

SWAT 모형을 이용한 경안천 유역의 유출 및 유사량 추정

Application of SWAT model to Gyeongancheon watershed for estimating stream flows and sediment yields

김 철 겸* · 김 현 준(한국건설기술연구원)

Kim, Chul-Gyum* · Kim, Hyeon-Jun

Abstract

In this study, physically based SWAT model was applied to estimate the daily stream flows and sediment yields in Gyeongancheon watershed. The calibration and validation of the model outputs have been performed with yearly and daily measured stream flows of the time period 1988-1991 and 2001. The application results showed a good agreement with the simulated and observed stream flows, and similar trend with simulated and observed sediment yields.

Overall, SWAT is a reasonable watershed scale model on long-term simulations of stream flows and sediment yields for management purposes.

I. 서론

SWAT (Soil and Water Assessment Tool) 모형은 1990년대 초에 미국 농무성에서 개발된 유역모형으로서, 유역내 다양한 물리적 과정을 모의할 수 있고, 유역을 수 개의 소유역으로 구분하여 대규모의 복잡한 유역에서의 장기간에 걸친 다양한 종류의 토양과 토지이용 및 토지관리 상태에 따른 물과 유사 및 농업화학물질의 거동에 대한 토지관리방법의 영향을 예측할 수 있는 장점이 있다 (Neitsch 등, 2001). 국내 SWAT 모형의 적용은 북한천유역에 대한 오염부하량 예측 (김지훈, 1998), 발안저수지 유역에 대한 오염총량 추정 (강문성, 2002), 토지피복 변화가 하천 기저유출량에 미치는 영향 평가 (정광욱, 2002) 등에 수행된 바 있다.

본 연구에서는 SWAT 모형을 경안천 유역에 적용하여, 그 적용성을 평가하고, 향후 유역내 토지이용 등의 환경 변화에 따른 수문 및 수질 변화 모의를 통하여 유역 관리에 활용하고자 한다.

II. 연구 방법

2.1 대상유역 선정

Fig. 1의 경안천 유역은 경기도 광주와 용인 지역을 포함하고, 팔당호로 유입되는 유로 연장 49.5 km의 중규모 하천 유역이며, 복잡한 토지이용 특성을 지니고 있고, 경안천의 대부분 유역이 상수원보호구역에 포함되어 있으며, 최근 도시화가 활발히 진행되고 있어, 유역의 수문 및 수질 변화에 대한 관심이 높은 지역이다. 분석 대상유역은 경안 수위관측소 상류 유역으로서, 유역면적은 약 259 km²이다.

2.2 입력자료 구축

2003년도 한국농공학회 학술발표회 논문집 (2003년 11월 1일)

분석을 위해 직리천, 오산천, 대대천, 양지천 등을 중심으로 9개의 소유역으로 구분하였으며, DEM (30×30 m), 토지이용도 (1:50,000), 정밀토양도 (1:25,000), 하천망 등의 GIS 자료, 우량관측소 (광주, 모현, 포곡, 용인, 운학)와 기상관측소 (수원, 이천) 자료를 이용하여, 모형의 입력자료를 구축하였다.

III. 연구 결과

3.1 유출 비교

경안천 유역의 관측 수위자료는 1984년부터 기록되어 있으나, 수위-유량 측정 성과가 충분하지 못하여, 비교적 측정 성과가 양호한 1988년, 1989년, 1990년, 1991년, 2001년의 5개년 자료에 대해 모의치와 비교 분석하였으며, 이 중에서 1988년과 1989년에 대해 보정을 수행하고, 나머지 3개년에 대해 검증을 수행하였다. Table 1은 보정 및 검증 결과로서, 연 유출량과 유출율의 비교 및 일 유출에 대한 상대편향 (relative bias; RB), 제공근평균제곱오차 (root mean square error; RMSE), 평균절대오차 (mean absolute error; MAE) 등을 산정하였다.

모형내 CN-II의 값 및 토양증발보상계수 (ESCO)를 조정하여 보정을 수행하였으며, Table 1과 같이, 보정 및 검증 결과 모두 실측치를 잘 나타내는 것으로 나타났다. 1990년의 검증 결과에서는 제공근평균제곱오차가 다소 크게 나타났는데, 이는 Fig. 1에서 보여지듯이 몇몇 높은 유량에서 모의치와 실측치가 큰 차이를 보였기 때문이며, 평균절대오차는 크지 않으므로 장기 유출 모의에서는 안정된 결과를 나타내는 것으로 판단된다.

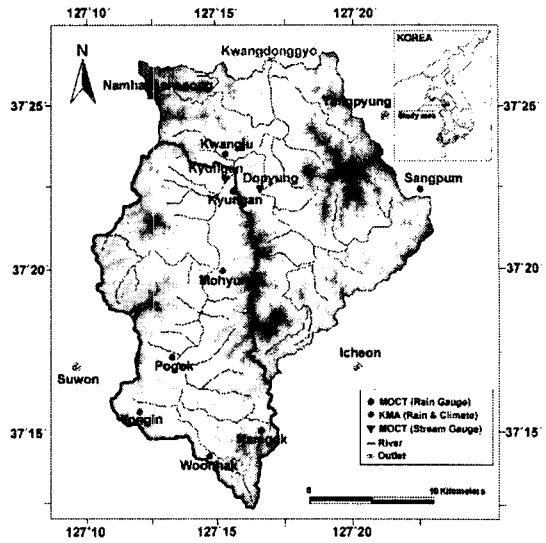


Fig. 1. Location map of Gyeongancheon watershed and gauging stations

Table 1. Observed and simulated runoff

Year	Precipitation (mm)	Runoff (mm)		Ratio of runoff		RB* (%)	RMSE* (mm)	MAE* (mm)
		Obs.	Sim.	Obs.	Sim.			
1988	1,025	446	423	0.43	0.41	-5.0	1.85	0.68
1989	1,375	906	849	0.66	0.62	-6.3	1.92	1.01
1990	2,192	1,898	1,766	0.87	0.81	-6.9	11.49	2.52
1991	1,325	850	907	0.64	0.68	+6.6	2.38	1.27
2001	1,138	656	658	0.58	0.58	+0.2	7.97	2.10

*RB: relative bias, RMSE: root mean square error, MAE: mean absolute error

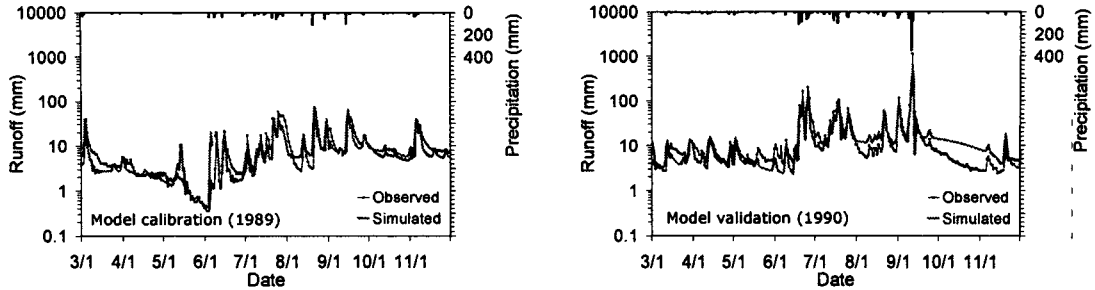


Fig. 2. Observe and simulated daily runoff

3.2 유사량 비교

한강유역환경관리청에서 운영중인 수질측정망 중 경안4 지점 (위치: 경기 광주시 경안동)에 대해 모의치와 관측치 결과를 비교하였다. 수집된 수질 자료의 농도와 측정일의 유량 자료를 이용하여 일 부하량으로 환산한 후에 모의된 부하량과의 비교를 통하여 모형의 매개변수 보정을 수행하였다. 경안4 지점에 대한 수질 측정은 월 1회 간격으로 1989년부터 시작되었고, 관측유량 자료가 충분하지 못하여 44개 측정치에 대해서만 모의치와 비교가 가능하였다. 따라서 자료의 양이 충분하지 않아, 검증은 실시하지 않고 전 자료에 대해 보정만 수행하였다.

모형의 보정은 경사장인자, 경사도인자, USLE C인자, USLE P인자 등을 조정하여 수행하였으며, 4개년 자료 (1989-1991년, 2001년)에 대한 상관분석 결과 및 통계적 변량은 Table 2와 Fig. 3에 제시되어 있다. 상대편향이 -85.8%, 제공근평균제곱오차가 12.34 kg/ha/day, 평균절대오차가 3.87 kg/ha/day, 결정계수 (R^2)가 0.515로서 실측치와 모의치의 차이가 비교적 크게 나타났는데, Fig. 3에 나타난 바와 같이 경향은 어느 정도 모의 가능한 것으로 판단되었다.

Table 2. Observed and simulated sediment yield

Year	No. of data	Sediment (ton/ha)		RB (%)	RMSE (mm)	MAE (mm)
		Obs.	Sim.			
1989-1991, 2001	44	184.10	26.13	-85.8	12.34	3.87

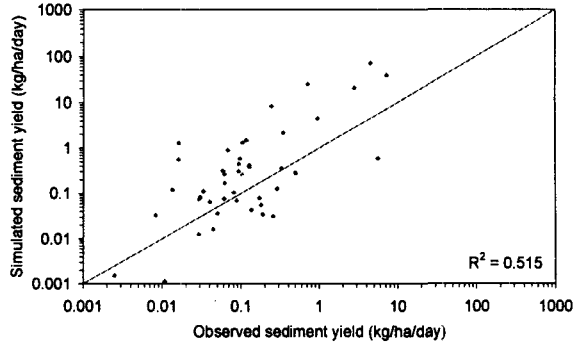


Fig. 3. Results of observed and simulated daily sediment yields

IV. 요약 및 결론

경안천 유역에 대한 장기 유출 및 유사량 변화를 모의하기 위해 물리적 매개변수 기반의 SWAT 모형을 적용하여 그 적용성을 평가하였다.

5개년 유량 자료를 이용하여 모형의 보정과 검증을 수행한 결과, 연 유출에 대한 상대편향이 -6.9~+0.2%, 일 유출에 대한 제공근평균제공오차가 1.85~11.49 mm, 평균절대오차가 0.68~2.52 mm로서, 실측치와 모의치가 잘 일치하는 것으로 나타났다. 1990년의 경우는 제공근평균제공오차가 다소 크게 나타났으나, 이는 높은 유량에서의 실측치와 모의치 유량 차이가 크게 나타났기 때문이며, 평균절대오차는 그리 크지 않으므로, 장기 유출 모의에서는 적용 가능한 것으로 판단되었다.

수질 자료는 측정치가 충분하지 못하여, 대상 측정치 전부에 대해 각각 일 유출부하량으로 변환한 후에 모의 유출부하량과 비교를 통해 보정만 수행하였다. 통계적 변량은 상대편향이 -85.8%, 제공근평균제공오차가 12.34 kg/ha/day, 평균절대오차가 3.87 kg/ha/day, 결정계수 (R^2)가 0.515로서, 모의치와 실측치의 차이가 비교적 크게 나타났으나, 그 경향은 어느 정도 재현 가능한 것으로 판단되었다.

이상의 결과로부터, 유출 측면에서는 비교적 안정적으로 장기 유출 모의가 가능하며, 유사 측면에서는 충분하지 못한 실측 자료로 인해 정량적인 모의에는 정확성이 다소 떨어지지만, 정성적인 모의는 가능하므로, 향후 더 많은 실측 자료를 확보하여 보정 및 검증을 수행한다면, 장기적인 유출·유사의 모의 및 유역 관리에 충분히 활용 가능할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 강문성, 2002, 인공신경망 원격탐사기법과 비점오염모형을 이용한 오염총량모의시스템 개발, 서울대학교 박사학위논문.
2. 김지훈, 1998, 지리정보시스템을 이용한 SWAT/GRASS 모형의 적용, 서울대학교 석사학위논문.
3. 정광욱, 2002, 분당신도시 개발에 따른 탄천유역의 기저유출량 변화, 서울대학교 석사학위논문.
4. Neitsch, S. L., J. G. Arnold, J. R. Kiniry, and J. R. Williams, 2001, Soil and Water Assessment Tool; The theoretical documentation (version 2000), U. S. Agricultural Research Service.