

소유역에 대한 SWAT 모형의 적용성 분석

Applicability Analysis of SWAT Model for a Small Basin

박성천*, 조동진**, 노경범***, 진영훈****

Sung Chun Park, Dong Jin Cho, Kyong Bum Roh, Young Hoon Jin

요 지

수자원을 효율적으로 이용하고 관리하기 위해서는 정확한 유출량을 파악하는 것이 매우 중요하다. 그러나 소하천에서의 수문자료의 측정은 거의 이루어지지 않고 있는 실정이며, 따라서 대부분의 소하천 유역을 미계측 유역으로 분류할 수 있다. 본 연구에서는 수문관측 자료가 없는 소하천에서의 Soil and Water Assessment Tool(SWAT)의 적용가능성을 판단하였다. 남원에 위치하고 있는 지방 2급 하천인 광치천을 대상지점으로 SWAT 모형을 이용하여 일유출량을 모의하였다. 모의 값의 정확성을 판단하기 위하여 2004년의 저·평수기 측정 자료와 SWAT 모형으로부터의 모의 값을 비교·분석하였다. 또한 SWAT 모형에 의한 결과와 면적비유량법에 의한 결과를 비교하였다. 모의 결과 SWAT 모형에 의한 결과는 RMSE가 0.189이고, 면적비유량법에 의한 결과는 0.207로 나타났으며, 따라서 SWAT 모형에 의한 유출량 모의가 소하천에서도 적용 가능함을 판단할 수 있었다.

핵심용어 : SWAT 모형, 광치천, 소하천, 미계측 유역

1. 서론

하천의 효율적인 유지 및 관리를 위해서 가장 필수적인 자료 중의 하나는 정확한 유출량을 파악하는 것이다. 우리나라의 경우 수문관측이 대하천 중심으로 이루어지고 있으며, 소하천의 경우 수문자료가 매우 부족한 실정이다. 이러한 미계측 유역의 경우 면적비유량법 및 강우-유출모형 등을 통해서 유출량을 산정하고 있다. 면적비유량법의 경우는 대상 소유역의 특성을 전혀 반영할 수 없는 단점이 있으며, 강우-유출모형의 경우 HEC-1, HEC-HMS, SWMM 등 여러 가지 모형을 사용하게 되는데 이들 모형의 경우 GIS와 연계가 불가능하거나 디스플레이상의 연계로 인하여 정확한 토지이용과 토양의 특성의 반영이 어렵다.

그러나 SWAT 모형의 경우 GIS 내에서 모의를 하게 되므로, 토지이용 및 토양도 등 기존의 모형에서 적용할 수 없었던 GIS 자료를 활용할 수 있다는 장점이 있다. 또한 소유역별 유출량을 산정할 수 있을 뿐만 아니라 소유역내에서 HRU 단위로 계산이 가능하여 더욱 세밀한 유출량 모의가 가능하다. 그러나 국내의 경우 SWAT 모형은 대유역에 대한 유출량 및 오염부하량을 모의하는데 주로 이용된다. HRU 단위로 보다 세밀한 모의가 가능한 만큼 수문자료가 없는 소하천에

* 정회원 · 동신대학교 토목공학과 교 수 · E-mail : psc@dsu.ac.kr
** 정회원 · 동신대학교 토목공학과 석사과정 · E-mail : one1945@naver.com
*** 정회원 · 동신대학교 토목공학과 연구원 · E-mail : kbyj3711@naver.com
**** 정회원 · 동신대학교 토목공학과 연구원 · E-mail : nmdrjin@gmail.com

적용하는 것은 의미가 있다고 판단된다.

따라서 본 연구에서는 일반적으로 대유역에 적용하는 SWAT 모형을 지방 2급 하천인 광치천에 적용함으로써 미세측 유역인 소유역에 대한 SWAT 모형의 적용가능성을 판단하였다. 그 방법으로 SWAT 모형에 의한 모의 값과 간편하게 유출량을 계산 할 수 있어 많이 사용되고 있는 면적비유량법을 비교·분석하였다.

2. 이론적 배경

SWAT 모형은 미국 농무성 농업연구소에서 개발한 연속모형으로서 장기간에 동안의 다양한 토양도와 토지이용 및 토지관리 상태에 따른 유출과 유사 및 오염물의 거동에 대한 토지 관리방법의 영향을 예측하기 위하여 개발되었다.

SWAT 모형에서 모의 되는 수문순환은 다음 물수지 방정식에 기초하며 다음과 같다.

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=0}^t (R_{day} - Q_{surf} - Ea - W_{seep} - Q_{gw})$$

여기서, SW_t 는 최종의 토양수분량(mm H₂O), SW_0 는 i 일의 초기토양수분량(mm), t는 시간(일), R_{day} 는 i 일의 강수량(mm), Q_{surf} 는 i 일의 지표유출량(mm), Ea 는 i 일의 증발산량(mm), W_{seep} 는 i 일의 토양면으로 부터 투수층으로의 투수되는 총량(mm), Q_{gw} 는 i 일의 회귀수량(mm)이다.

3. 연구대상지역

광치천은 섬진강의 지류인 요천유역에 포함되어있는 지방 2급 하천이다. 남원에 위치하고 있으며, 전라남도 남원시 광치동에서 발원하여 남원시 향교동을 지나 요천으로 유입하고 있다. 유역면적은 18.86km²이며 유로 연장이 8.67km인 지방 2급 하천이다. 그림 1은 요천유역에서 광치천의 위치를 나타내고 있다.

본 연구에서는 전라북도 남원시 왕정동에 위치한 왕정교를 최종유출지점으로 SWAT 모형을 실행하였다. 광치천 유역을 살펴보면, 중상류 대부분이 임야지역 및 농경지로 이루어져 있는 반면, 중류부에는 농공단지가 있으며 하류부에는 주거지역이 분포하고 있어 소유역임에도 불구하고 다양한 토지이용 현황을 나타내고 있다.

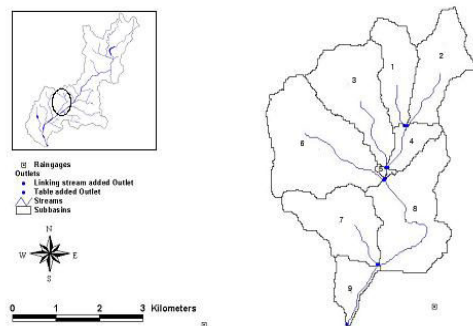


그림 1. 대상유역 및 소유역 구분

4. 자료구축

SWAT 모형의 입력자료 중 기상자료인 강수량, 최고·최저기온과 상대습도, 평균풍속은 남원기상청의 자료를 사용하였다. 그러나 일사량은 남원기상청에서 관측하지 않으므로 남원기상청에서 가장 가까운 전주기상청과 광주기상청의 일사량 자료를 사용하였다. 지형입력 자료는 국토지리정보원의 1:25,000 수치지도로부터 격자크기가 30m×30m인 DEM(Digital Elevation Map)을 구축하였으

며, 한국토양정보시스템의 정밀토양도와 환경부의 1:25,000 토지이용도를 이용하였다. HRU의 개수는 시행착오법에 의해 13개로 구분했으며, 그림 1과 같이 소유역은 9개로 구분되었다. 입력자료로 사용된 DEM, 토양도 및 토지이용도를 그림 2~그림 4에 나타내었다.

광치천의 경우 수위관측소가 없는 관계로 모의에 대한 정확성을 분석하기 위한 실측자료로서 '영산강·섬진강수계 비점오염원 배출특성 및 수질모델링 연구보고서(2004)'에 수록된 자료를 사용하였다. 연구보고서에 수록된 자료는 저·평수위에 해당되며, 강우발생시 측정된 자료로서 총 4회의 유량측정을 실시한 값이다.

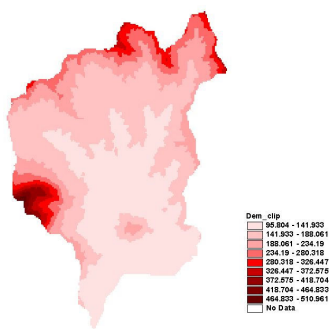


그림 2. DEM

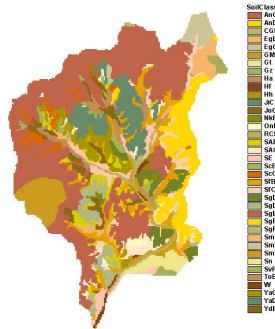


그림 3. 토양도

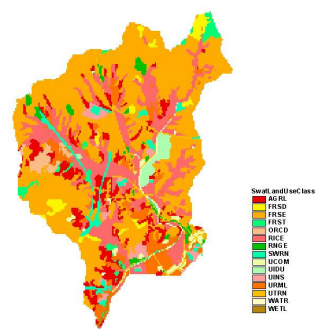


그림 4. 토지이용도

5. 모의적용 및 결과 분석

본 연구에서는 1999~2004년에 대한 모의를 실행하였으며, 1999~2000년에 대한 모의 값은 초기 안정화를 위한 기간으로 설정하였다. 결과분석은 실측자료가 있는 2004년의 실측값과 모의 값을 비교분석하였다. 면적비유량법은 요천의 최종유출구인 송동지점의 유량과 유역면적을 이용하여 광치천에 해당하는 유출량을 산정하였다. 표 1과 그림 5는 SWAT 모형에 의한 결과와 비유량에 의한 비교결과를 나타냈다. 표 1과 같이 SWAT 모형의 결과에 대한 RMSE는 0.189이며, 면적비유량법 결과에 대한 RMSE는 0.207로서 SWAT 모형에 의한 결과 값이 실측값에 보다 근접한 값임을 알 수 있다.

표 1. SWAT 모형과 면적비유량법의 결과 비교

날짜	모의값		실측	RMSE	
	SWAT	비유량법		SWAT	비유량법
2004-07-02	0.06403	0.111	0.077	0.189	0.207
2004-27-05	0.26710	0.156	0.493		
2004-05-08	0.74490	0.388	0.492		
2004-25-10	0.63110	0.249	0.465		

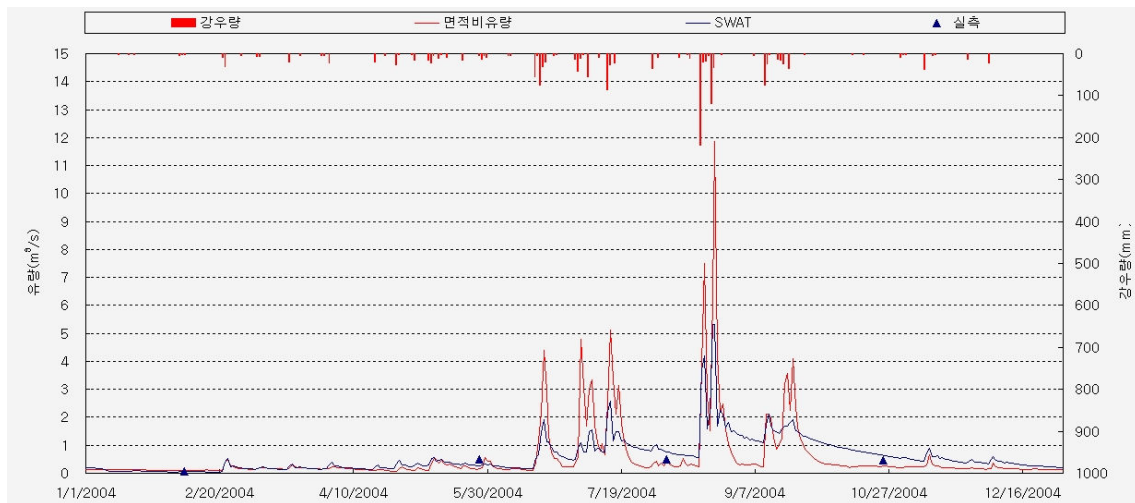


그림 5. SWAT 모형과 면적비유량법의 결과 비교

6.결론

본 연구는 광치천을 대상지점으로 하여 수문 관측 자료가 없는 소하천에 대한 SWAT 모형의 적용가능성을 판단하였다. 측정자료로서 ‘영산강·섬진강수계 비점오염원 배출특성 및 수질모델링 연구보고서(2004)’에 사용한 자료를 사용하여 SWAT 모형의 모의 값과 비교·분석하였다. 모의 결과 SWAT 모형의 결과에 대한 RMSE는 0.189이며, 면적비유량법의 결과에 대한 RMSE는 0.207로서 SWAT 모형에 의한 결과가 면적비유량법에 의한 결과보다 실측값에 근접하였다. 따라서 SWAT 모형은 대규모 복잡한 유역뿐만 아니라 소하천에도 적용가능성이 있는 것으로 판단된다.

본 연구에서는 1:25,000 수치지도로부터 DEM을 30m×30m로 구축하여 사용하였다. 따라서 하천 폭이 30m보다 작은 구간이 있는 광치천에 30m×30m DEM을 적용하였기 때문에 보다 정확한 모의가 이루어지지 못 했을 것으로 판단된다. 그러므로 추후 1:5,000 이하의 수치지도로부터 조밀한 DEM을 구축하여 모의하는 것과 함께 홍수위에서의 유량을 실측하여 분석한다면 소하천에 대한 SWAT 모형의 적용가능성을 보다 정확하게 판단할 수 있을 것으로 본다.

참 고 문 헌

1. 우대기술단, 동신대학교 공업기술연구소(2004). 영산강·섬진강수계 비점오염원 배출특성 및 수질모델링 연구보고서
2. 신문주(2006). SWAT 모형을 이용한 안양천 유역의 유량확보와 수질개선에 대한 방안, 석사 학위논문, 서울대학교
3. Kangsheng Wu, Carol A. Johnston(2007). Hydrologic response to climatic variability in a Great Lakes Watershed: A case study with the SWAT model, Journal of hydrology pp.187-199
4. 장광진, 자연수, 지흥기, 이순탁(2007). SWAT 모형의 적정 HRUs 산정기법 : 위천유역을 대상으로, 대한토목학회 정기학술대회, pp.2046-2049