

SWAT을 이용한 수변구역 조성에 따른 낙동강유역의 비점오염원 저감효과 분석

Non-Point Source Mitigation Analysis by Applying Riparian Area in Nakdong River Using SWAT

한건연*, 김동일**, 박경옥***

Kun Yeun Han, Dong Il Kim, Kyung Ok Park

요 지

1990년대 정부는 비점오염원 부하의 심각성을 인식하여 1995년부터 한강, 낙동강, 금강 그리고 영산강 이른바 4대강 유역에 대한 비점오염원의 조사연구사업을 실시하였다. 그러나 비점오염원의 경우 처리시설만으로는 처리하는데 한계가 있다는 특성 때문에 도시지역과 비도시지역에 대한 비점오염원을 관리하기 위한 대책 마련과 제도적 관리방안의 수립이 시급한 실정이었다.

따라서 본 연구는 토지매수가 상수원 수질개선에 미치는 영향 및 효과분석을 하고, 토지매수를 통한 비점오염물질 저감효과 분석을 위해 토지매수에 따른 비점오염원에 의한 오염물질 변화 해석 및 토지매수에 따른 최적 수변녹지대 조성을 위한 식생 효과를 분석 하였다.

수변구역 내의 비점오염물질의 공공수역 유입을 억제하기 위한 방법들 중에서 보편적이고 자연친화적인 방법이 수변구역(riparian buffer strip), 또는 수변완충구역(riparian buffer zone)을 조성하여 관리하는 것이다. 수변구역은 하천유역의 토양, 식물, 동물을 포함하는 시스템으로서 하천흐름을 조절하고, 물을 저장하며, 물에서 유해한 물질을 제거할 뿐만 아니라, 수중 및 육상의 식물과 동물을 위한 서식처를 제공하는 등 수질과 수량 그리고 생태계 측면에서 중요한 지역이라고 할 수 있다.

따라서 현재 낙동강 수계에 수변구역 조성시의 수질개선효과 연구를 수행하였다. 토지매수가 상수원 수질개선에 미치는 영향 및 효과분석을 위해서 SWAT 모형을 적용하여 유량 및 수질모의를 실시하였다. 유역내 수변구역을 조성시 수변구역의 범위가 증가함에 따라 비점오염원의 감소가 크게 나타나고 있었다.

핵심용어 : 토지매수, 유역관리, SWAT, 비점오염원, 수변구역

1. 서론

1998년에는 팔당 등 한강상수원 수질개선대책을 수립하였고 이를 지원키 위한 “한강수계 상수원 수질개선 및 주민지원 등에 관한 법률”에서 수변구역제도를 도입하였다. 또한 2002년에 다른 4대강의 주요 하천 연안 500~1,000m를 “수변구역 (水邊區域)”으로 지정하여 오염물질의 유입을 저감을 통해 각 하천의 수질개선을 도모하고자 하였다. 2004년 국무총리실 수질개선기획단을 중심으로 환경부에서 제시한 비점오염물질 저감 대책이 수립되어 추진하게 되어 국내에서도 본격적으로 비점오염원에 대한 대책에 관심을 가지게 되었다(관계부처합동, 2004).

실제로 현재 4대강 수계별 비점오염원이 차지하는 비율은 BOD를 기준으로 22~37%를 차지하며, 총인과

* 정회원 · 경북대학교 토목공학과 교수 · E-mail : kshanj@knu.ac.kr
** 정회원 · 경북대학교 토목공학과 박사과정 · E-mail : kdi5422@naver.com
*** 정회원 · 낙동강 물환경연구소 연구위원 · E-mail : kopark77@hotmail.com

총질소를 기준으로 할 경우 이보다 비점오염원의 비율이 높아질 것으로 판단되므로 비점오염원의 관리가 필요하다.

수변구역 내의 비점오염물질의 공공수역 유입을 억제하기 위한 방법들 중에서 보편적이고 자연친화적인 방법이 수변구역(riparian buffer strip), 또는 수변완충구역(riparian buffer zone)을 조성하여 관리하는 것이다. 수변구역은 하천유역의 토양, 식물, 동물을 포함하는 시스템으로서 하천흐름을 조절하고, 물을 저장하며, 물에서 유해한 물질을 제거할 뿐만 아니라, 수중 및 육상의 식물과 동물을 위한 서식처를 제공하는 등 수질과 수량 그리고 생태계 측면에서 중요한 지역이라고 할 수 있다.

현재 이러한 토지매수와 수변녹지대 조성의 활성화를 위해서 수변녹지대가 비점오염물질 유입저감과 상수원 수질개선에 미치는 영향을 정량적으로 파악하기 위한 해석기법의 정립이 무엇보다도 필요한 실정이다.

2. 수변녹지의 기능

수변녹지는 다양한 생물의 서식공간이다. 동시에 주변토지에서 발생한 오염물질이 빗물에 섞여 하천이나 호소로 유입하는 과정에서 수질을 정화시키는 수질개선 공간이다. 주거지나 농경지에 인접한 수변구역은 우선 물리적 측면에서 식생 뿌리가 강둑(bank)을 잡아주어 세굴에 저항하여 강둑을 안정화하고, 강가에 그늘을 만들어 적절한 수온을 유지시킨다. 또한 수변구역의 시작부에 있는 초본류는 강우 유출수 중의 오염물질과 부유물을 여과시킨다. 생화학적으로 수목의 뿌리는 지하수에 녹아있는 인, 질소 등 영양염류를 흡수 처리한다. 생태적으로 물가의 관목류는 낙엽을 떨어뜨려 수생 생태계의 에너지 공급원이 되고, 물속에 쓰러진 나무 등지는 귀중한 수생 서식처(cover)를 형성한다. 동시에 이러한 수변림은 야생동물의 귀중한 서식처가 된다.

이외에도 수변녹지는 수질개선에 상당한 효과를 나타내고 있는 것으로 나타나고 있다. 수변녹지에서 우수 유출수와 지하수에 함유된 오염물질 제거효율은 상당부분 수문학적 요소에 달려있다. 부유미립자, 용존영양물, 독성물질 등이 표면유출수에서 효과적으로 제거되기 위해서는 집중된 표면 유출수 흐름보다는 얇은 관 흐름으로 형성되어야 한다. 또한 질산염이 효과적으로 제거되기 위해서는 지하수가 수변녹지를 통과할 때 수변녹지의 뿌리지대 내에서 흐름이 형성되어야 한다. 수변녹지 내 초목은 미립자 포집의 효율을 향상시키기 위하여 표면흐름에 대해 충분히 접촉하여야 하고, 지표에 쌓인 낙엽은 용존 영양소와 독성 물질을 동화하는데 이용될 수 있는 여건에 있어야 한다. 이와 같이 수변녹지가 수질개선에 끼치는 영향은 다양하며, 이에 대한 구체적 사항은 다음과 같다.

3. 수변녹지 조성에 따른 비점오염원저감효과 분석

3.1 SWAT 모형의 특성

SWAT는 시간 간격을 1일로 하여 모의하는 개념적 모형이다. 큰 미계측 유역에서 물, 유사, 화학물질들의 관리 효과를 예측하기 개발된 모형이다.

하도와 저수지를 통과하는 유량 추적, 부가적인 유량의 추가, 관측자료의 입력등에 대한 명령어가 존재하며 추적 명령어 언어를 이용하여 격자 및 소유역으로 나누어 유역을 모의하게 된다.

소유역 성분은 수문학, 기상, 유사, 토양 온도, 작물 성장, 영양물질, 농약, 농업 경영과 같이 여덟 개의 항목으로 구분될 수 있다.

3.2 대상 유역

본 연구에서는 대상유역을 낙동강수계의 5개댐 구역으로 설정하였다. 낙동강수계의 5개댐 유역은 임하댐, 영천댐, 운문댐, 밀양댐, 남강댐 유역이다. 다음 그림 1에 본 연구에 사용한 5개 댐유역의 표고그리드가 잘 나타나 있다.

또한 본 연구에서는 수변녹지의 구성에 따른 비점오염원의 저감효과를 모의하기 위하여 모형의 선정을 실시하였고, AVSWATX를 비점오염원 저감효과 분석을 위한 모형으로 선정하였다. 그리고 수변녹지에 대한 효과를 자세한 모의를 위해 환경부에서 제공한 중분류 토지이용도를 사용하여 각각의 유역에 대해 모의를 실시하고자 한다.

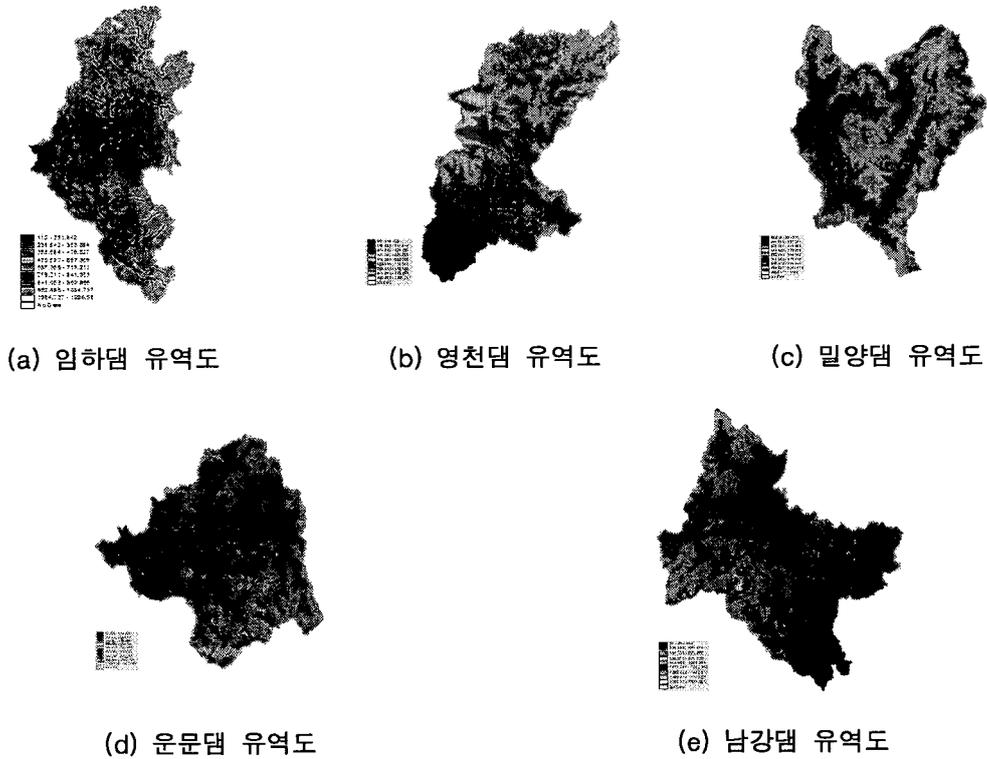


그림 1. 각 대상유역의 유역표고 그리드

3.3 비점오염원 저감효과 분석

본 연구에서는 수변구역 조성시 비점오염원의 저감효과를 분석하여 보았다. 또한 50m, 100m, 300m, 500m로 수변구역의 범위를 변화해가면 모의를 실시하여 보았다.

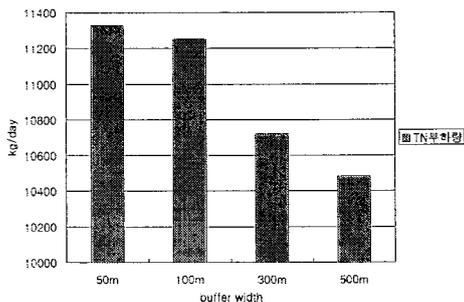


그림 2. 임하댐유역 TN 변동양상

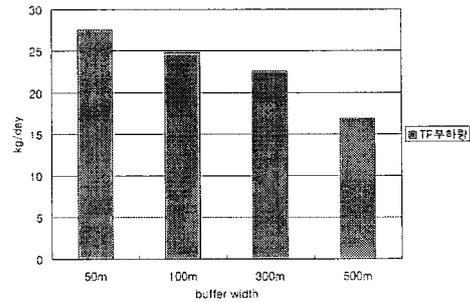


그림 3. 임하댐유역 TP 변동양상

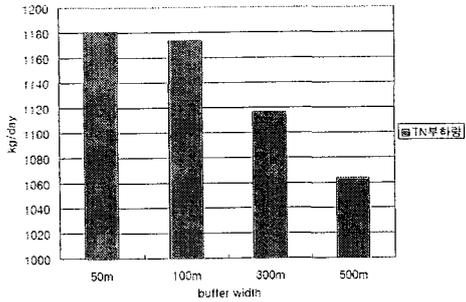


그림 4. 영천댐유역 TN 변동양상

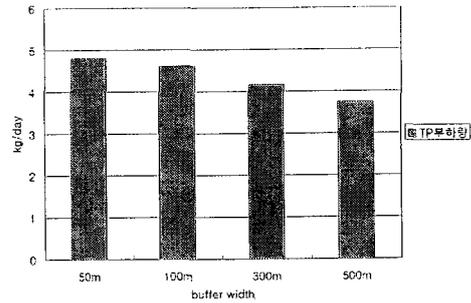


그림 5. 영천댐유역 TP 변동양상

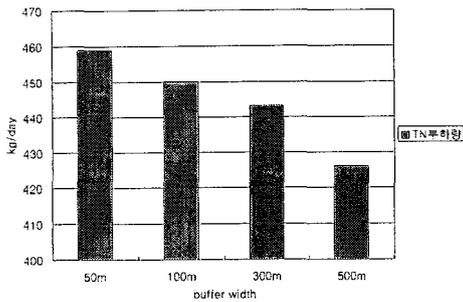


그림 6. 밀양댐유역 TN 변동양상

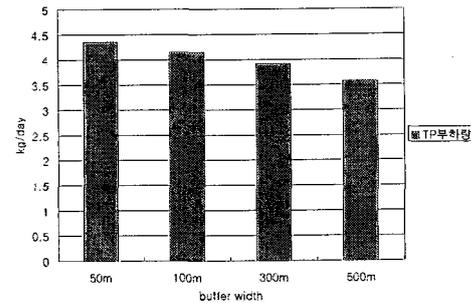


그림 7. 밀양댐유역 TP 변동양상

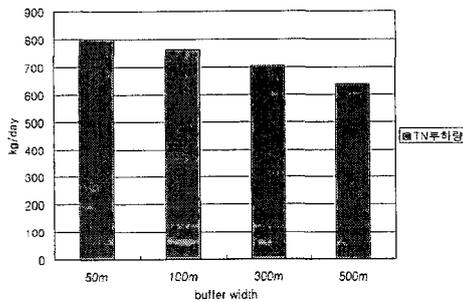


그림 8. 운문댐유역 TN 변동양상

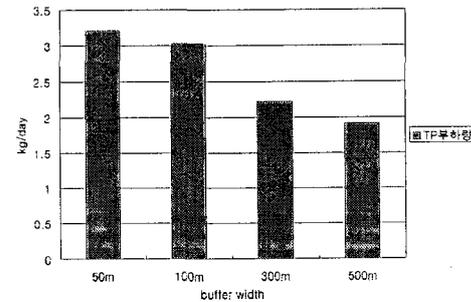


그림 9. 운문댐유역 TP 변동양상

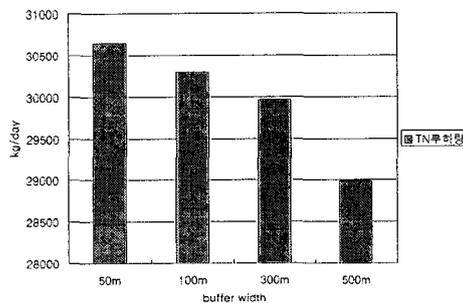


그림 10. 남강댐유역 TN 변동양상

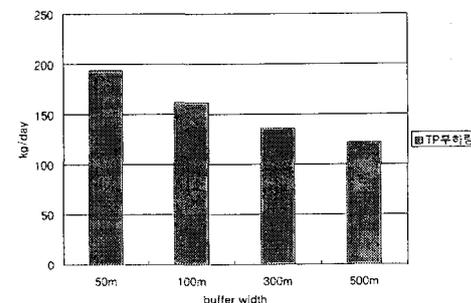


그림 11. 남강댐유역 TP 변동양상

주대상 물질은 TN, TP로 이에 따른 결과는 위의 그림과 같이 나타나고 있다. 단순히 수치상으로도 500m의 buffer width를 가지는 것이 가장 큰 비점오염원 저감효과를 보이고 있다. 그러나 이는 단순히 저감효과만을 따진 것으로 실제 500m의 수변구역을 구성하는 것은 비용상이나 토지매수에 따른 제반문제가 발생할 가능성이 있으므로, 수변구역을 설정할 때는 비용대비 효과에 대한 분석을 실시한 후 구성하는 것이 좋을 것으로 사료된다.

4. 결 론

본 연구에서는 낙동강의 5개담 유역에 대한 수변녹지 조성에 따른 비점오염원의 저감효과 및 수변구역의 범위에 따른 저감효과 분석을 실시하였고, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

○ 토지매수를 통한 비점오염물질 저감효과 분석을 실시하고, 최대한의 상수원 수질개선 효율 도모를 위한 토지매수 접근방법을 제시하였다. 즉, 수량 및 비점오염원의 감소에 미치는 식생의 효과를 파악하기 위하여 식생을 초지 및 삼림 등으로 다양하게 변화시키면서 최적 수변녹지대 검토하였다. 수변구역 범위를 50m, 100m, 300m, 500m 로 변화시키는 시나리오에 따라 비점 오염물질의 변화양상추이를 예측하였다.

○ 수변구역의 변화(50m, 100m, 300m, 500m)에 따른 수질개선효과는 T-N, T-P에 있어서 임하담의 경우 10483.5~11328.2kg/day, 16.9~27.5kg/day로 나타났고, 영천담의 경우 1064.3~1180.7kg/day, 3.7~4.7kg/day, 밀양담의 경우 426.1~458.9kg/day, 3.5~4.3kg/day, 운문담의 경우 636.1~801.4kg/day, 1.9~3.2kg/day, 남강담의 경우 28985.4~30642.7kg/day, 122.1~194.3kg/day로 각각 나타났다.

○ 유역내에 수변구역을 조성시 수변구역의 범위가 증가함에 따라 비점오염원의 감소가 크게 나타나고 있었다. 비점오염원의 저감방안의 하나로 시행되고 있는 토지매수사업을 통한 수변구역의 조성은 수질개선 효과가 있는 것으로 사료된다. 단, 투자비용 대비 수질개선효과의 분석이 요구되며, 철저한 유지관리 및 모니터링 방안이 마련되어야만 그 효과가 지속적으로 증대될 수 있을 것으로 판단된다.

감 사 의 글

본 연구는 2007년도 낙동강 수계 관리위원회 환경기초 조사사업의 「주요 비점오염원 유출 장기모니터링 및 저감기법 연구」에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 우효섭 (2005). "수변완충지대를 이용한 비점오염물질 유입저감과 수변서식처 조성." 한국수자원학회지, 제38권 제3호, pp. 29-33.
2. 환경부 (2001). 한강수변구역관리 기본계획 및 설계 종합보고서.
3. 환경부, 한국건설기술연구원 등 (2006). 수변완충지대 조성 가이드라인(시안)
4. 한국환경정책평가원 (2000). 수질개선을 위한 수변녹지의 조성 및 관리 방안 연구.
5. Belsky, A.J., Matzke, A., and Uselman, S.(1999). "Survey of livestock influence on stream and riparian ecosystems in the western United States." *Journal of Soil and Water Conservation* 54: 419-431
6. National Research Council. "Riparian Areas : Functions and Strategies for Management."
7. US EPA (2001). "Better Assessment Science Integrating Point and Nonpoint Sources." EPA 823/9-01-001, Environmental Research Lab.
8. US EPA (2005). "National Management Measures to Protect and Restore Wetlands and Riparian Areas for the Abatement of Nonpoint Source Pollution" EPA 841/B-05-003, Environmental Research Lab.