

한강상류 비점오염 관리지역의 강우시 유출 특성 비교

Comparison of Rainfall-Runoff Characteristic from Non-Point Pollution Priority Management Region in the Upstream of Han River Basin

김태유* 최용훈** 원철희*** 박수영**** 최종대*****

Tae Yoo Kim, Yong Hun Choi, Chul Hee Won, Soo Young Park, Joong Dae Choi

요 지

강원도 홍천군 내면에 위치한 비점오염 관리지역의 강우시 유출 특성을 파악하고, 비교하기 위해 연구를 수행하였다. 2009년 6월부터 2009년 11월까지의 연구기간 중 강우량이 비교적 많은 7회의 강우사상에 대하여 단위면적당 유출량, 유량가중평균농도, 단위면적당 오염부하를 비교하며, 분석하였다. 강우사상별 단위면적당 총 유출량은 저감시설의 설치 유·무에 따라 명확한 경향이 나타나지 않았다. 자운천 유역의 SS, TP의 유량가중평균농도는 각각 4.0 ~ 1440.4 mg/L와 0.024 ~ 0.267 mg/L의 범위로 나타났으며, 덕두원 유역의 SS, TP의 유량가중평균농도는 각각 6.2 ~ 1001.1 mg/L, 0.039 ~ 0.226 mg/L의 범위로 나타났다. 지령골 유역의 SS, TP의 유량가중평균농도는 각각 3.4 ~ 1050.6 mg/L, 0.08 ~ 0.342 mg/L의 범위로 조사되었다. 10차, 11차, 12차, 26차의 SS 항목에서는 비점오염 저감시설이 설치된 자운천과 덕두원 유역에 비해 다소 높은 것으로 나타났으며, TP는 대부분의 강우사상에서 지령골의 유량가중평균농도가 높았다. 자운천의 강우사상에 따른 SS의 단위면적당 오염부하는 0.24 ~ 1,397.85 kg/ha의 범위로 나타났으며, 덕두원과 지령골에서 산정된 SS의 단위면적당 오염부하는 각각 0.06 ~ 1,236.78 kg/ha와 0.29 ~ 894.81 kg/ha로서 8차와 9차 강우사상을 제외한 나머지 강우사상에서는 비점오염 저감시설이 설치되지 않은 지령골에서 더 많은 양이 발생하였다. TP의 경우 자운천과 덕두원 유역의 단위면적당 TP 오염부하는 각각 0.0006 ~ 0.33 kg/ha와 0.0005 ~ 0.21 kg/ha의 범위로 나타났으며, 지령골 유역의 강우사상에 따른 단위면적당 오염부하는 0.003 ~ 0.29 kg/ha의 범위로서 저감시설이 설치된 자운천과 덕두원 유역보다 높게 나타났다. 단위면적당 오염부하에 기초할 때, 비점오염 저감시설이 설치된 소유역에서 SS와 TP 항목에 대한 저감효과가 나타났다. 하지만 짧은 모니터링 기간과 자료의 부족으로 인해 비교 및 분석의 한계가 있다고 판단된다. 본 연구는 지속적인 모니터링으로 더 많은 자료가 확보될 때 비점오염 저감사업의 효과를 극대화시킬 수 있는 방안을 제시 할 수 있을 것으로 사료된다.

key word : NPS, Runoff, FWMC, Pollutant load, Rainfall event

1. 서론

2006년 7월 중순 태풍 에위니아의 집중호우로 발생한 소양강댐의 탁수장기화 현상은 토양유실과 탁수관리에 대한 정부와 국민의 인식을 획기적으로 변화시켰다. 댐 상류유역에서 강우시 발생

* 정회원 ● 강원대학교 지역기반공학과 석사과정 ● E-mail : kisskty1004@nate.com
** 정회원 ● 강원대학교 지역기반공학과 박사과정 ● E-mail : tienjin@nate.com
*** 준회원 ● 강원대학교 환경연구소 ● E-mail : mildbeau@nate.com
**** 정회원 ● 국립환경과학원 한강물환경연구소 ● E-mail : minky915@korea.kr
***** 정회원 ● 강원대학교 교수 ● E-mail : jdchoi@kangwon.ac.kr

하는 토양유실과 탁수는 하천의 수생생태계와 상수원 수질관리에 가장 큰 영향을 미치는 영향인자의 하나로 자리매김하며 농경지와 축산 시설에서 유입되는 비점오염물질에 대한 관리의 필요성이 증대되고 있다.

환경부는 2004년부터 도시, 산업단지, 농촌, 산지 등 다양한 토지이용으로부터 배출되는 비점오염을 적절히 관리하기 위해 “4대강 비점오염원 관리 종합 대책”을 수립하여 국내 강우패턴 및 토지이용 특성에 적합한 비점 오염 저감시설을 개발하고자 4대강 수계에 다양한 비점오염 저감시설을 설치하고 각 시설의 효과와 유지관리 방법을 연구하였다. 이에 따라 2008년 소양호와 도암호 유역을 비점오염원관리지역으로 지정하여 소양호 말단지점의 수질 관리를 위한 비점오염저감사업을 추진하고 있다. 또한 소양강댐의 탁수장기화를 방지하기 위하여 정부는 2007년부터 7년 동안 3,839 억원의 사업비와 1,108 억원의 한계농지 산림복원사업 등 4,947 억원의 예산을 배정하고 사업을 수행하고 있다(환경부, 2008).

그러나 이와 같은 막대한 예산이 투입된 소양강댐의 비점오염물질 저감대책이 얼마나 효율적으로 개발되었으며 이와 같은 대책이 시행되었을 때, 이들 댐의 비점오염물질이 실제로 저감될 수 있는가 하는 점에 대해서는 어떠한 선행연구나 조사·평가가 이루어지지 못하고 있다.

본 연구는 비점오염저감사업이 이루어지고 있는 소양댐 상류 유역에 대한 강우시의 수질오염 농도와 유출특성을 측정하여 비점오염원 저감 효과를 비교·분석하였다. 본 연구 자료는 비점오염저감사업의 효과를 극대화시킬 수 있는 기초자료로 활용할 수 있을 것이다.

2. 연구방법

2.1 연구지역

비점오염원 관리지역의 비점오염저감사업 효과를 분석하기 위한 모니터링 지점은 강원도 홍천군 내면 자운리의 자운천과 조항천에 걸쳐 자운2리에 위치한 자운천 유역, 자운4리에 위치한 덕두원 유역과 지령골 유역으로 총 3개의 유역을 선정하였다. 그림 1은 북한강 수계와 대상유역, 그리고 연구지점을 나타낸 유역도이고, 표에는 3개 소유역의 면적과 토지이용, 그리고 저감시설의 유무를 기록하였다.

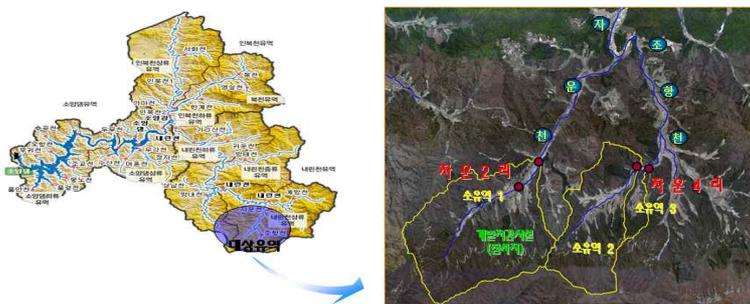


그림 1. 연구지점 유역도

표 1. 연구지점 소유역의 특성

	자운천 유역	덕두원 유역	지령골 유역
면적(ha)	1,307.32	749.0	107.9
토지이용	산림(88.27%), 밭(11.10%)	산림(86.13%), 밭(13.87%)	산림(71.72%), 밭(28.28%)
저감시설유무	유	유	무

2.2 모니터링 방법

유량 산정 방법은 수위와 유속을 측정해 유량으로 환산하고, 수위-유량곡선을 유도하였다. 초음파 수위계를 이용하여 수위를 5분간격으로 측정하고, 측정된 수위는 수위-유량곡선을 이용하여 유량으로 환산하였다. 강우량은 가장 가까운 기상청 자료를 이용하였다. 수질 시료는 강우 시작부터 강우 종료시까지 1시간 간격으로 채수하였으며, 분석항목은 SS, BOD, COD, TOC, TN 그리고 TP 항목을 분석하였다.

비점오염저감시설의 저감효과는 단위면적당 유출량, 유량가중평균농도(FWMC), 단위면적당 오염부하를 비교·분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 단위면적당 유량

모니터링 기간은 2009년 6월부터 2009년 11월까지로 총 32회의 강우사상 중 비교적 강우량이 많았던 7회의 강우사상을 비교·분석하였다.

강우사상별 단위면적당 총 유출량은 저감시설의 설치 유·무에 따라 명확한 경향을 제시하지 못하였다. 이는 짧은 연구기간과 수집된 분석 자료의 한계로 저감시설의 저감효과 분석은 현 상태에서 무리가 따를 것으로 예상되며, 향후 지속적인 연구를 통한 자료의 축적 후 가능할 것으로 판단된다.

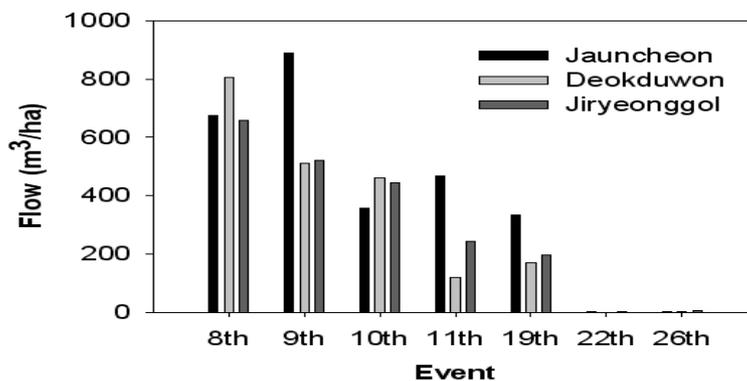


그림 2. 단위면적당 유량

3.2 단위면적당 오염부하

자운천 유역의 강우사상에 따른 SS의 단위면적당 오염부하는 0.24 ~ 1,397.85 kg/ha의 범위로 나타났으며, 덕두원 유역과 지령골 유역의 강우사상에 따른 SS의 단위면적당 오염부하는 각각 0.06 ~ 1,236.78 kg/ha와 0.29 ~ 894.81 kg/ha로서 8차와 9차 강우를 제외한 나머지 강우사상에서 저감시설이 설치되지 않은 지령골 유역에서 더 많은 양이 발생된 것을 알 수 있다.

TP의 경우 자운천 유역과 덕두원 유역의 강우사상에 따른 단위면적당 오염부하는 각각 0.0006 ~ 0.33 kg/ha와 0.0005 ~ 0.21 kg/ha의 범위로 조사되었으며, 지령골 유역의 강우사상에 따른 단위면적당 오염부하는 0.003 ~ 0.29 kg/ha의 범위로서 저감시설이 설치된 자운천 유역과 덕두원 유역보다 높게 나타났다.

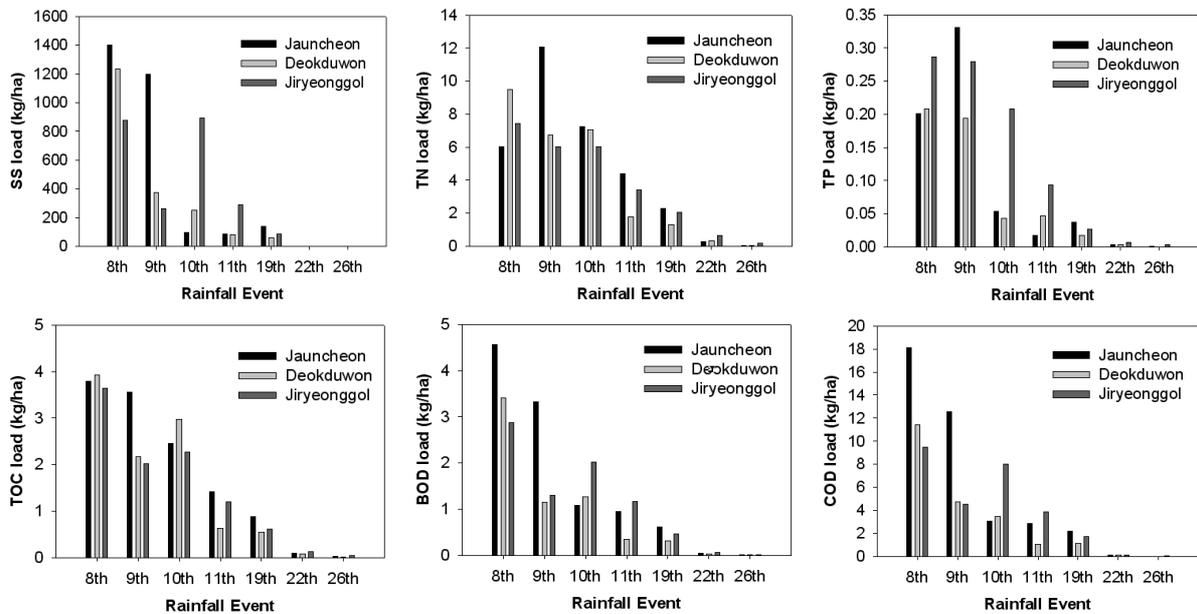


그림 3. 단위면적당 오염부하

3.3 유량가중평균농도(FWMC)

SS 유량가중평균농도는 지령골 유역에서 3.4 ~ 1050.6 mg/L, 자운천 유역에서 4.0 ~ 1440.4 mg/L, 덕두원 유역에서 6.2 ~ 1001.1 mg/L의 범위로 조사되었다. 8차, 9차, 22차를 제외한 강우사상에서 저감시설이 설치된 자운천 유역과 덕두원 유역에 비해 지령골유역의 SS 유량가중평균농도가 다소 높게 나타났다.

TP 유량가중평균농도는 자운천 유역에서 0.024 ~ 0.267 mg/L, 덕두원 유역에서 0.039 ~ 0.226 mg/L, 지령골 유역에서 0.08 ~ 0.342 mg/L로 조사되었으며, 모든 강우사상에서 저감시설이 설치되지 않은 지령골 유역의 TP 유량가중평균농도가 더 높게 나타났다.

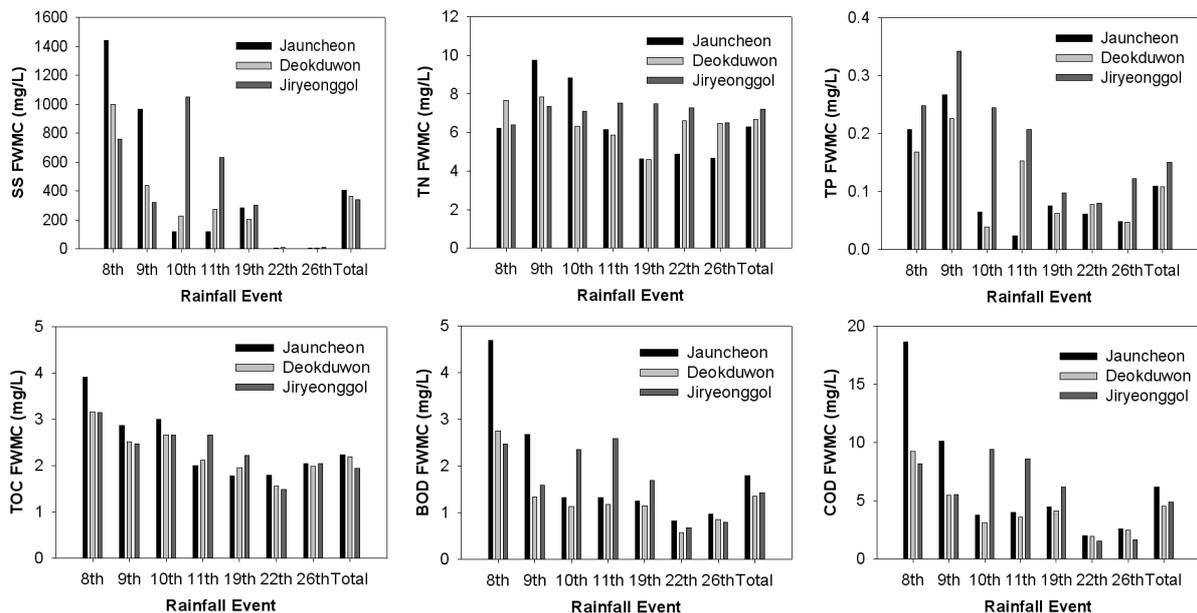


그림 4. 유량가중평균농도(FWMC)

4. 결론

본 연구는 강원도 홍천군 자운리의 3개 소유역을 2009년 6월부터 11월까지 7회의 강우사상에 대하여 유량, 오염부하, 유량가중평균농도를 분석하여 비점오염원 저감시설의 저감효과를 비교·분석하였다.

- 1) 연구기간동안 수행된 7회의 강우사상에 대한 단위면적당 유출량의 비점오염원 비교 및 분석에서 저감시설의 저감효과는 큰 경향을 보이지 않았다.
- 2) 단위면적당 오염부하는 비점오염 저감시설이 설치된 자운천 유역과 덕두원 유역에서 SS와 TP 항목의 저감효과가 관측되었다.
- 3) 유량가중평균농도(FWMC)는 SS와 TP항목이 모든 강우사상에서 저감시설이 설치된 자운천 유역과 덕두원 유역이 더 낮게 나타났다.

본 연구의 자료는 비점오염원 저감 효과를 비교·분석하여 비점오염저감사업의 효과를 극대화시킬 수 있는 기초자료로 활용할 수 있을 것이다.

감 사 의 글

본 연구는 국립환경과학원 한강물환경연구소의 지원을 받아 수행된 연구 결과입니다.

참 고 문 헌

환경부(2008). 비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼