

유역내 유출 및 수질자료의 장기적 변화 파악을 위한 SWAT 모형의 적용

Application of SWAT Model for the Detection of Long-term Change of Runoff and Water Quality Data in a Watershed

박성천*, 진영훈**, 양동현***, 김재형****

Sung-Cheon Park, Young-Hoon Jin, Jae-Hyung Kim

요 지

본 연구는 SWAT모형을 이용하여 지석천유역의 토지이용 및 토지피복상태에 따른 유출량 및 수질을 모의해 보았다. 대상지점은 유출량 및 수질 실측자료의 수집이 용이한 지석천유역의 말단부의 남평지점을 대상지점으로 선정하였다. 남평지점의 2002~2005년 일별 유출량 및 8일 간격 수질측정 자료와 지석천유역내에 위치한 나주댐의 방류량자료를 바탕으로 2002년 자료를 활용하여 모형의 보정을 실시하였으며, 2003~2005년 자료를 사용하여 검정을 실시하였다. 또한 세밀한 모의를 위해 지석천유역에 해당하는 나주시와 화순군의 1차 오염총량관리 시행계획 보고서를 활용하여 점오염원의 유입조건을 추가 하였다.

SWAT 모형에 의한 모의결과 유량자료에 대해서는 실측자료와 모의값이 유사한 결과를 나타내고 있으나, 수질자료에 대한 모의결과는 유량자료에 대한 결과와 비교하여 상대적으로 높은 오차를 포함하고 있는 것으로 모의되었다. 이는 대상유역 내에 산재해 있는 점오염원 자료의 보다 정확한 확보와 입력에 의해 보완되어 질 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 본 연구의 대상지점인 남평지점의 유출량 및 수질자료 모의를 위하여 SWAT 모형의 적용성이 타당한 것으로 판단된다.

핵심용어 : 유출량, 수질, SWAT(Soil and Water Assessment Tool)

1. 서 론

일반적으로 하천의 유출량 및 수질은 토지이용 및 토지피복상태에 따라 유출량 및 수질에 큰 차이를 보이게 된다. SWAT(Soil and Water Assessment Tool) 모형은 대규모의 복잡한 유역내에서 다양한 종류의 매개변수 및 장기간에 걸친 입력자료에 따른 유량과 유사 및 화학물질의 거동까지 예측할 수 있는 분포형 모형이다. 따라서 본 연구에서는 장기유출 및 수질모의가 가능한 SWAT 모형을 이용하여 대상지점의 유출량과 수질자료를 모의하였으며, 그 결과를 실측값과 비

* 정희원 · 동신대학교 토목공학과 교수 · E-mail : psc@dsu.ac.kr
** 정희원 · 동신대학교 공업기술연구소 연구교수 · E-mail : nmdrjin@gmail.com
*** 정희원 · 동신대학교 토목공학과 박사과정 · E-mail : miziri@nate.com
****정희원 · 동신기술개발주식회사 전무이사 · E-mail : cis1217@chol.com

교하여 SWAT 모형의 적용성을 검토하였다.

2. 이론적 배경

SWAT모형은 미국 농무성 농업연구소에서 개발한 연속모형으로서 장기간 동안의 다양한 토양도와 토지이용 및 토지관리 상태에 따른 유출과 유사 및 오염물의 거동에 대한 토지관리 방법의 영향을 예측하기 위해 개발되었다.

SWAT모형에서 모의되는 수문순환은 다음 물수지 방정식에 기초하며 다음과 같다.

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=1}^t (R_i - Q_{surf} - ET_i - W_{seep} - Q_{gw})$$

여기서, SW_t : 최종일의 토양수분량(mmH_2O), SW_0 : i일의 초기토양수분량(mmH_2O), t : 시간(일), R_{day} : i일의 강수량(mmH_2O), Q_{surf} : i일의 지표유출량(mmH_2O), E_a : i일의 증발산량(mmH_2O), w_{seep} : i일의 토양면에서 투수층으로 투수되는 총량(mmH_2O) 이다.

3. 대상유역 현황

지석천은 영산강 권역의 영산강 수계에 속하며, 영산강의 제 1지류이다. 국가하천과 지방 2급 하천으로 나누어져 있다. 지방 2급 하천은 화순군 이양면에서 발원하여 이양면, 청풍면, 춘양면 경계 지점을 지나면서 국가하천으로 바뀌며, 나주시 금천면에서 영산강과 합류한다. 유로연장과 하천연장 및 유역면적은 표 1.과 같다

본 연구에서는 모형의 정확성을 판단하기 위하여 최종유출구를 영산강과 합류지점인 금천지점으로 하지 않고 실측유량 및 오염부하량 자료수집이 용이한 남평지점을 최종유출구로 사용하였다.

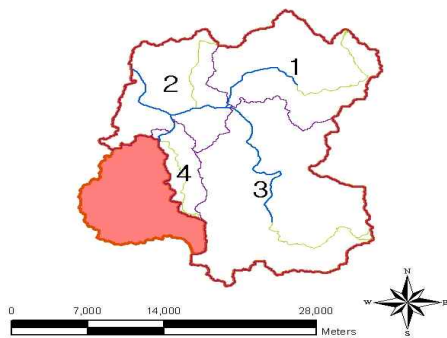


그림 1. SWAT로 구분한 유역도

	유로연장 (km)	하천연장 (km)	유역면적 (km^2)
국가 하천	53	34	662.35
지방2급 하천	19	15	141.36

표 1.지석천 유역의 현황

4. 입력자료

4.1 지형자료

하천망 생성 및 소유역분할, 하천길이, 유역경사등 지형학적 자료로 사용되는 DEM을 1:25000수치 지도를 이용하여 등고선과 표고점을 추출하여 30m × 30m의 DEM(Digital Elevation Map)자료를 생성하여 사용하였다. 토지이용도는 환경부에서 제공한 1:25,000의 자료를 사용하였으며, 주거지,

는, 상업지역 등등 SWAT모형에서 요구하는 23가지로 분류 입력자료로 구성하였다. 또한 SWAT 모형에서 토양의 물리적, 화학적 특징을 결정하는 중요한 자료인 토양도는 한국토양정보시스템에서 제공하는 정밀토양도를 사용하였다.

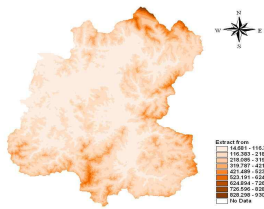


그림 2. DEM

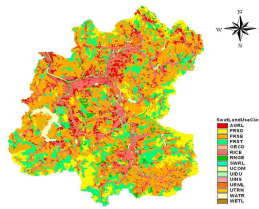


그림 3. 토지이용도

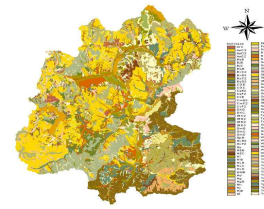


그림 4. 토양도

4.2 기상자료

SWAT모형에서는 강우, 일사량, 최고-최저기온, 태양복사량, 상대습도 등을 사용하여 수문현상을 모의한다. 본 연구에서는 강우의 경우 광주기상청 자료와 나주댐, 능주, 동면, 봉황, 청풍 강우 관측소의 자료를 사용하였으며 강우를 제외한 기상자료는 광주기상청의 자료를 사용하였다. 기상자료의 적용기간은 2002년자료부터 2005년자료를 사용하였다.

4.3 오염부하량자료

SWAT모형은 토지이용도를 입력자료로 이용함으로써 비점오염에 대한 오염부하량을 모의하는 반면, 점오염원에 대한 모의는 유역내에 소구역별로 개별적으로 입력해주어야한다. 본 연구에서는 지석천유역에 포함된 나주시와 화순군의 오염총량관리제도 기본계획에 작성된 점오염원 자료를 이용하여 점오염부하량을 모의하였다.

5. 결과

5.1 유출량 모의결과

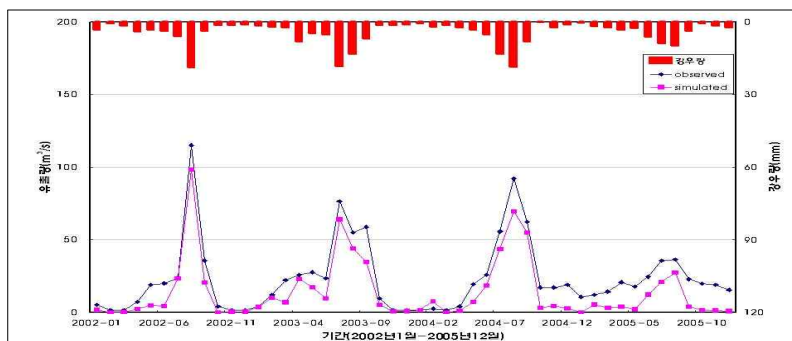


그림 5. SWAT모형과 실측값 비교(유출량)

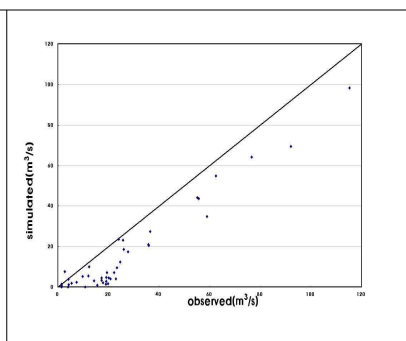


그림 6. 유출량 상관분석

5.2 부하량 모의결과

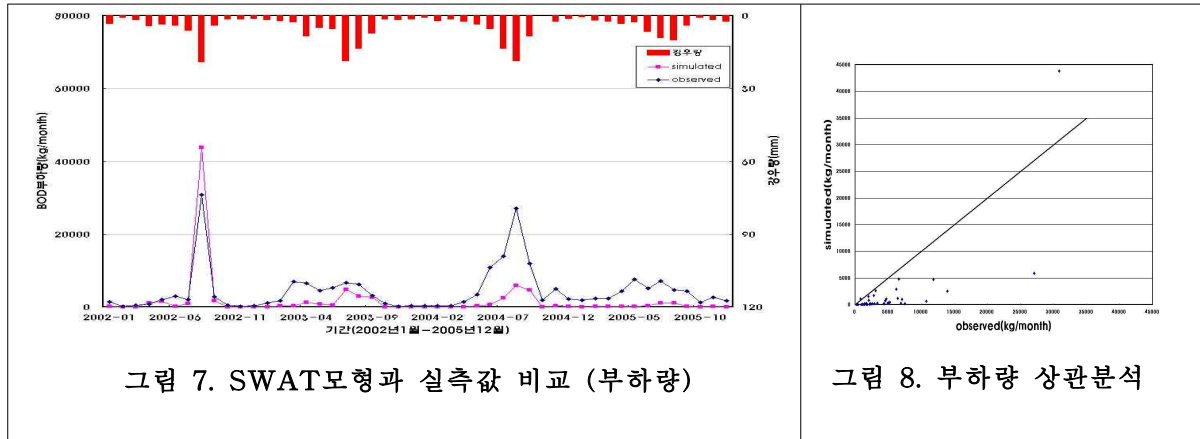


그림 7. SWAT모형과 실측값 비교 (부하량)

그림 8. 부하량 상관분석

구분	유출량(m ³ /s)		월평균일부하량(kg/month)	
	보정기간	검정기간	보정기간	검정기간
R ²	0.9687	0.9055	0.9912	0.5919
RMSE	9.19	12.28	124.97	178.7

표 2.모의값 분석

그림. 5에서 보는 것과 같이 강우발생 후 유출량은 실측유출량보다 다소 낮게 산정된 부분이 보이기는 하나 대체로 비슷한 경향을 나타냄을 알 수 있다. 또한 상관계수 역시 0.96의 값을 보여 줌으로서 모의 값이 실측값의 경향과 비슷함을 알 수 있다.

오염부하량은 그림 7에서 보는 바와 같이 실측값보다 다소 작게 산정되었으나 경향은 비슷하게 나타났다 상관계수도 0.74로 양호한 값을 나타내었다.

표. 2에 나타난것처럼 유출량의 보정기간, 검정기간 R²값은 각각 0.9687, 0.9055로 산정되었으며, 월평균일부하량의 보정기간, 검정기간의 R²값은 0.9912, 0.5919로 산정되었다.

6. 결론

- (1)유출량은 강우발생시 실측값에 의한 결과 보다 다소 적은 양의 유출이 일어나는 것으로 산정되었다. 그러나 상관계수는 0.96로 산정되었으며, SWAT 모형이 유출현상을 비교적 잘 나타낸 것으로 나타났다.
- (2)오염부하량은 실측값보다 다소 작게 산정되었으나, 경향이 비슷하고 상관계수도 0.74로 양호한 값을 나타내었다.
- (3)이상의 결과로부터 지석천유역에 2002년 1월부터 2005년 12월까지 유출량 및 부하량을 산정해 본 결과 SWAT 모형은 지석천유역에 적용성이 있다고 판단된다.
- (4)향후 입력자료 구축시 정밀한 점오염원 자료를 구축한다면 더욱 정도있는 부하량모의가 될 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 장대원(2004), GIS기반의 SWAT모형을 이용한 하천 유출량 모의, 석사학위논문, 인하대학교
2. 유은혜(2007), SWAT모형을 이용한 대청호 유역의 오염물질 유달을 산정, 석사학위논문, 충북대학교
3. 이창원(2007), 함평천 유역에서 SWAT 모형을 이용한 비점오염 예측, 석사학위논문, 호남대학교
4. 강영미(2005), GIS를 이용한 유역 및 하상의 퇴적물 모니터링, 박사학위논문, 충남대학교
5. 정재원(2005), SWAT모형에 의한 주함호 외남천 유역의 비점오염 부하추정, 석사학위논문, 전남대학교
6. 최준기(2007), 중·소규모 하천유역에서의 일 유출 모형을 이용한 유황분석, 석사학위논문, 전남대학교