

농촌지역의 비점오염원 유출 특성에 관한 연구

Study on the Discharge Characteristics of Non-point Pollutant Source in the Farming Area

길경익* · 이병수** · 이상수*** · 박무종****

Gil, Kyung Ik · Lee, Byung soo · Lee, Sang Soo · Park, Moo Jong

Abstract

The main goal of this study is to understand the effects of direct-runoff of chemistry and organic fertilizers which are adsorbing to sediment from farmland and non-point source discharge characteristics which are discharged to stream with soil erosion when rainfalls. pollutographs of TSS, BOD, COD, TN, and TP were measured for 10 rainfall events at watershed. EMC (Event Mean Concentration) were calculated for each rainfall event using quality and quantity measured. The result shows that the EMC ranges of 95% confidence intervals are 50.5-203 mg/L for TSS, 0.8-14.2 mg/L for BOD₅, 4.2-20.7 mg/L for COD_{Mn}, 0.2-0.5 mg/L for TP, 2.4-4.5 mg/L for TN, 1.36-3.04 mg/L for NO₃⁻-N, 0.13-0.42 mg/L for NH₄⁺-N and 0.82-1.77 mg/L for TKN.

Key words : Event mean concentration (EMC), Non-point Source (NPS), Rainfall runoff

1. 서 론

현재까지 우리나라는 수질관리 정책에 있어 일정한 유출경로를 가지는 점오염원의 처리 확보에 중점을 두어 왔으며, 점오염원의 처리에 상당한 진전이 있었다. 그러나 이러한 점오염원 중심의 수질관리로는 하천의 수질개선에 한계가 있음을 인식하게 되어 비점오염원에 대한 관심이 높아지고 있다.

2000년 12월 환경부에서 마련한 『비점오염원 관리요령』을 보면 비점오염물질은 농지에 살포된 농약 및 비료, 대기오염물질의 강하물, 지표상 퇴적오염물질, 합류식 하수관거 등으로, 강우 발생시 강우유출수와 함께 유출되는 오염물질을 말하며, 이러한 비점오염물질을 발생시키는 곳을 비점오염원이라고 정의하고 있다(김 등, 2002). 이러한 권고지침은 향후 비점오염원을 고려한 수질관리로 전환하는 계기로 삼고자 함이다(환경부, 2001; 김 등, 2002). 비점오염원은 각 지역의 지형, 수리 수문 조건 및 토지이용현황, 강우특성 등 다양한 요인에 따라 유출특성이 매우 다양하게 나타나 대상지역에 대한 개별적인 연구가 필요하다(김 등, 2002; 경기도보건환경연구원, 2001).

본 조사에서는 한강수계에 직접적인 영향을 주는 경안천 유역을 대상으로 강우 유출수 측정성과를 이용하여 EMC 값을 산정하였다. 또한, 경안천 유역의 수질보전에 기여하고 대책 수립을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

2. 연구내용 및 연구방법

2.1 조사유역의 토지이용 현황

본 연구의 대상지점은 경기도 용인시 해곡동 57번 국도변에 위치하고 있으며 조사기간은 2006년 5월부터

* 정회원 · 서울산업대학교 토목공학과 · 교수 · E-mail: kgil.snut.ac.kr
** 비회원 · 서울산업대학교 토목공학과 · 석사과정
*** 비회원 · 서울산업대학교 토목공학과 · 석사과정
**** 정회원 · 한서대학교 토목공학과 · 교수

현재까지 진행 중에 있다. 본 논문에서는 2007년 9월까지의 조사 결과를 이용하여 분석하였다. 대상유역 총 배수면적은 25,300 m²으로 산지 17,800 m², 논 900 m², 밭 6,600 m²으로 분포되어 있다.

유출수는 대부분이 농경지에서 발생되어 지며, 비강우시에도 농업용수 및 지하수 등에 의하여 기저 유출수가 발생함을 현장점검을 통해 알 수 있었다.

2.2 시료채취 및 조사방법

수질분석을 위한 시료 채취는 강수량에 따라 농도곡선이 다양하므로 지속적으로 탁도를 측정하여 농도변화에 따라 채수여부를 결정하였다. 대부분 침투 유량을 기점으로 20분 간격으로 측정 및 채수 하였으며, 강수가 소강상태를 보인 이후부터는 1시간 간격으로 채수하였다. 수질분석은 pH, TSS, Turbidity, BOD₅, COD_{Mn}, DOC, T-N, TKN, NO₃⁻-N, NH₄⁺-N, T-P, PO₄⁻-P 이었고, 모든 항목은 Standard Methods 20th(1998)과 수질오염 공정시험법(1998)에 의거하여 분석하였다.

본 연구에서는 강우시 비점오염물질 유출특성을 파악하기 위해 유량가중평균농도(EMC : event mean concentration)를 산정하였으며 그 수학적 표현은 식(1)과 같다.

$$EMC = \frac{\text{Discharged mass during an event}}{\text{Discharged volume}} = \frac{\int_0^t C(t) \times Q_{TRu}(t) dt}{\int_0^t Q_{TRu}(t) dt} \quad (1)$$

여기서, C(t)는 시간에 따른 유출 오염물질의 농도를 말하며 Q_{TRu}(t)는 유역으로부터 강으로 인해 유출되는 유출수율을 나타내고 있다(김 등, 2004). 강수량 및 강우강도 등은 건설교통부에서 관할하는 운학초교(경기도 용인시 운학리)의 강우자료를 이용하였다.

3. 연구결과 및 고찰

3.1 강우사상 개요

Table 1는 경안천 상류의 모니터링 수행에 따른 강우사상 결과이며, 발생일자(Event date), 건기일수(Antecedent Dry Days, ADD), 전체강수량(Total Rainfall)등이 정리되어 있다. 각 Event의 ADD는 1-45일의 범위, 총 강수량은 6.5-120 mm의 범위, 유출시간은 3.28-18 hr 범위, 평균 강우강도는 0.70-8.98 mm/hr의 범위로 각각 나타났다.

Table 1. Event table for monitored event

Event No.	Event date (mm/dd/yy)	ADD (days)	Total rainfall (mm)	Runoff duration (hr)	Avg. rainfall intensity (mm/hr)
E-1	2006/06/29	2	13.50	8.50	1.59
E-2	2006/08/17	18	6.50	4.30	1.51
E-3	2006/10/22	45	22.00	14.90	1.48
E-4	2006/11/06	13	7.00	3.28	2.13
E-5	2007/03/04	1	34.00	11.25	3.02
E-6	2007/05/17	3	60.50	10.75	5.63
E-7	2007/05/24	4	48.00	10.33	4.65
E-8	2007/06/27	3	10.20	14.66	0.70
E-9	2007/07/19	2	72.30	8.05	8.98
E-10	2007/09/14	7	120.00	18.00	6.67

3.2 대상유역의 비점오염원 배출부하 특성

산지와 농경지를 대상으로 강우사상에 따른 비점오염물질의 유출특성을 규명하기 위하여 10회의 모니터링을 수행하였고, 이 결과를 통하여 수질농도그래프 작성 및 EMC 값을 산정하였다. 수질농도곡선을 분석한 결과 10회 모두 비슷한 경향을 나타냈으며 본 연구에서는 Fig. 1에서 Event 4와 10을 나타내었다.

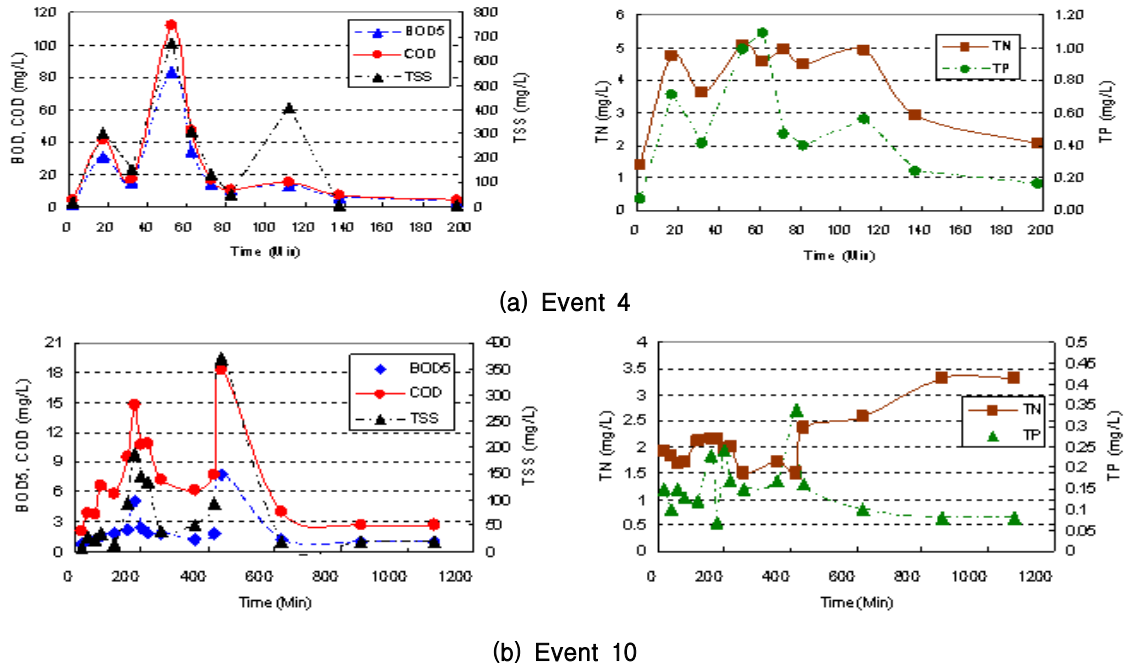


Fig. 1 Variation of pollutant concentration according to rainfall event

Fig. 2에서 유기물질에 대한 EMC를 살펴보면, BOD₅는 2.69~33.25 mg/L, COD_{Mn}는 4.71~44.63 mg/L의 범위를 나타내었으며, TSS는 20.96~329.66 mg/L의 분포를 보였다. 또한 무기물질에 대한 EMC는 TP는 0.14~0.81 mg/L, TN는 2.19~6.89 mg/L, NO₃⁻-N는 1.08~5.20 mg/L, NH₄⁺-N는 0.1~0.62 mg/L, TKN는 0.4~2.4 mg/L의 범위로 각각 나타났다. 이와 같이 EMC 농도 범위에 따른 결과를 살펴볼 때, 농촌지역에서는 유독 TSS의 EMC 값이 높게 나타남을 알 수 있었다. 따라서 농경지와 산지에서 발생되어지는 토사를 제어할 수 있는 관리 방안이 요구되어진다. 또한 이 같은 넓은 범위의 EMC 값은 한 종류의 토지이용에서조차 EMC 값을 예측함에 있어 쉽지 않음을 단적으로 보여주고 있다(김 등, 2004).

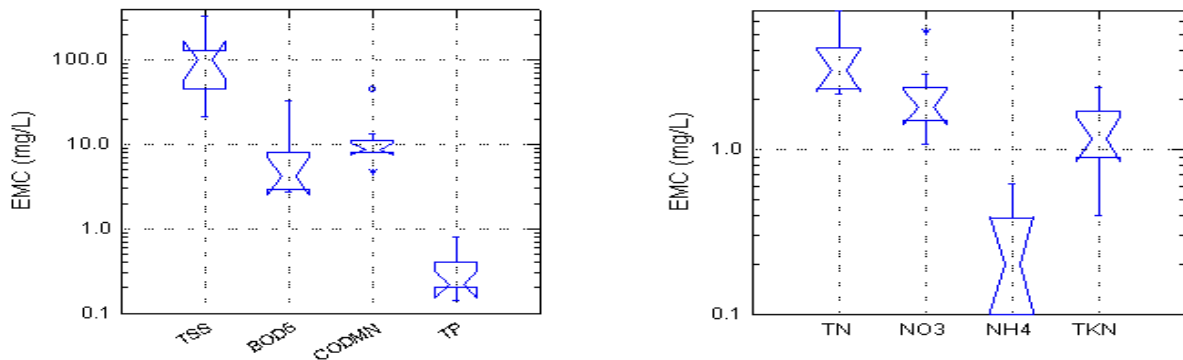


Fig. 2 Statistical summaries of EMCs

EMC의 95% 신뢰구간을 살펴보면, TSS는 50.5-203.0 mg/L, BOD₅는 0.82-14.16 mg/L, COD_{Mn}는 4.21-20.7 mg/L, TP는 0.17-0.55 mg/L, TN는 2.41-4.52 mg/L, NO₃⁻-N는 1.36-3.04 mg/L, NH₄⁺-N는 0.13-0.42 mg/L, TKN는 0.82-1.77 mg/L의 범위로 각각 나타났다.

4. 결 론

본 연구에서는 강우시 농촌유역의 비점오염물질 유출특성에 대해 고찰하였으며 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 1) 유출오염물질 특성을 살펴본 결과, BOD₅ EMC는 2.69~33.25 mg/L, COD_{Mn}는 4.71-44.63 mg/L의 범위를 나타냈으며, TSS의 EMC는 20.96-329.66 mg/L의 범위를 보였다. 또한, TN은 2.19-6.89 mg/L, TP는 0.14-0.81 mg/L, NO₃⁻-N는 1.08-5.20 mg/L, NH₄⁺-N는 0.1-0.62 mg/L, TKN는 0.4-2.4 mg/L의 범위로 각각 나타났다.
- 2) TSS는 50.5-203.0 mg/L, BOD₅는 0.82-14.16 mg/L, COD_{Mn}는 4.21-20.7 mg/L, TN는 2.41-4.52 mg/L, TP는 0.17-0.55 mg/L, NO₃⁻-N는 1.36-3.04 mg/L, NH₄⁺-N는 0.13-0.42 mg/L, TKN는 0.82-1.77 mg/L의 범위로 각각 나타났다.

감사의 글

본 연구는 환경부 “2007년도 차세대 핵심환경기술개발사업(GIS 기반의 비점오염물질 발생량 예측 모델개발)”과 환경관리공단 “한강수계 비점오염저감시설 모니터링 및 유지관리 사업”의 지원을 받아 수행되었습니다.

참고문헌

1. 김성수, 김종석, 방기연, 권은미, 정옥진 (2002). “경안천 유역의 강우사상별 비점오염원 유출특성 및 원단위 조사” 대한환경공학회.
2. 김이형, 강주현 (2004). “고속도로 강우 유출수내 오염물질의 EMC 및 부하량 원단위 산정” 한국물환경학회지.
3. 김영철, 이재수 (2002). “강우시 유역특성에 따른 유출 오염물질 농도곡선의 형상” 대한환경공학회지.
4. 함종화, 윤춘경, 김형철, 구원석, 신현범 (2005). “식생피도가 인공습지의 질소 및 인 처리효율에 미치는 영향과 습지식물의 조성 및 관리” Korean J. Limnol.
5. 경기도보건환경연구원 (2001). 비점오염원 관리방안.
6. 환경부 (2001). 비점오염원 관리요령.
7. 환경부 (1998). 수질오염공정시험법.
8. APHA, AWWA and WEF (1998). Standard Method for Examination of Water and Wastewater, 20th edition, Washington D.C., U.S.A.