

PE11) 토지이용에 따른 영양염류 항목의 유출특성 연구

윤영삼*, 신석호, 유재정, 신찬기
국립환경과학원 낙동강물환경연구소

1. 서 론

비점오염물질은 점오염원과 달리 강우가 없을 때 지표면에 퇴적되는 오염물질의 축적에 따라 강우 발생 시 오염물질이 지표면의 특성, 공간(구배)특성에 따라 유출, 유달 특성을 달리하여 유출된다. 공간특성별 오염물질 퇴적 현상은 강우빈도, 강우지속시간, 강우강도에 따라 상이하게 나타나며, 일반적으로 비점오염원으로서 토지이용형태 및 행위가 주요한 오염 원인요소로서 작용하므로 축산지역을 포함한 농업지역, 공업지역을 포함한 도시지역으로 대별하여 유사한 특징을 나타낸다. 농업지역의 경우 전답, 임야 등과 축산지역으로서 비점오염원 발생특성을 살펴보면 농지는 우수유출량의 농도는 낮으나 유출량이 많아 주요 비점오염원으로서 다루어지고 있으며, 축산지역의 경우 가축분뇨의 방치나 농지의 살포, 초지에 과다시비 등으로 인하여 영양염류의 배출부하량 증가에 기여함으로써 주요한 비점오염원으로서 인식되고 있다.

반면, 도시지역의 경우 도시 생활 활동과 공업지역의 산업 활동이 활발하여 다양한 오염물질의 발생 원인으로서는 다양한 비점오염물질을 배출하며, 농업지역과는 배출되는 오염물질의 종류는 물론 배출 특성 역시 상이하다. 도시지역의 경우 무강우 시 노면에 오염물질이 퇴적되어 강우시 강우량, 지속시간 등에 따라 배출특성을 보이거나 초기강우 시 특히 고농도의 오염물질이 우수관거에서 공공수역으로 유출된다. 유출되는 오염농도는 중금속을 포함한 유기오염물질 농도는 매우 높으며, 도시 내 노면에 축적된 대기 중 건성 침착물, 타이어 마모, 노면 차선의 마찰에 의한 탈색과 구조물의 침식 등으로 인하여 불투성 지역에 축적된 유해화학물질과 원료, 제품의 저장시설, 생산시설 등에 의한 강우 시 유출 특성은 매우 다양한 오염원으로서 작용된다.

이에 본 연구에서는 토지 이용별 강우 시 유출수의 비점오염물질 중 영양염류의 유출특성을 파악 하고자 하였다. 본 연구와 같은 강우 유출수의 지속적인 조사를 통해 향후 비점오염물질 관리 및 저감관련 BMPs 실행에 중요한 기초 자료로 활용될 것이라 생각된다.

2. 연구내용 및 방법

강우시 유출되는 비점오염물질 중 영양염류 항목의 유출 특성을 파악하고자 강우강도계 및 유량계를 현장에 설치하여 실시간 강우와 유량자료를 확보하였으며, 강우유출수를 일정 간격으로 채수하여 영양염류 항목을 분석하여 시간대별 강우유출수의 수질 값을 확보하였다.

시료 채수간격은 강우유출수가 최초로 조사대상 지역 밖으로 유출되는 시각을 T0로 설정하여 채수하였고, 이후 5분, 10분, 15분, 30분 간격으로 초기강우에 대해 가장 많은 시료

수를 확보하였다. 강우가 지속 될 경우 1~5시간 간격으로 시료 수가 최소 8개에서 최대 15개 정도의 수질 자료를 확보하여 신뢰성 있는 EMCs 자료가 생산될 수 있도록 시료채수 수자를 조절하였다. 또한 실시간 강우자료와 유출량 자료의 경우 장비를 활용하여 1분 단위의 자료가 확보되어 결과의 신뢰도를 높일 수 있도록 하였으며, 초기강우 시 오염물질의 유출이 집중 될 것으로 예상하여 강우 초기에 채수간격을 좁게 하였고, 이후에는 현장사항을 중심으로 채수간격을 조정하였다.

현장에서 강우 시 조사된 유출량 및 수질 분석 자료를 토대로 EMCs(Event Mean Concentrations)를 산정하여 토지이용별 강우 시 실제 유출되는 영양염류의 영향 정도를 파악 하였다.

2.1. EMC 산정

유출되는 비점오염물질의 농도변화는 강우 및 유역의 특성에 영향을 크게 받으며, 점오염물질과는 달리 평균농도 산정 시 유출수의 유량이 가중된 유량가중평균농도로써 조사대상 각 물질별 농도를 나타낸다. 유량가중평균농도는 비점오염물질 처리 시설 시 유입부하량 및 유출부하량 산정에 있어서 중요한 인자이며, 삭감량 산정을 통한 처리효율 산정 시에도 중요하게 고려된다.

적정한 EMCs를 산정하기 위해서는 모니터링 계획에 따라서 수집된 유량과 농도 자료를 이용하여 다음 식에 의해서 산정할 수 있다. EMCs는 전체 강우지속시간 동안 유출된 전체 누적 오염물질의 양을 전체 누적 유출량으로 나누어 계산할 수 있으며, 비점오염원에서의 평균 농도 산정 시 중요하게 이용되고 있다. 여기서 $C(t)$ 와 $Q_{TRu}(t)$ 는 강우 지속시간 t 에 대한 오염물질의 농도와 유출율을 의미한다.

$$EMC(mg/L) = \frac{\text{Discharged mass during an event}}{\text{Discharged volume}} = \frac{\int_0^T C(t) \cdot Q_{TRu}(t) dt}{\int_0^T Q_{TRu}(t) dt}$$

3. 결과 및 고찰

강우 시 토지이용별 유출수의 유출량 및 수질분석 결과를 정리하여 Fig. 1~4에 나타내었다. Fig. 1과 2의 경우 투수 지역으로서 유출율이 낮은 지역으로, 이 지역에서의 영양염 농도의 경우 강우 후 유출 종료시까지 큰 변화를 보여 주지 않고, 일정 농도를 유지하였다. 일부 유출량이 증가 하는 시간에 농도가 높아짐을 볼 수 있는데, 이는 토양속 이온 형태의 영양염류의 강우에 의한 탈착 및 세척 효과의 영향을 받은 것으로 사료된다. 불투수 지역인 공업 지역과 교통지역의 경우 주로 유출 초기에 높은 농도를 보이다 시간이 경과할수록 농도가 낮아짐을 볼 수 있는데, 이는 불투수 지역과는 달리 표면 유출에 의존하는 지점 특성에 따라 이 같은 결과를 보여 준 것으로 사료된다. 또한 불투수 지역과 투수 지역 모두 선행 무강우 일수에 따라 오염물질의 축적 정도가 다를 수 있고, 그 영향도 크게 작용하였다. 조사 결과를 통해 서로 다른 특성의 표면을 가진 지점에 대한 강우 시 유출수의 유출경향 차이를 확인해 볼 수 있었고, 투수 지역의 경우 표면 유출 뿐 아니라 기저유출 및 토양특성에 대한 정확한 정보의 확보를 위한 정밀한 조사가 필요할 것으로 사료되

며, 향후 조사 시 필요 항목의 추가 분석 및 측정을 통해 조사결과의 신뢰성을 높일 수 있음을 알 수 있었다.

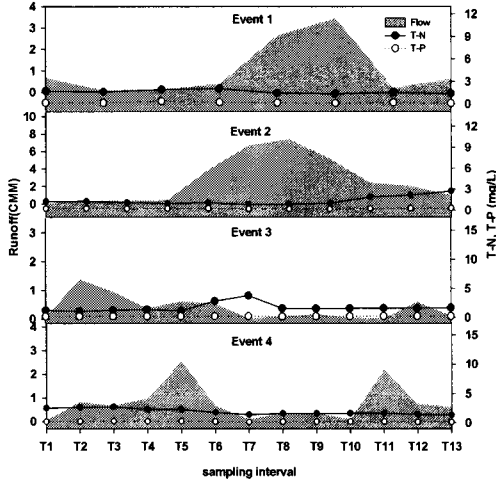


Fig. 1. Orchard Area(T-N, T-P).

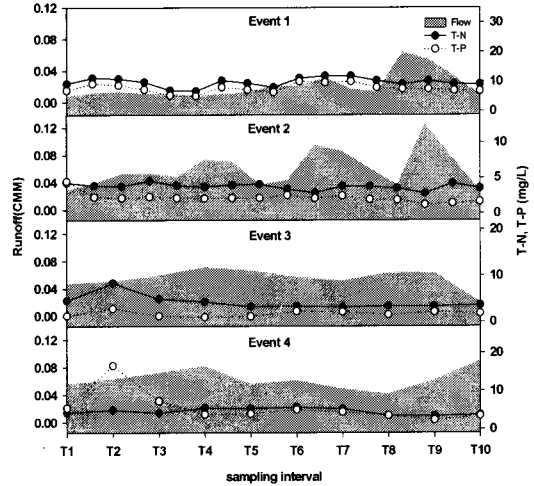


Fig. 2. Plastic House Area(T-N, T-P).

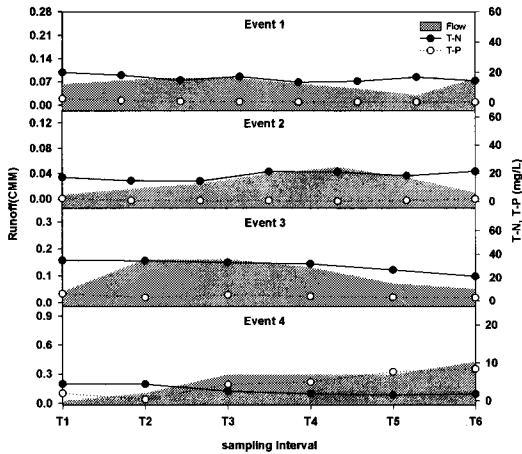


Fig. 3. Industrial Area(T-N, T-P).

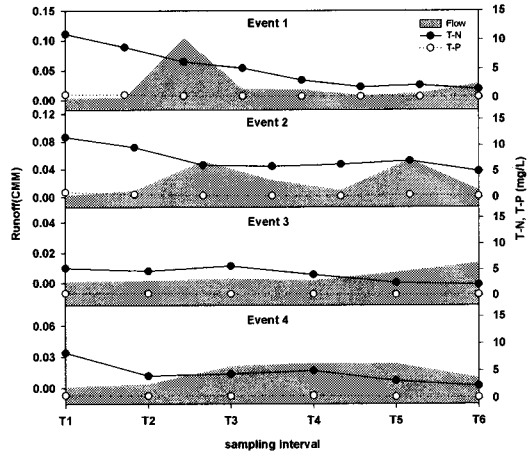


Fig. 4. Transportation Area(T-N, T-P).

각 지점에서의 강우에 따른 유출량과 수질 농도를 이용하여 Table 1에 EMCs(Event Mean Concentration)를 산정하여 정리 하였다. 산정 된 토지이용별 영양염 EMCs 값 중 과수원, 공업 및 교통지역의 경우 유출수 중 TN의 유량가중평균농도가 TP 보다 높게 조사 되었고, 비닐하우스 지역의 경우 TP의 유량가중평균농도가 TN농도에 비해 높게 조사 되었다. 공업지역과 교통지역의 경우 셋김현상의 영향을 가장 크게 받은 것으로 생각되며, 과수원 및 비닐하우스 재배 지역의 경우 농작물 재배 시 사용되는 비료의 영향으로 인해 이 같은 결과를 나타내었다.

Table 1. EMCs of Rainfall-Runoff According to Land-Use

Items		EMCs(mg/L)	
		T-N	T-P
Pervious	Orchard Area	1.51	0.18
	Plastic House Area	3.91	6.64
Impervious	Industrial Area	9.82	0.72
	Transportation Area	16.50	2.28

4. 요약

과수원재배지 및 비닐하우스재배지의 투수지역과 공업지역 및 교통지역의 불투수지역에 대한 영양염류 중심의 강우 유출수 조사결과 TN 항목의 경우 불투수지역인 공업과 교통지역에서 각각 9.88 mg/L, 16.50 mg/L로 높은 값을 보였으며, TP의 경우 비닐하우스재배지와 교통지역에서 각각 6.64 mg/L와 2.28 mg/L로 높게 조사되었다.

참 고 문 헌

- 국립환경과학원 금강물환경연구소. 2006, 발 및 입야로부터의 오염물질 배출 특성조사, 3년차 최종보고서, 금강수계관리위원회.
- 김갑수 외, 2006, 중랑천 비점오염원 부하량 및 원단위 산정, 대한환경공학회지, 28권 8호, pp. 813~819.
- 신현석, 윤용남, 1993, 도시소유역에서의 유출과 비점오염물 배출간의 상관관계 수립에 의한 NPS 오염물 배출량의 산정, 한국수문학회지, Vol. 26, No. 4, pp. 58~95.
- US EPA, 2005, "National Management Measures to Control Nonpoint Source Pollution from Forestry" EPA 841/B-05-001, Environmental Research Lab.
- US EPA, 2005, "National Management Measures to Control Nonpoint Source Pollution form Urban Area." EPA 841/B-05-004, Environmental Research Lab.