

농촌 소유역에서의 비점오염물질 유출 특성

- 충남 공주시 정안면 고성리 지역을 대상으로 -

Characteristics of Non-Point Pollutants Discharge in a Small Rural Watershed

*김진호·한국헌·류종수·임혁진(농과원)·이경도(호농연)·권순국(서울대)

*Kim, Jin Ho·Han Kuk Heon·Ryu, Jong Su·Lim, Hyuk Jin·Lee, Kyung Do·Kwon, Soon Kuk

Abstract

This study was conducted to identify the characteristics of non-point pollutants discharge in a small Rural watershed. For this purpose, the typical rural area in Gongju city was selected as a research site. Water quality and water quantity data in the stream and the precipitation of the watershed were analyzed periodically from May 1 to August 31 in 2005. Also, pollutant loads were estimated using these data. As a result, the mean concentrations of BOD, TN and TP in the stream were 3.16, 3.20, 0.236 mg/L rainy season and 0.93, 2.75, 0.058 mg/L in normal survey season respectively. The estimation of non-point pollutants discharge loads were shown that BOD was 5,154.2kg, T-N was 9,164.7kg, T-P was 308.4kg, and SS was 117,163.2kg from July to August. That means above of 90% of non-point pollutants discharge was occurred in rainy season.

I. 서론

지금까지의 하천 및 호소의 수질관리는 환경기초시설에서 처리하여 배출시키는 점오염원 중심의 정책 위주로 이루어져 왔다. 하지만, 농업활동으로 인한 비점오염물질은 주로 강우에 의해 집중적으로 배출되는 특성을 가지고 있으며, 유출구가 제한되어 있지 않고 광범위한 지역에 걸쳐 존재하며 유출량이 대단히 많기 때문에 집중처리에 의한 관리가 현실적으로 불가능하다. 그래서, 최근 들어 세계적으로 농업비점오염원으로 인한 수질오염문제를 해결하기 위한 연구개발이 활발하게 이루어지고 있으며, 우리나라에서도 농업유역, 댐저수지 유역 등을 대상으로 농업비점오염원에 대한 체계적인 연구가 활발히 이루어지고 있다.

또한, 농업유역에서 발생하는 수질오염의 원인과 현황을 정량적으로 구명하고, 수질오염을 저감하기 위한 최적관리방안을 마련하기 위해서는 대상유역에 대한 광범위한 수문, 수질 모니터링이 필요하다. 따라서, 본 연구에서는 점오염원이 적은 농촌 소유역을 대상으로 기상조사, 수문 및 수질특성 조사를 실시하여 영양염류 유입부하의 특성을 고찰하고자 한다.

II. 재료 및 방법

2.1 시험유역 및 조사내용

본 연구의 대상유역으로는 충남 공주시 정안면 고성리 고성저수지 상류유역으로 여타 유역에 비해 인구가 적고 산업활동이 거의 없지만, 대규모 축산단지가 위치하고 있으나 분뇨를 모두 수거 처리하고 있으므로 점오염원의 기여도는 작으며, 소규모 점오염원이 비점오염원의 성격을 띠고 산재하거나 비점오염원의 형태를 띠고 있다.(Fig. 1) 유역의 오염부하량 산정을 위해 기상, 수문 및 수질조사를 실시하였는데, 강우자료는 고성리 마을회관에 AWS를 설치하여 실측하였다. 수문조사는 유역말단부분에 부자식 수위계인 Thalimedes를 사용하여 매 5분 간격으로 수위자료를 수집하

였으며, 현장의 유속 측정은 미국 SonTek사의 FlowTracker를 사용하여 유속을 측정하여 수위자료와 현장 유속 측정결과를 이용하여 얻어진 수위-유량곡선식을 유도하여 유량을 산정하였다. 수질 조사는 정기조사(2주 간격) 또는 강우시 일주기 조사(1시간 간격)로 수질 표본을 샘플링하여 수질 오염공정시험방법에 준하여 BOD, T-N, T-P, SS 항목에 대하여 실시하였다.

2.2 시험유역의 오염원 현황

본 연구대상지역인 공주시 정안면 고성리 고성저수지 유역의 토지이용 및 오염원 현황은 Table 1과 같다. 고성리 유역은 총 513.7ha로 이중 논이 46.4ha(9.0%), 밭이 21.8ha(4.3%), 산림 392.1ha(76.3%), 밤나무 과수원 22.5ha(4.4%), 기타 30.2ha(6.0%)로 구성되어 있으며, 인구는 186명이며, 축산은 한우 19두, 돼지 4,827두, 가금 166수 등을 사육하고 있다.

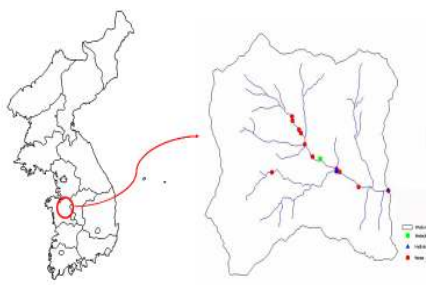


Fig. 1 Layout of study area

Table 1. Status of landuse and pollutant sources

| Type | Landuse | | | | | |
|------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|---------------|
| | Paddy | Upland | Orchard | Forest | Residential | Other |
| | 46.4 (9.0) | 21.8 (4.3) | 22.5 (4.4) | 3,921 (76.3) | 12.4 (2.4) | 18.5 (3.6) |
| Population | Livestock | | | | | Total |
| | Beef | Pig | Deer | Poultry | | |
| 186 | 19 | 4,827 | 19 | 166 | | |

III. 결과 및 고찰

3.1 강우량 및 유출량

시험유역에서 2005년 5월에서 8월까지 내린 강수량 및 유출량의 일 분포를 나타낸 것은 Fig. 2와 같다. 총 강수량은 939.4mm로 무강우일수를 제외한 강수량의 평균값과 범위는 각각 18.4mm, 0.2mm~131.2mm이었고, 일 최대 강수량은 7월에 관측되었으며, 유일하게 100mm를 초과한 경우에 해당하였다. 유출량은 정기조사와 강우기 조사시 측정된 유량과 수위의 상관식을 이용하여 조사기간동안의 유출량을 산정하였는데 그 결과는 609.8mm로 측정되어, 유출률은 64.9%를 보였다.

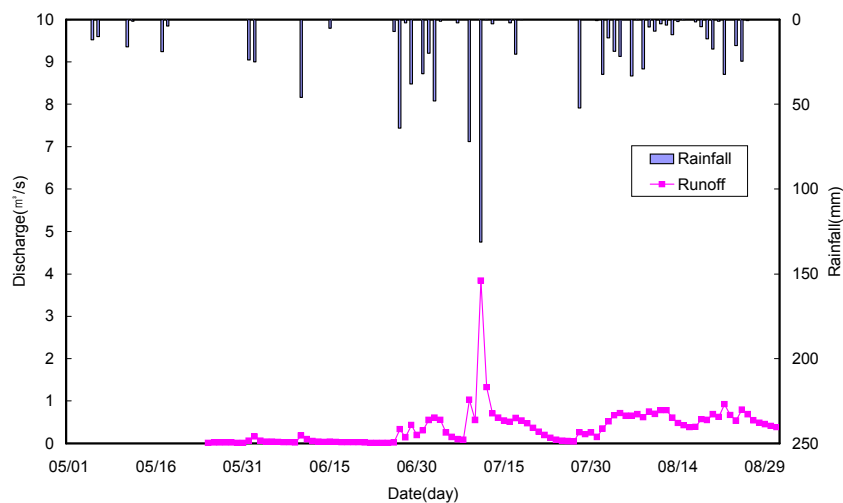


Fig. 2 Daily variation of rainfall and runoff in study area from May to August

3.2 수질항목 분석 결과

유출수의 농도는 정기조사와 강우기 조사로 구분하였는데 수질특성은 Table 2 및 Fig. 3과 같다. 정기조사 동안의 BOD, T-N, T-P의 평균농도는 각각 0.93mg/L, 2.75mg/L, 0.058mg/L로 조사되었다. 강우기 조사기간 중 BOD의 농도는 0.01~8.73mg/L 범위였고 평균 3.16mg/L이었다. T-N 값은 1.84~9.26mg/L이었고 평균 3.20mg/L의 값을 보였다. T-P의 경우는 0.018~2.952mg/L 범위였고, 평균 0.236mg/L이었고, SS 농도는 0.0~820.0mg/L이었고 평균 90.9mg/L로 조사되었다. T-N, T-P의 경우 정기조사의 값이 강우기 조사의 값보다 낮게 나타났으나, 각각의 T-N과 T-P농도는 산지계류수의 평상시의 각각의 농도(김선중, 석사학위논문 ; 0.58mg/L, 0.017mg/L) 보다 높게 나타나, 농업활동에 의한 영향이 나타난 것으로 생각된다.

Table 2. Pollutant concentrations in study periods[unit : mg/L]

| Period | Normal seasons* | | | Rainy seasons** | | | |
|--------|-----------------|------|-------|-----------------|------|-------|-------|
| | BOD | T-N | T-P | BOD | T-N | T-P | SS |
| Mean | 0.93 | 2.75 | 0.058 | 3.16 | 3.20 | 0.236 | 90.9 |
| Max. | 1.99 | 4.01 | 0.106 | 8.73 | 9.26 | 2.952 | 820.0 |
| Min. | 0.31 | 0.27 | 0.006 | 0.01 | 1.84 | 0.018 | 0.0 |
| STD | 0.52 | 1.34 | 0.031 | 1.81 | 1.46 | 0.287 | 106.9 |

* Normal seasons : No. of Sample 9 ** : Rainy seasons : No. of Sample 250(1 hour interval)

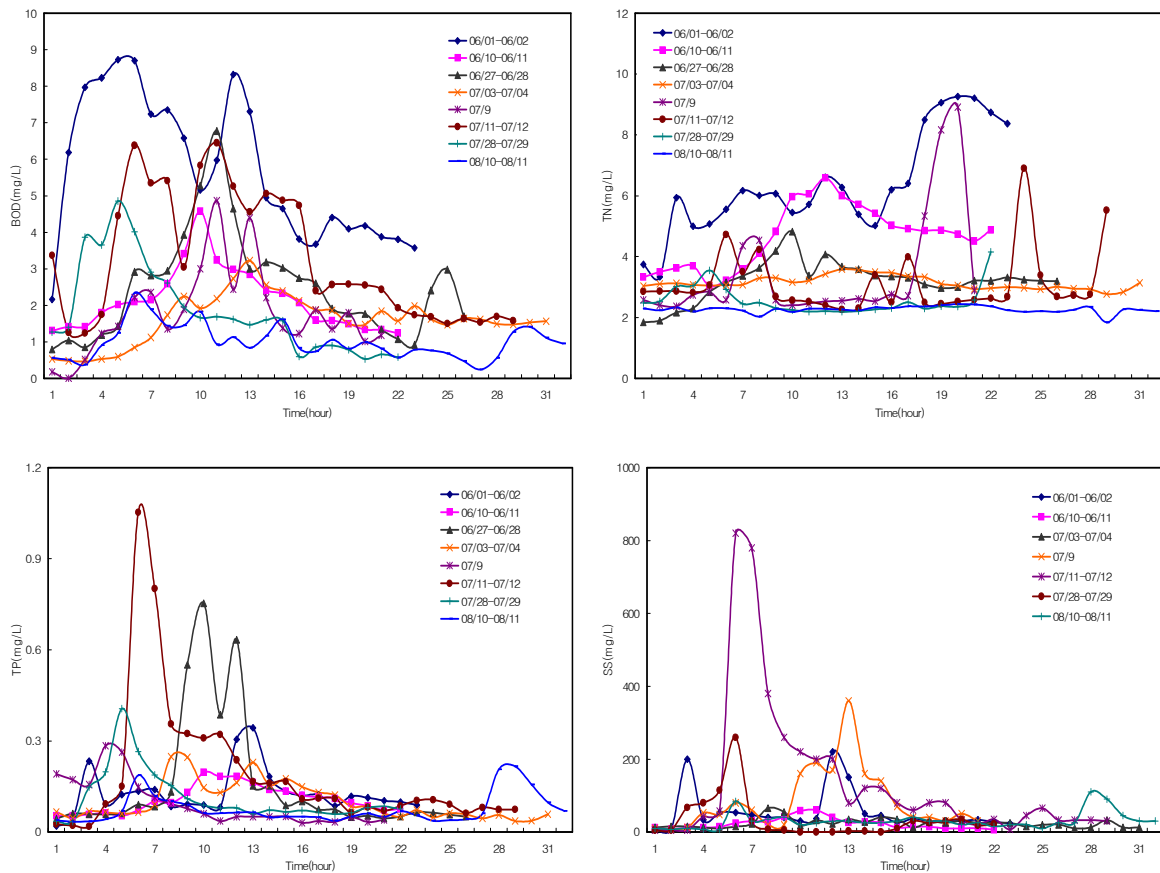


Fig. 3 Variation of BOD, T-N, T-P and SS concentration by rainfall events

3.3 유입 부하량 산정

실측된 유량과 수질분석 자료를 이용하여 각 수질분석 항목에 대한 유량-부하량 관계식을 유도하였는데 그 결과는 Table 3과 같은데, 각 수질항목별 지수값을 보면 BOD, T-P, SS는 1보다 크고, T-N은 1보다 작은 것으로 나타났는데 이는 유량의 증가에 따라 BOD, T-P, SS 농도는 증가하고, T-N 농도는 감소하는 것을 의미한다.

Table 3. Relationship between discharge and load

| Item | L-Q equation | r ² |
|------|------------------------|----------------|
| BOD | $L = 1.8107Q^{1.1246}$ | 0.7099 |
| T-N | $L = 3.0817Q^{0.9474}$ | 0.9325 |
| T-P | $L = 0.1082Q^{1.1178}$ | 0.7830 |
| SS | $L = 41.206Q^{1.4624}$ | 0.8232 |

산정된 유량-부하량 관계식을 이용하여 구한 일 오염부하량은 Fig. 4와 같으며, Table 4는 월별 오염 부하량을 정리한 것이다. 부하량 결과를 보면 역시 유출량에 큰 영향을 받고 있음을 알 수 있으며, 월별 부하량은 강우-유출이 많았던 7월과 8월에 BOD 5,154.2kg, T-N 9,164.7kg, T-P 308.4kg, SS 117,163.2kg로 전체 부하량의 90% 이상이 유출된 것으로 조사되었다. 이는 평상시의 오염부하량이 크지 않은 것으로 보아 대상유역의 점오염원의 부하가 크지 않고 강우시 농경지, 산림 등 비점오염에 의한 기여율이 큰 것으로 판단된다.

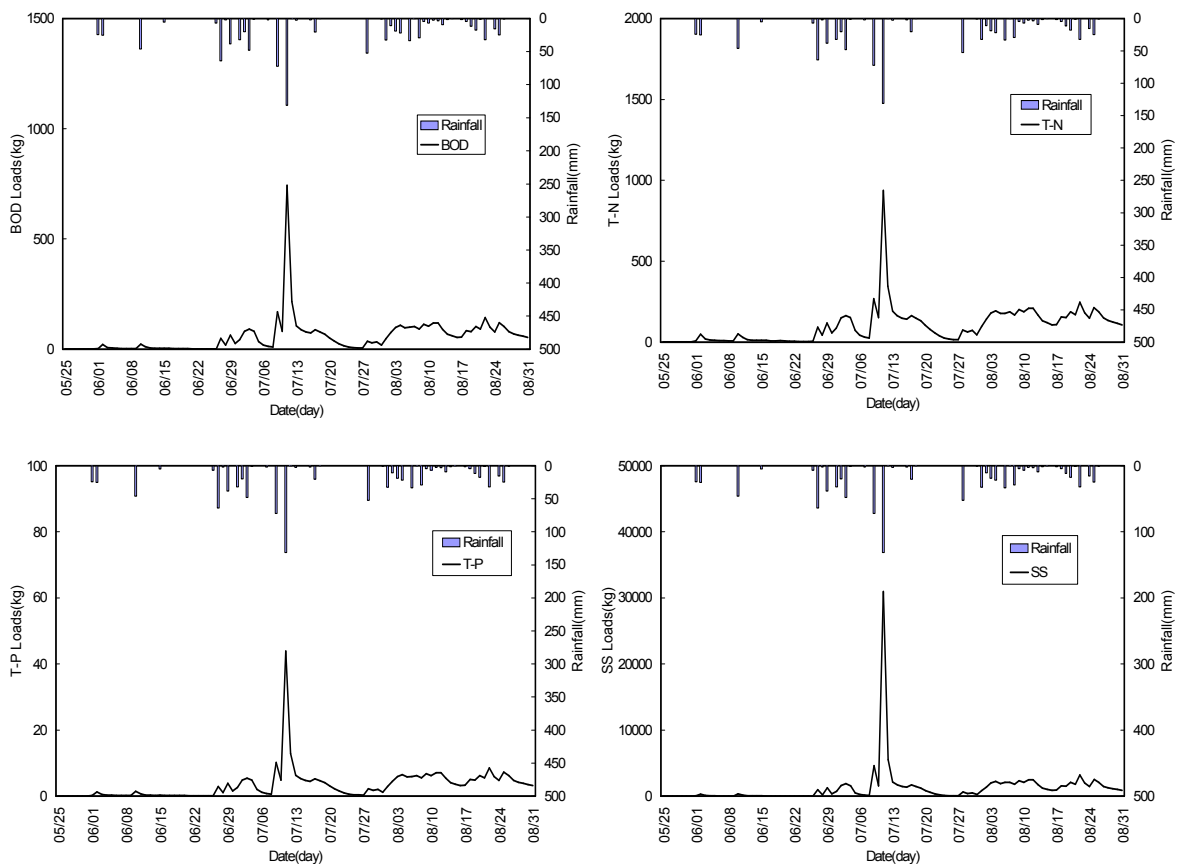


Fig. 4 Daily variation of BOD, T-N, T-P and SS in study area from May to August

Table 4. Monthly Pollutant Loads

| Month | Rainfall (mm) | BOD | | T-N | | T-P | | SS | |
|-------|------------------|---------|-------|--------|-------|-------|-------|-----------|-------|
| | | kg | % | kg | % | kg | % | kg | % |
| MAY* | 0.0 | 3.7 | 0.1 | 13.4 | 0.1 | 0.2 | 0.1 | 22.5 | 0.1 |
| JUN | 211.0 | 278.4 | 5.1 | 648.3 | 6.6 | 16.8 | 5.2 | 4,000.4 | 3.3 |
| JUL | 384.2 | 2,432.4 | 44.7 | 4125.4 | 42.0 | 145.2 | 44.6 | 64,051.5 | 52.8 |
| AUG | 282.2 | 2,721.8 | 50.1 | 5039.3 | 51.3 | 163.2 | 50.1 | 53,111.6 | 43.8 |
| Total | 877.4 | 5,436.5 | 100.0 | 9826.4 | 100.0 | 325.4 | 100.0 | 121,186.1 | 100.0 |

* May : May 25 ~ May 31

IV. 결론

본 연구에서는 비점원 주체의 농촌 소유역에서 유출 부하 특성을 살피기 위하여 현장 모니터링을 실시하였다. 여기서 얻은 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 시험유역에서 조사기간동안의 총강수량은 939.4mm이며, 유출량은 609.8mm로 측정되어, 유출률은 64.9%를 보였다.
2. 정기조사 동안의 BOD, T-N, T-P의 평균농도는 각각 0.93mg/L, 2.75mg/L, 0.058mg/L로 강우기 조사 3.16mg/L, 3.20mg/L, 0.236mg/L보다 낮게 나타났다.
3. 월별 부하량을 보면 7월과 8월에 BOD 5,154.2kg, T-N 9,164.7kg, T-P 308.4kg, SS 117,163.2kg로 전체 부하량의 90% 이상이 유출된 것으로 조사되었다.
4. 평상시의 오염부하량이 크지 않은 것으로 보아 대상유역의 점오염원의 부하가 크지 않고 강우시 농경지, 산림 등 비점오염에 의한 기여율이 큰 것으로 판단된다.

V. 참고문헌

1. 권영호, 한선임, 이준배, 2002. 대청호 유역 오염부하량 산정, 상하수도학회지, 16(5) pp.581-595
2. 김상민, 박승우, 강문성. 2003. 수질 모니터링과 원단위법을 이용한 농업소유역의 오염부하량 추정, 한국농공학회지, 45(3), pp.94~102
3. 김진호, 이종식, 류종수, 이경도, 정구복, 김원일, 이정택, 권순국, 2005. 영농기 농촌 소유역의 비점오염물질 유출 특성, 한국환경농학회, 24(2) pp.72~82
4. 최진규, 손재권, 구자용, 윤광식, 김영주, 2002. 섬진강 수계 추령천 유역의 총질소 및 총인의 유출부하 특성, 한국관개배수지, 9(2), pp.211~218