

# 조만강 유역의 오염물질 거동 예측을 위한 SWAT 모형의 매개변수 민감도 분석

## Parameter Sensitivity Analysis of SWAT Model for Prediction of Pollutants Fate in Joman River Basin

강덕호\* · 김태원\*\* · 김영도\*\*\* · 권재현\*\*\*\*

Kang, Deok Ho · Kim, Tae Won · Kim, Young Do · Kwon, Jae Hyun

### Abstract

The SWAT(Soil and Water Assesment Tool) is a relatively large scale model for the complicated watershed or river basin. The model was developed to predict the effect of land management practices on water, sediment and agricultural chemical yields in large complex watershed with varying soils, land use and management conditions over long periods of time. Usually streams are divided into urban stream and natural stream in accordance with the development level. In case of urban stream, according to urbanization, as impermeable areas are increasing due to the change of land use condition and land cover condition, dry stream phenomenon at urban stream is rapidly progressed. In this study, long term run-off simulations in urban stream are performed by using SWAT model. Especially, the model is applied in small scale water shed, Joman River basin. The optimization by the sensitivity analysis is also performed for the model parameter estimations.

**Key words** : long term run-off, sensitivity analysis, SWAT

SWAT(Soil and Water Assesment Tool) 모형은 장기간에 걸친 토양과 토지이용 및 관리 상태에 따라 복잡하게 반응한 대규모 유역의 물과 토사유출 및 농업화학물질로 인해 실제 토지관리가 수환경에 끼치는 영향을 예측하기 위하여 개발되었다. 일반적으로 하천은 유역의 개발 정도에 따라 도시하천과 자연하천으로 나뉘며 도시하천의 경우 도시화가 진행됨에 따라 토지이용상태 및 토지피복상태의 변화로 불투수면적이 증가함에 따라 도시하천의 건천화가 급속도로 진행된다. 본 연구에서는 장기유출모의가 가능한 SWAT 모형을 이용하여 도시하천의 유출량을 모의하고 특히 유역의 규모가 작은 소유역의 SWAT 모형의 적용성을 제시하고자 한다. GIS와 연계한 SWAT 모형을 이용하여 조만강 유역을 모의하였고, 모형의 민감도 분석을 통해 매개변수를 최적화시킴으로서 모델의 신뢰도를 평가하고자 하였다.

## 1. 서 론

현재 국내 하천은 지속적인 관리에도 불구하고 유역에서 수계의 수질은 지속적으로 악화되고 있는 실정이다. 비료와 농약 등 토양오염 물질과 도시화 및 자동차의 증가에 따른 각종 대기오염 물질의 증가로 강우시 유출되는 오염물질로 인하여 수질이 악화되는 영향이 상대적으로 크다. 가정 하수와 공장 폐수 등으로부터 유입되는 점오염원은 수계로의 유입 지점을 파악할 수 있고 유입량과 유입수질에 있어서 변화의 폭이 적으며 비교적 지금까지 많은 연구가 수행되어 제어 및 대책방법이 비교적 명확하다. 이에 반해 개발 지역의 토

---

\* 비회원 · 인제대학교 환경공학부 · 석사과정E-mail: [mirea-fighting@hanmail.net](mailto:mirea-fighting@hanmail.net)  
\*\* 비회원 · (주)웹솔루스 수자원부 · 이사  
\*\*\* 정회원 · 인제대학교 환경공학부 · 조교수  
\*\*\*\* 비회원 · 인제대학교 환경공학부 · 교수

사, 농경지의 농약과 비료, 도시에서 지표면 오염물의 하천유입 등 토지이용에 따른 비점오염원은 오염 물질의 발생과 하천으로의 유입 지점을 인지하기 어렵고, 부하량과 수질에 있어서 변화가 매우 크며, 강우 또는 하천 유량과 같은 수문학적 요인과 깊은 관련이 있다. 특히 도시화가 진행되고 있는 지역에서는 집수유역이 대부분 침투가 거의 이루어지지 않는 지붕, 도로, 보도, 주차장 등의 불투수면으로 포장돼 침투유량과 총유출량이 증가하게 된다. 도시화가 침투유량에 미치는 영향을 분석한 결과 불투수층이 1% 증가함에 따라 침투유량이 1~2.6%증가하는 것으로 보고되고 있다. 따라서 본 연구에서는 비점오염원의 정량화를 실시하여 비점오염원 관리를 용이하게 하고자 하는 것이 목적이다.

## 2. 본 론

### 2.1 대상유역현황

체로 북에서 남으로 흘러 서낙동강으로 합류하는 지방2급 하천으로서 유역면적은 175.36 km<sup>2</sup>, 하천연장은 19.80 km, 형상계수는 0.447로서 행정구역상 김해시 주촌면과 풍류동 일부에 포함되어 있다.

표 1. 하천수계현황

하천명	유수의 계통			하천 등급	하천 연장 (km)	유역 면적 (km <sup>2</sup> )	하천구간	
	본 류	제1 지류	제2 지류				기 점	종 점
조만강	서낙동강	조만강	-	지방 2급	19.80	175.36	경상남도 김해시 주촌면 덕암리	부산시 강서구 생곡동 서낙동강 합류점

\*참고자료 : 2003년 하천일람, 2002, 건설교통부

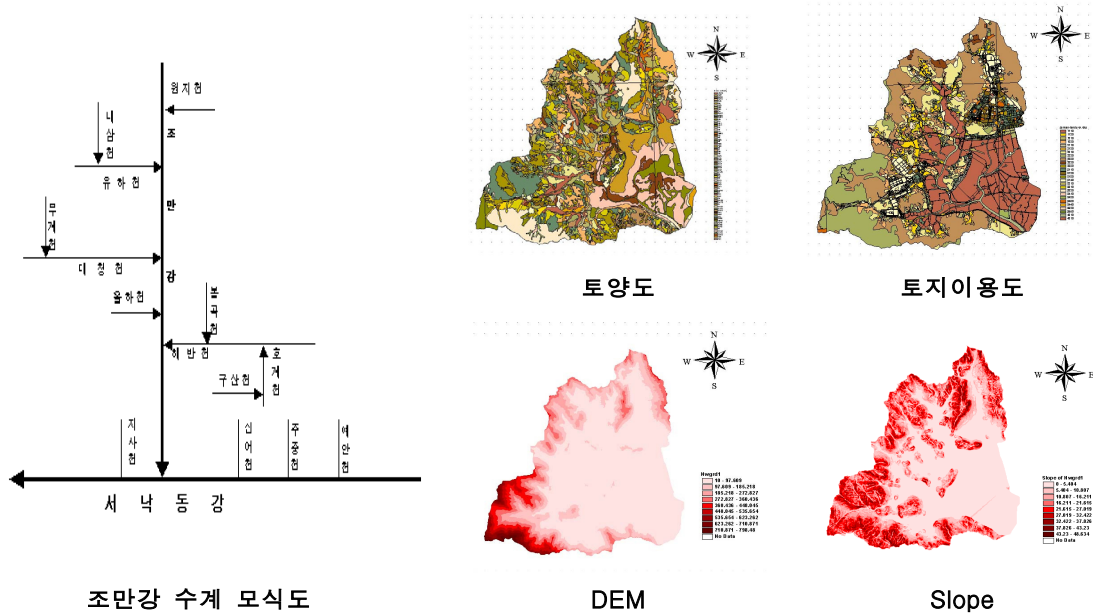


그림 1. 조만강 유역 현황

### 2.2 수질측정

조만강 유역 내 인구는 약 32만 여명으로 추정되고, 김해지역의 농업용수 대부분이 조만강으로 배수됨으로써, 이 같은 현상이 계속되면 조만강 수질이 악화될 것이며 나아가 낙동강 하구 연안 오염에도 영향을 미치기 때문에 조만강 수질관리를 위한 분석과 대책이 시급한 실정이다.

민감도 분석 및 보정 자료는 2005년 1월 ~ 12월 까지 부산시 이행평가 자료를 사용하였고, 검증 자료로는 2006년 5월 ~ 12월까지 8일 간격으로 김해시 낙본N 단위유역 오염총량관리 시행계획의 이행평가의 일환으로 수행한 자료를 사용하였으며, 환경부 수질공정시험방법에 준하여 분석하였다. 수질분석용 시료는 polyethylen병에 보관하여 ice box에 넣어 실험실로 운반하여 냉장 보관하면서 즉시 실험하였다. BOD5를 측정하기 위하여 시료를 실험실로 옮겨 즉시 증류수로 3배, 4배, 5배로 희석 시켜 충분히 폭기 하였다. 시료를 BOD병에 넣은 후 수질공정시험법에 준하여 초기 DO 농도를 측정하고, 20℃에서 5일간 배양시킨 후 DO 농도를 측정하여 BOD5를 구하였다. 총질소(TN : total nitrogen)는 시료 중 질소화합물을 알칼리성 과황산칼륨의 존재 하에 120℃에서 유기물과 함께 분해하여 질산이온으로 산화시킨 다음 산성에서 자외부 흡광도(220nm)를 측정하여 질소를 정량하였다. 총인(TP : total phosphorus)은 시료중의 유기물을 산화 분해하여 모든 인 화합물을 인산염(PO4) 형태로 변화시킨 다음 인산염을 아스코르빈산환원 흡광광도법(880nm)으로 정량하여 농도를 구하였다.

표 2. 수질항목별 측정방법

측정항목	단위	분석방법	비고
생화학적산소요구량(BOD5)	mg/L	잉클러-아지드화나트륨 변법	수질공정시험방법 제4장 제5항
총질소(TN)	mg-N/L	자외선 흡광광도법 (알칼리성 과황산칼륨법)	수질공정시험방법 제4장 제14항
총인(TP)	mg-P/L	흡광광도법 (아스코르빈산 환원법)	수질공정시험방법 제4장 제17항

\*참고자료 : 수질오염공정시험방법, 2004, 환경부

### 2.3 모형 입력자료 구축

SWAT 모형은 미국 농무성의 농업연구소의 Jeff Arnold (1994)에 의해 개발된 유역모형으로서 대규모의 복잡한 유역에서 장기간에 걸친 다양한 종류의 토양과 토지이용 및 토지관리 상태에 따른 물과 유사 및 농업화학물질의 거동에 대한 토지관리 방법의 영향을 예측하기 위하여 개발되었다. SWAT 모형은 유역내의 기상, 토양특성, 지형, 식생과 토지관리방법 등에 대한 구체적인 정보를 입력 자료로 사용하여 유출량을 계산한다. 소유역 성분은 수문학, 기상, 유사, 토양 온도, 작물 성장, 영양물질, 농약, 농업 경영과 같이 여덟 개의 항목으로 구분될 수 있다.

SWAT 모형 구축을 위해 DEM(30m×30m)과 토지이용도(1:25,000), 정밀토양도(1:25,000) 등의 GIS 자료를 구축하였으며, 하천 생성을 위한 최소 배수면적(임계면적)은 200 ha로 설정하고, HRU 생성을 위한 토지이용과 토양특성 임계면적 비율은 10 %로 설정하였다. 또한 증발산량 산정에 필요한 기상자료는 김해공항 기상관측소 자료를 활용하였으며, 태양복사량 자료는 기상관측소에 관측 자료가 없어 국가수자원 종합정보시스템(WAMIS)에 있는 일사량을 사용하여 모형에 적용하였다.

### 2.4 모형의 적용

조만강 유역내 환경기초시설 방류 유량 및 수질을 입력함으로써 단위유역 내의 점오염원에 의한 부하량을 고려하여 SWAT 모형의 수행을 실시하였다.

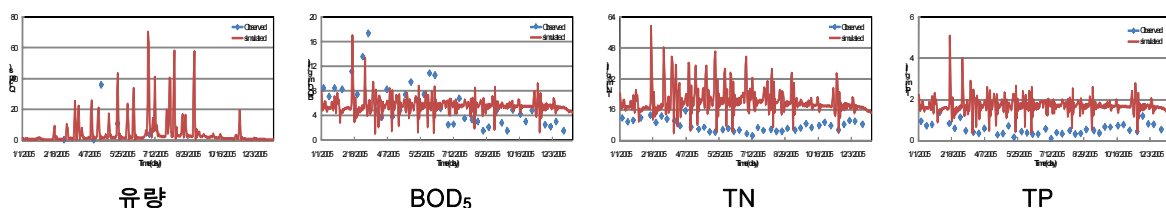


그림 4. 조만강 유량 및 수질 최종 결과(2005년)

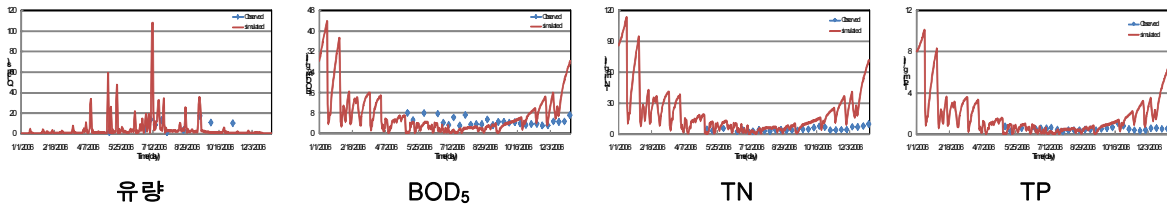


그림 5. 조만교 유량 및 수질 최종 결과(2006년)

### 3. 결 론

본 연구에서는 비점오염원의 정량화를 실시하기 위해 SWAT 모형을 사용하였다. SWAT 모형에 의한 비점오염부하량 해석시에는 환경기초시설의 방류량을 반영하여 점 및 비점오염원을 정량화하였다. 비점오염원 정량화 방법은 하천 수질과 검·보정 한 결과를 바탕으로 점오염원을 제거함으로써 수행될 수 있다. 조만강 유역에서의 비점오염원 정량화를 수행함으로써 비점오염 관리에 적절한 대안이 될 수 있을 것으로 사료된다.

### 감사의 글

본 연구는 2006년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행 되었습니다(KRF-2006-331-D00595).

### 참고문헌

1. 김철겸, 김남원 (2005) “충주댐 상류유역의 유사 및 영양물질 모의 발생”.
2. 신문주 (2006). “SWAT 모형을 이용한 안양천 유역의 유량확보와 수질개선에 대한 방안” 서울대학교 학위 논문.
3. 서낙동강관계기관합동 (2005) “서낙동강수질개선종합대책”.
4. 국립환경연구원 (2004) “수계오염총량관리기술지침”,
5. 경남발전연구원 (2006) “낙동강수계 낙본N 단위유역 경상남도 김해시 오염총량관리 시행계획 수립 연구”.
6. 한건연, 박경옥, 윤영삼, 김동일 (2007) “낙동강유역에서의 SWAT모형 적용을 통한 비점오염원 정량화”.