

# 임하댐 유역에 대한 비점오염원 해석

## Nonpoint Source Analysis for the Watershed of Imha Reservoir

한건연\* / 박경옥\*\* / 윤영삼\*\*\* / 김동일\*\*\*\*

Kun Yeun Han / Kyung Ok Park / Young Sam Yoon / Dong Il Kim

### 요 지

비점오염원은 특정한 시설이나 장소를 나타내기 보다는 농지에 살포된 비료 및 농약, 대기오염물질 강하물, 축사에서 유출물, 도로상에 쌓인 교통오염물질, 하수관거에서 유출되는 하수 등으로 강우시 빗물과 함께 유출되는 오염물질로 정의되며, 비점오염물질을 발생시키는 곳은 비점오염원으로 규정하고 있다.

비점오염원은 경제활동수준이 증가하고 토지이용이 고도화될수록 수질에 미치는 영향이 커지게 되며, 점오염원의 부하가 줄어들수록 비점오염원에 의한 부하비율은 증가하게 된다. 따라서 비점오염에 대한 체계적인 관리 없이 하천이나 호소 수질을 개선하는 데는 그 한계가 있다. 또한 체계적인 관리 이전에 적절한 비점오염원의 해석이 무엇보다도 중요하므로 본 연구에서는 적절한 비점오염원 모형 검토를 선행하였다. 가용 자료의 존재 여부 및 해석 시 사용하는 방정식 등을 고려하여 선정된 모형은 USDA-ARS(US Department of Agriculture-the Agricultural Research Service)에서 개발된 SWAT 모형으로 본 연구에 이용되었다.

SWAT 모형에 이용되는 자료는 크게 유역자료, 강우자료, 기상자료, 검정에 이용되는 유량 및 오염물질 농도로 분류될 수 있다. 본 모형에 이용되는 광범위한 자료를 수집하여 해석을 수행하였다. 비점오염원 해석의 검보정을 위해 점오염원의 영향이 크지 않은 소유역 유출지점을 선정하여 해석하여 비교적 합리적인 결과를 도출하였다. 차후 연구에서 보다 합리적인 해석을 위해 데이터베이스의 재검토가 절실한 것으로 판단된다.

### 핵심용어 : 비점오염원, SWAT

## 1. 서 론

비점오염원은 특정한 시설이나 장소를 나타내기 보다는 농지에 살포된 비료 및 농약, 대기오염물질 강하물, 축사에서 유출물, 도로상에 쌓인 교통오염물질, 하수관거에서 유출되는 하수 등으로 강우 시 빗물과 함께 유출되는 오염물질로 정의되며, 비점오염물질을 발생시키는 곳은 비점오염원으로 규정하고 있다.

점오염원은 배출지점이 명확하여 제어하기 쉽고, 처리에 비용효율이 높는데 반해, 비점오염원은 배출지점이 유역전체에 걸쳐있어 제어가 어렵고 제어를 한다고 해도 일정한 처리효과를 얻기 위해 장시간이 소요되며 강우량에 따라 유입량이 크게 변동되어 일정한 처리효과를 얻기가 힘든 단점이 있어 많은 어려움이 있다.

비점오염원의 이러한 특성으로 인해 수계에 미치는 영향을 정확히 산출할 수는 없으나, 3대강 수계에 대한 오염부하는 BOD를 기준으로 전체의 22~37%에 이르는 것으로 추정되며, 하천 및 호소 부영양화의 주원인물질인 총질소(T-N), 총인(T-P)을 기준으로 할 경우 그 비율은 훨씬 높아질 것으로 판단된다.

하수, 오폐수 등 점오염원은 산업의 발달 등으로 발생량은 지속적으로 늘어나지만 배출허용기준 강화,

\* 정회원-경북대학교 공과대학 토목공학과 교수 E-mail : kshanj@knu.ac.kr

\*\* 정회원-경북대학교 공과대학 토목공학과 박사과정 E-mail : kopark77@hotmail.com

\*\*\* 낙동강 물환경 연구소 연구사 ysyoons3@me.go.kr

\*\*\*\* 경북대학교 공과대학 토목공학과 석사과정 E-mail : kdl5422@hotmail.com

환경기초시설 설치·운영 등으로 하천오염에 영향을 미치는 부하량은 점차 감소하고 있다. 그러나 비점오염원은 경제활동수준이 증가하고 토지이용이 고도화될수록 수질에 미치는 영향이 커지게 되며, 점오염원의 부하가 줄어들수록 비점오염원에 의한 부하비율은 증가하게 된다. 따라서 비점오염에 대한 체계적인 관리 없이 하천이나 호소 수질을 개선하는 데는 그 한계가 있다.

또한 체계적인 관리 이전에 적절한 비점오염원의 해석이 무엇보다도 중요하므로 본 연구에서는 적절한 비점오염원 모형 검토를 선행하였다. 가용 자료의 존재 여부 및 해석 시 사용하는 방정식 등을 고려하여 선정된 모형은 USDA-ARS(US Department of Agriculture-the Agricultural Research Service)에서 개발된 SWAT 모형으로 본 연구에 이용되었다.

SWAT 모형에 이용되는 자료는 크게 유역자료, 강우자료, 기상자료, 검정에 이용되는 유량 및 오염물질 농도로 분류될 수 있다. 본 모형에 이용되는 광범위한 자료를 수집하여 해석을 수행하였다.

## 2. SWAT 기본 방정식

SWAT 기본 방정식은 식 (1)과 같은 물수지 방정식에 기초한다.

$$SW_t = SW + \sum_{i=1}^t (R_i - Q_i - ET_i - P_i - QR_i) \quad (1)$$

여기서  $SW$  는 토양 함수율에서 압력 15 바에서의 함수율을 뺀 값이고,  $R$  ,  $Q$  ,  $ET$  ,  $P$  ,  $QR$  은 각각 일강우량, 일 유출량, 일 증발산량, 일 침투량, 일 회귀수량을 나타낸다. 모든 단위는 mm로 나타낸다. 연속 물수지 식을 취하기 있기 때문에 복잡한 유역은 다양한 작물, 토양 등에 대한 증발산량에서의 차이를 반영하기 위해서 소유역으로 구분된다. 유출량은 소유역에 대해서 달리 예측하게 되고 유역에 대한 총 유출량을 구하기 위해서 추적하게 된다. 유출량 계산을 기반으로 하여 유사량 및 오염물질 해석하게 되는데 특히 비점오염원 해석에서 다른 타 모형보다 우수한 것으로 보고되었다.

## 3. 국내 하천에의 적용

### 3.1 대상유역

낙동강 전유역 면적 23,702.02km<sup>2</sup> 중 1,975.77km<sup>2</sup>를 차지하는 임하댐 유역도는 그림 1과 같다. 그림 1에서 보는 바와 같이 임하댐 유역은 총량 단위유역 반변 A, 반변 B, 길안 A, 용전 A를 포함하고 있으며, 영양분노처리장 및 청송분노처리장과 같은 환경기초시설, 하천수 수질측정망 반변천1, 반변천2, 용전천1, 용전천2를 가지는 유역이다. 본 연구의 목적인 적절한 비점 오염원 해석은 크게 두 가지 단계로 정리할 수 있다. 첫 번째 과정이 부하되는 오염물질을 움직이게 할 수 있는 유량의 적절한 해석이고, 두 번째 과정이 유량에 의해서 이송되는 오염물질의 해석이라 할 수 있다. 적절한 유량 해석 목적을 위해서 검·보정하는 지점은 그림 2의 임하댐 지점으로 선정하였으므로 임하댐에 유입되는 유역만 고려하였다. 임하댐 유역에 직접적으로 관여하는 유역 형상은 그림 5.47에서 보는 바와 같이 표고가 표현된 곳만 선정하여 해석하였다. 포함된 총량 단위 유역은 반변 A, 용전 A가 포함되며 반변 B가 일부 포함되고 있다.



그림 1. 임하댐 유역

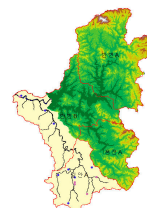


그림 2. 비점 오염원 해석이 이용된 유역도



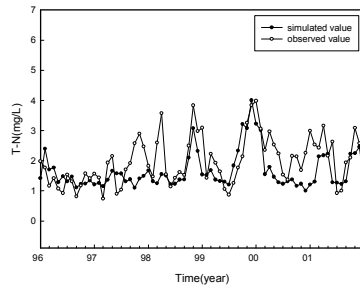


그림 8. 용전천-2 지점의 T-N

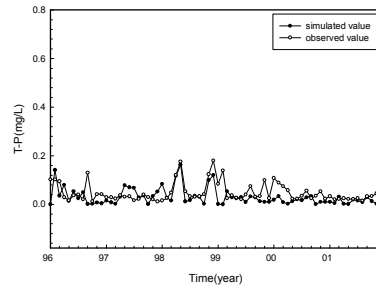


그림 9. 용전천-2 지점의 T-P

#### 4. 결론

적절한 총량규제를 위해서는 점 오염원의 관리에 앞서 비점오염원 양에 대한 고려가 필요하다. 최근 하폐수 처리 시설을 증가함에도 불구하고, 수질에서는 더 이상의 개선이 없는 근본적인 원인이 비점오염원 문제라고 하겠다. 본 연구에서는 비점오염원 모형에 우선으로 SWAT 모형을 선정하여 실제로 낙동강 일부 유역에 적용하여 비점오염원 산정을 수행하였다. 산림 지역인 임하댐 유역을 바탕으로 유량을 계산한 후 이를 바탕으로 점오염원을 제외하고 토양에서 나오는 비점오염원량을 산정하였다.

오염 총량 규제 목적으로 총량 단위 유역을 기반으로 하는 것이 정상이나 환경기초조사 사업이 2004 ~ 2005년에 진행 중인 사업이라 기간이 짧은 단점이 있어 사업에 이용된 측정지점을 검·보정에 사용하지 않았다. 그러나 충분한 자료의 축적이 이루어진다면 비점 오염원 산정이 용이해 질 것으로 사료된다. 또한 모형의 수행을 위해서 유역 정보에 관한 상당한 분량의 정보가 필요하다. 단적으로 토양도 및 토지 이용도, 강우 자료 등 자료의 수집기간에 어려운 문제점이 있는 것으로 확인되었으므로 총량규제에 관한 보다 충실하게 구성된 Database의 구성이 필요한 것으로 사료된다. 수질 측정뿐만 아니라 총량규제 목적을 위해서 점 오염원에 관한 시계열 자료 및 위치 자료가 절실히 필요하다.

이용가능한 자료가 충분치 못한 상태에서 검보정을 통하여 실측치와 근사하게 모의되었지만 더 개선된 결과를 위해서 위에서 지적한 문제를 극복한다면 보다 정확한 비점 오염원 관리가 이루어 질 것으로 판단된다.

#### 감사의 글

본 연구는 낙동강 수계 관리위원회 환경기초 조사 사업의 「낙동강 유역에 적합한 수질예측 모델 개발」에 의해 수행되었습니다.

#### 참고문헌

1. 한국환경정책평가원 (1994). 낙동강수계에서의 총량규제방안에 관한 연구.
2. 한국환경정책평가원 (2004). 대구광역시 낙동강 오염총량관리 기본계획.
3. Arnold, J. G., Williams, J.R., Srinivasan, R., and King, K. W.(1994). "SWAT: Soil and water assessment tool." U.S. Dept. of Agriculture, Agricultural Research Service, Temple
4. Tex.Neitsch, S. L., Arnold, J. G., and Williams, J.R.(1999). Soil and water assessment tool : User's manual - Version 98.1, Agricultural Research Service, Temple, Tex.