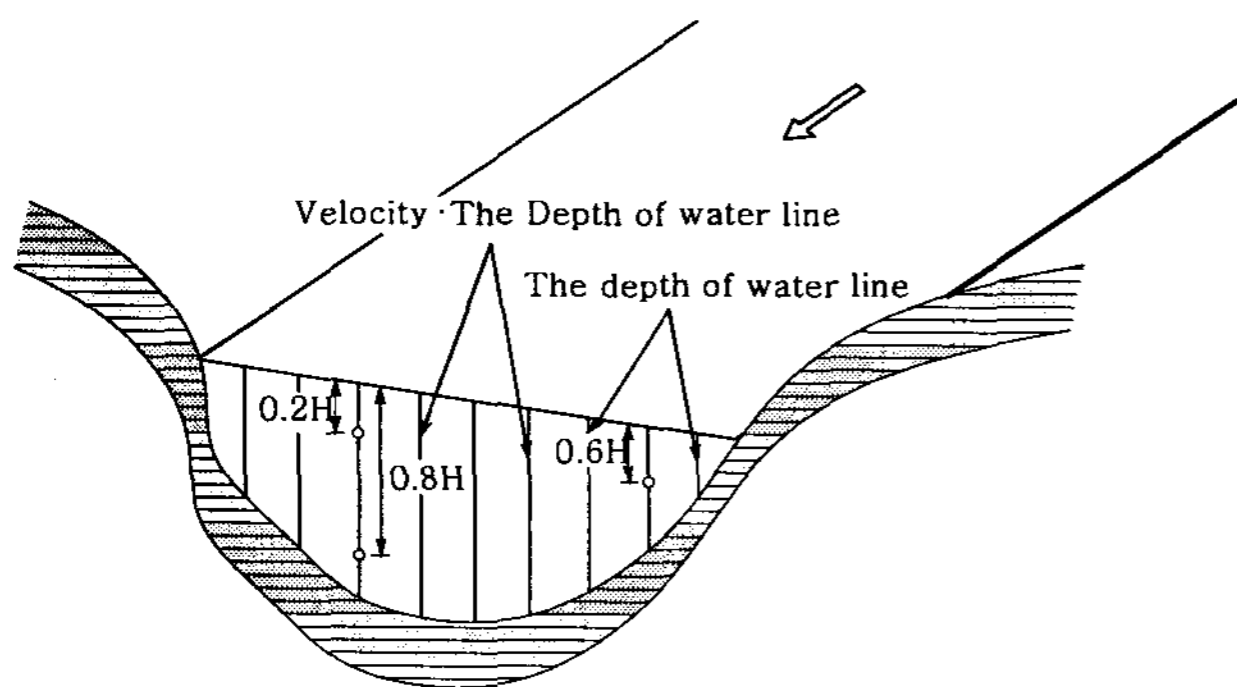


Fig. 1. Method of measuring the flow velocity.

Table 1. Sampling date and the amount of rainfall

Run	Sampling date	Amount of rain(mm)
1	19/5/2006	74
2	6/8/6/2006	10
3	8/7/2006	54.5
4	18/8/2006	9.5
6	22/10/2006	11

4. 결과 및 고찰

4.1. 비강우시 수질특성

아래의 Table 2에 비강우시 학장천의 수질을 나타내었다. BOD, COD, T-N, T-P, SS가 각각 11.0~31.3mg/L, 15.6~31.4mg/L, 5.762~15.937mg/L, 0.918~1.291mg/L, 18.1~31.4mg/L로 나타나 학장천은 전형적인 생활하수임을 알 수 있었다.

Table 2. Water quality during no rainfall in Hak-jang stream

Parameters	Date	8/21	9/4	10/30	11/13	12/26
Temperature(°C)		21.7	26.1	22.8	19.2	17.3
pH		7.28	7.96	7.92	7.70	7.46
DO(mg/L)		8.7	7.2	8.3	7.5	2.4
Turbidity(NTU)		7.8	10.4	9.5	9.7	30.6
SS(mg/L)		18.1	25.1	22.4	23.0	28.5
BOD(mg/L)		11.0	38.6	25.8	31.3	39.9
COD(mg/L)		27.9	15.6	22.6	18.5	31.4
T-N(mg/L)		11.528	15.937	14.282	14.656	5.762
T-P(mg/L)		0.918	1.291	1.149	1.183	1.144
NO ₃ ⁻ -N(mg/L)		0.42	0.60	0.53	0.55	1.30
NH ₄ ⁺ -N(mg/L)		9.36	14.04	12.17	12.71	6.73
PO ₄ ⁻ -P(mg/L)		1.01	0.80	0.94	0.84	0.41
Cd(mg/L)		0.005	0.006	0.005	0.006	0.172
Pb(mg/L)		0.001	0.001	0.001	0.001	0.000
Cr ⁶⁺ (mg/L)		0.001	0.000	0.000	0.000	0.002

4.2. 강우시 유량 및 수질특성

조사기간동안 초기월류수의 유출유량을 Fig. 3에 도시하였고, 유출계수는 Table 2에 나타내었다. 유출계수는 지표의 경사 및 상태, 강우강도, 지속시간, 배수면적, 배수시설, 도로의 포장상태 등에 따라 다르며 이것을 정확하게 구한다는 것은 어려운 일이다. 본 연구에서는 유출계수를 유량 실측 시간인 5시간 동안 유출하는 강우 유출량과 유역에서 발생하는 총강우량의 비로서 식(1)을 이용하여 산정하였다.

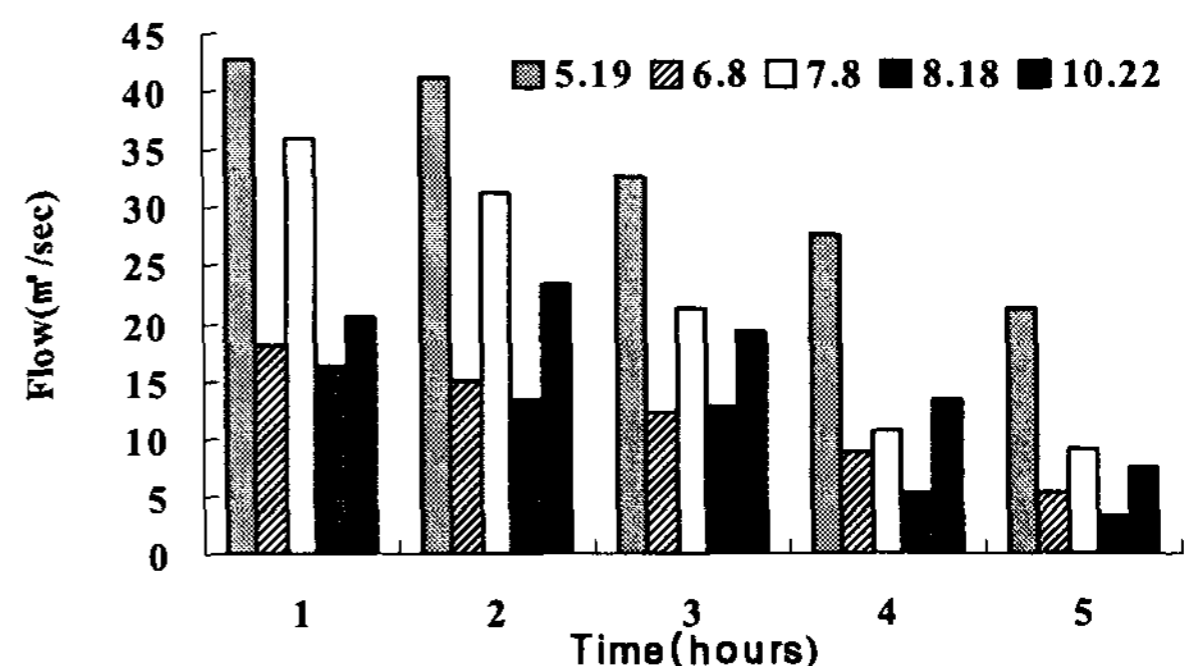


Fig. 3. Flowrate distributions with rainfall time in Hak-jang stream.

$$C_v = \frac{\Sigma Q}{\Sigma(I \cdot A)} \quad (1)$$

여기서, C_v : 유출계수
 ΣQ : 총유출량(m³)
 I : 강우량(mm)
 A : 면적(m²)

Table 3. Runoff coefficient for Hak-jang stream

Parameters	Rainfall (mm/5hr)	Runoff rate (m ³)	Rainfall rate (m ³)	Runoff coefficient
Date				
5/19	31.8	378370	617556	0.61
6/8	8.5	121309	165070	0.73
7/8	21	113541	168518	0.67
8/18	9.5	147915	184490	0.80
10/22	10.1	162126	196142	0.83

4.3.오염부하도 분석

4.3.1.초기세척효과

강우초기에 오염물질의 농도가 급격히 증가한 후 서서히 감소해 가는 현상을 보이고 있다. 이러한 현상을 초기세척효과(First Flushing Effect)라고 한다. 초기세척현상은 강우 초기에 불투수성 표면에서 발생한 표면 유출수의 전단력으로 인한 퇴적물질의 소류 현상으로 설명할 수 있다. 학장천의 초기월류수의 초기세척효과는 Fig. 4에 나타내었다. 모든 강우에 대해서 초기세척효과가 나타남을 알 수 있다.

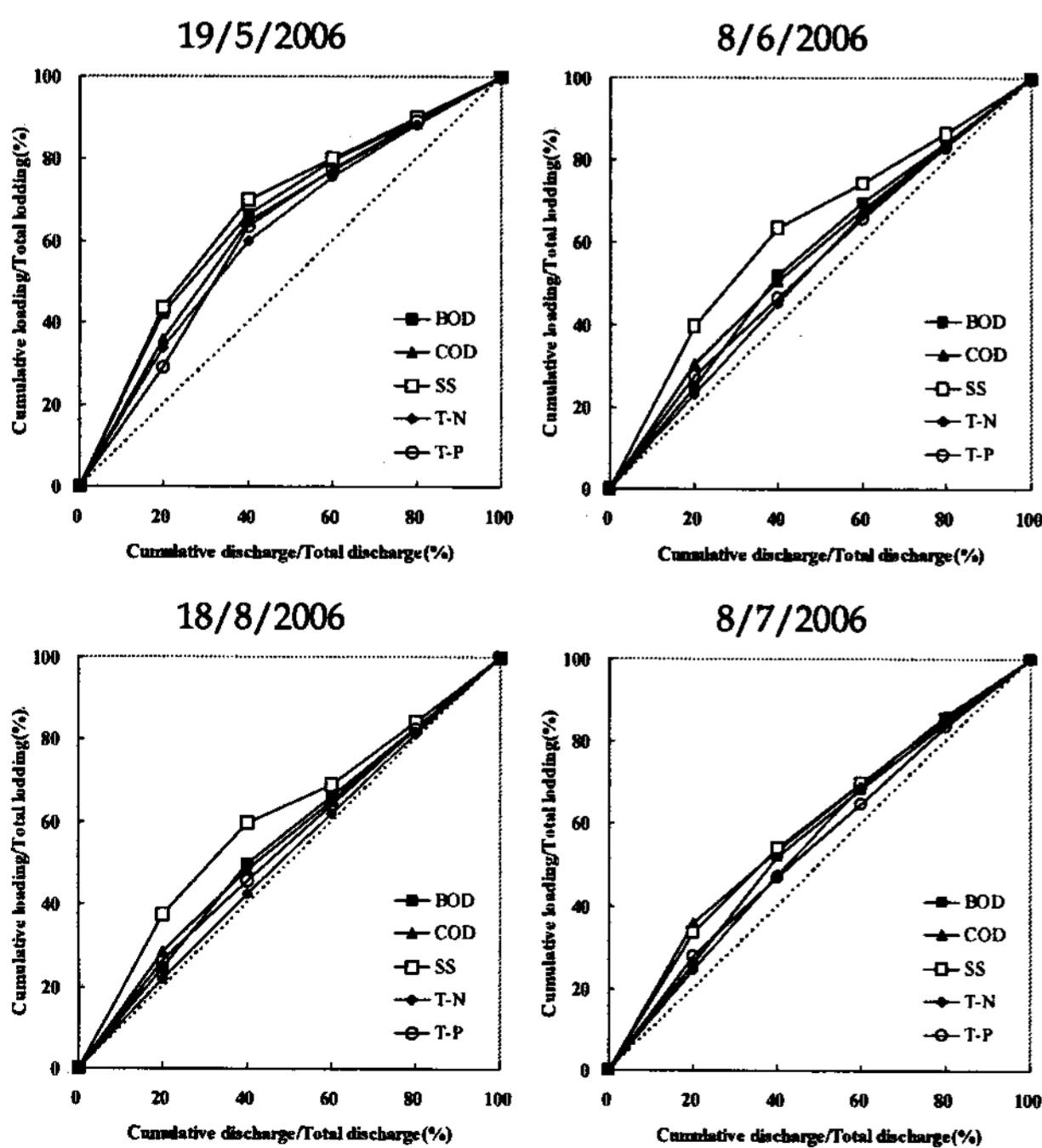


Fig. 4. The result of First-flush effect in Hak-jang stream.

4.3.2.유량평균가중농도

Table 4에 나타난 유량평균가중농도를 살펴보면 학장천 월류수의 BOD, COD, T-N, T-P, SS, A항목에 대한 유량 평균가중 농도가 청천시 보다 높게 나타났고 이는 강우에 의한 비점오염원의 유출이 심각함을 알 수 있다.

Table 4. EMCs in HaK-jang stream

Date	5/19	6/8	7/8	8/18	10/22	Mean
Parameters						
BOD(mg/L)	55	21.7	32.2	24	26.3	35.6
COD(mg/L)	40.82	21.04	25.13	26.25	22.5	39.3
T-N(mg/L)	191.5	33.3	50.8	38.6	43.5	21.7
T-P(mg/L)	48.1	11.5	14.6	12.7	13.3	1.2
SS(mg/L)	1.6	0.8	0.9	1.1	0.9	56.4

5.결론

비강우시와 강우시 학장천의 수질은 BOD, COD, T-N, T-P, SS에 대해 각각 11.0~31.3mg/L, 15.6~31.4mg/L, 5.762~15.937mg/L, 0.918~1.291mg/L, 18.1~31.4mg/L와 27.2~65.1mg/L, 32.1~73.2mg/L, 13.409~18.051mg/L, 1.263~2.282mg/L, 66.0~417.9mg/L로 나타나 학장천은 전형적인 생활하수의 특성을 지녔으며, 강우시 발생하는 초기월류수에 다량의 비점오염물질이 포함됨을 알 수 있었다. 강우시 발생된 월류수의 유량을 측정된 결과 학장천의 유출계수는 0.61~0.83의 범위였고, 초기세척효과는 SS>T-N>COD>BOD>T-P>1의 순서로 그 정도가 크게 나타났다. 학장천 초기월류수의 유량가중평균농도를 산정한 결과 대부분의 항목에서 청천시의 수질농도보다 높게 나타나 강우에 의한 월류수의 비점오염물질의 유출이 심각함을 알 수 있었다.

참고문헌

- [1] 환경부, "비점오염원 조사연구", 1995
- [2] Hunter J. V. Saabatino T., Gomperts R., Mackenzie M. L. "Contribution of urban runoff to hydrocarbon," Journal of Water Poll. Control, Fed., 51(8), 2129-2038, 1998
- [3] Fam S., Stenstorm M. K., Silverman H., "Hydrocarbons in urban runoff", Journal of Environmental Engineering Div. ASCE, 113(5), 1032-1046, 1987