

SWAT-K를 이용한 전지구 토지이용 및 토양자료의 국내 적용성 평가

Applicability assessment of global landuse and soil data in Korea using SWAT-K model

김철겸*, 이정은**, 김남원***

Chul Gyum Kim, Jeong Eun Lee, Nam Won Kim

요 지

국제연합대학의 WaterBase 프로젝트를 통해 전세계적으로 무료로 제공되고 있는 전지구 자료의 국내 적용성을 평가하기 위해, 충주댐 유역을 대상으로 유량·유사량·오염부하량 평가 등을 목적으로 이미 구축되어진 SWAT-K 모의시스템을 이용하여, 모형의 입력자료인 토지이용과 토양자료에 대해 전지구 자료를 사용한 경우의 결과와 비교하였으며, 기존 구축된 토지이용 및 토양자료와 전지구 자료와의 차이, 그리고 이로 인해 나타날 수 있는 유량 및 유사량에 대한 모의 결과를 비교 분석함으로써, 향후 토지이용 및 토양자료의 미계측 유역에 대한 전지구 자료의 활용성과 SWAT-K를 비롯한 유역모형의 적용성을 제고시킬 수 있는 기초 평가를 수행하였다. 유량의 경우, 국내 자료를 적용한 경우와 전지구 자료를 적용한 경우의 차이가 크지는 않았으나, 전반적으로 평수기 이하 특히 갈수기의 유량에서 전지구 토양자료를 적용한 경우 작게 나타나는 경향을 보였으며, 전지구 토지이용자료는 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다. 반면, 유사량은 국내 자료를 적용한 경우에 비해 전지구 자료를 적용하였을 경우 전반적으로 연간 3~4배 정도로 크게 모의되는 경향이 나타났으며, 전지구 토지이용과 토양자료를 적용한 경우와 전지구 토양자료만을 적용한 경우의 결과가 유사하고, 전지구 토지이용자료만 적용한 경우보다는 다소 높은 유사량을 나타내었다. 이상의 결과로부터 전지구 토지이용자료보다는 토양자료의 적용에 있어 주의가 요구되며, 유량보다는 유사량의 모의시에 더 많은 차이가 발생할 수 있기 때문에 사전에 충분한 검토가 필요할 것으로 보인다.

핵심용어 : 미계측유역, 전지구자료, 토지이용도, 토양도, SWAT-K

1. 서 론

과거 유역을 하나 또는 여러 개의 소유역으로 구분한 후 각 소유역내 물리적 특성치를 균질하다고 가정하여 비교적 적은 수의 매개변수와 입력자료를 기반으로 모델링을 수행하던 집중형 모형에서 최근에는 컴퓨터 능력의 향상과 GIS 및 RS 기법에 의해 얻어지는 복잡하고 다양한 유역 특성치를 고려한 분포형 유역모형이 많이 활용되고 있다. 이처럼 물리적 기반의 분포형 모형은 유역의 다양한 특성들을 충분히 고려할 수 있고, 도시화와 같은 토지이용 및 식생 변화, 기후변화 등 유역 전반 또는 국지적인 변화에 능동적이고 유연하게 반응할 수 있는 장점을 가지고 있으나, 모형의 구동을 위해서는 유역내 시공간적인 특성에 대한 비교적 방대한 자료가 요구되고 그에 따른 자료의 검증도 필요하기 때문에 초보자가 접근하여 활용하기 어렵다는 단점도 있다. 특히 우리나라 한강수계의 화천댐 상류나 임진강 상류지역은 유역의 상당부분이 북한에 속해있어 유역의 물리적 특성자료를 수집하는데 많은 제약이 있기 때문에 유역모형의 적용이 쉽지 않은 상황이다.

* 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구실 선임연구원 · E-mail : cgkim@kict.re.kr
** 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구실 연구원 · E-mail : jeus22@kict.re.kr
*** 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구실 책임연구원 · E-mail : nwkim@kict.re.kr

이러한 시기에 국제연합대학(United Nations University)에서 추진하고 있는 WaterBase 프로젝트를 통해 무료로 제공되고 있는, 한반도 전역은 물론 전지구적 규모로 구축되어진 DEM(Shuttle Radar Topographic Mission, 90 m 해상도), 토지이용(24 종류, 1 km 해상도), 토양(5,000 종류, 10 km 해상도), 하천, 기상자료 등은 매우 유용하게 활용될 수 있을 것으로 생각된다. 하지만, 현재까지 이 자료에 대한 국내 검토는 충분히 이루어지지 않고 있으며, 특히 유사 및 오염부하량의 평가에 대한 활용은 거의 없는 상황이다.

본 연구에서는 충주댐 유역을 대상으로 유량 및 유사량 평가 등을 목적으로 이미 구축되어진 SWAT-K 모의시스템을 이용하여, 모형의 입력자료인 토지이용과 토양자료에 대해 전지구 자료를 사용한 경우의 결과와 비교함으로써, 기존 구축된 토지이용 및 토양자료와 전지구 자료와의 차이, 그리고 이로 인해 나타날 수 있는 유량 및 유사량에서의 결과 차이를 검토하고, 향후 토지이용 및 토양자료의 미계측 유역에 대해 전지구 자료의 활용성과 SWAT-K를 비롯한 유역모형의 적용성을 제고시킬 수 있는 기초 평가를 수행하고자 한다.

2. 대상유역 및 모형 구축

전지구 자료의 국내유역에 대한 활용성 평가를 위해, 국내에서 최근 유역 수문·수질 모델링을 위해 많이 이용되고 있는 SWAT-K(한국건설기술연구원, 2007) 모형을 선정하여, 그림 1과 같이 충주댐 상류지역을 대상으로 적용하였다.

모형의 구동에 필요한 입력자료 및 유량과 유사와 관련된 매개변수 보정 및 검증 결과는 선행 연구 결과(김철겸과 김남원, 2009)를 활용하였으며, 기 구축된 모형의 입력 자료 중 토지이용과 토양에 대해 전지구 자료를 적용함으로써, 전지구 자료의 적용에 따른 유량과 유사량에 대한 영향을 평가하였다.

전지구 자료로서 토지이용도는 1 km의 해상도에 총 24개 분류의 토지이용으로 구성되어 있으며, USGS의 Global Land Cover Characterization(GLCC) DB를 이용하여, SWAT 모형에서 이용될 수 있도록 토지이용별 특성치들이 구축되어 있다. 토양도는 FAO(1995)에서 구축한 것으로, 10 km 해상도에 5,000 종류의 토양형태로 되어 있으며, 하부 2개층(0~30 cm와 30~100 cm 깊이)에 대한 특성치들이 제공되고 있다(Leon, 2007).

대상유역인 충주댐 유역에 대해서 기존 연구(김철겸과 김남원, 2009)에서 적용된 토지이용 및 토양자료는 각각 환경부 중분류 토지피복도(1:25,000)와 국립농업과학원의 정밀토양도(1:25,000)로서, 6개의 토지이용과 51개의 토양통으로 구성되어 있으며, 전지구 자료를 적용한 경우에는 11개의 토지이용과 6개의 토양형태로 분류되었다.

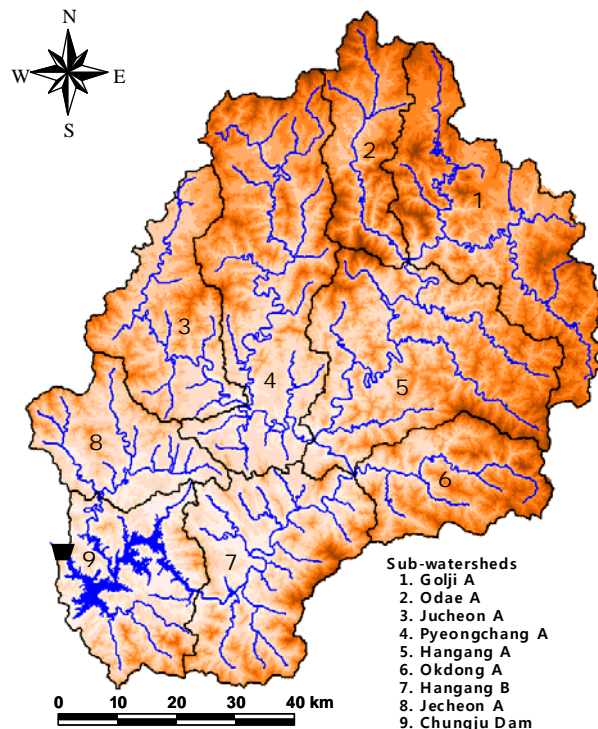


그림 1. 충주댐 유역(김철겸과 김남원, 2009)

3. 연구 결과

3.1 유량 결과 비교

그림 2는 대상유역의 최종 출구점인 충주댐 지점에 대해 1990~2005년의 16년간 자료를 기반으로, 관측유량과 기 구축된 국내 토지이용과 토양자료를 이용하여 보정/검증된 모의유량, 그리고 토지이용과 토양자료 모두 전지구 자료를 적용한 경우, 토지이용만 전지구 자료를 이용한 경우, 토양만 전지구 자료를 이용한 경우 등 각각에 대한 유량값을 이용하여 유황곡선을 유도하여 비교한 것이다. 그림과 같이, 관측유량과 모의유량, 그리고 전지구 자료 중 토지이용만 적용한 경우의 유황곡선이 매우 유사하게 나타났으며, 전지구 토지이용과 토양, 그리고 전지구 토양자료만을 사용한 유황곡선이 갈수기를 제외하고 서로 비슷한 경향을 나타내었다.

그림 3은 1999년에 대한 일 유량 비교 결과로서, 유황곡선상의 결과와 마찬가지로 국내 자료를 적용한 모의값과 전지구 토지이용만을 적용한 모의값이 비슷하게 나타나고, 전지구 토지이용과 토양을 적용한 모의값과 전지구 토양만을 적용한 모의값이 비슷하게 나타났다.

즉, 그림 2와 그림 3으로부터, 전지구 토지이용과 토양, 그리고 전지구 토양자료만을 사용한 경우가 국내 자료를 이용한 경우 및 전지구 토지이용만을 적용한 경우보다 평수기 이하의 유량값이 작게 모의되는 것으로 나타났으며, 이는 결국 전지구 토지이용보다는 전지구 토양자료가 유량에 미치는 영향이 더 크다는 것을 알 수 있다.

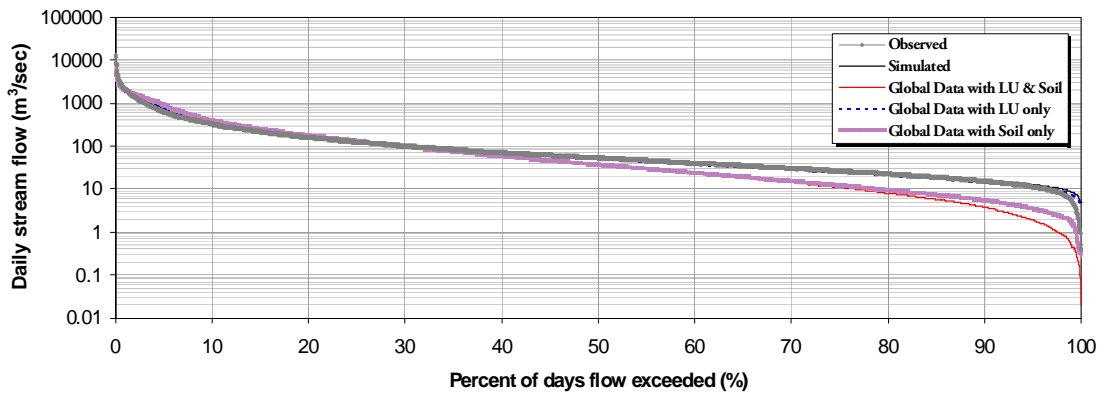


그림 2. 유황곡선 비교

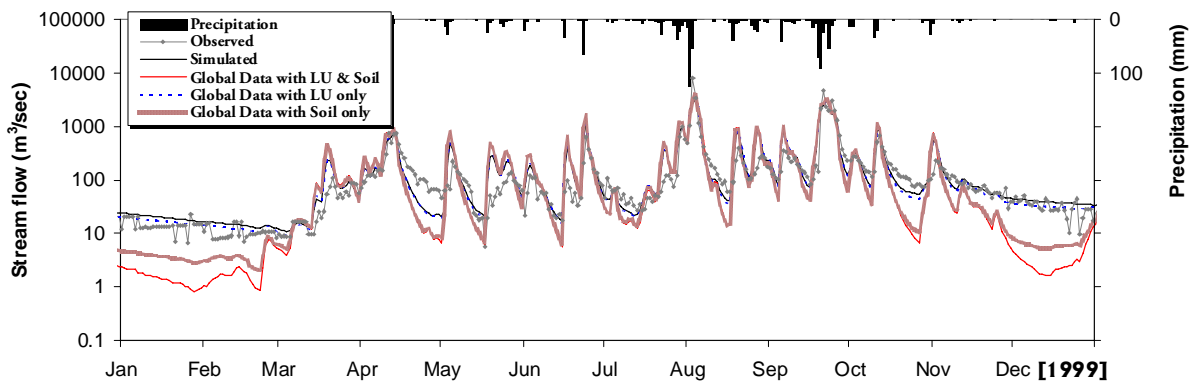


그림 3. 일 유량 비교 (1999년)

3.2 유사량 결과 비교

그림 4는 유사에 대해 국내 자료를 적용한 경우, 전지구 토지이용과 토양자료를 적용한 경우, 전지구 토지이용만 적용한 경우, 전지구 토양만 적용한 경우 등 각각에 대해 1990~2005년에 대한 모의자료를 기반으로 부하지속곡선을 도출하여 비교한 것이다. 그림에 나타난 것처럼 전반적으로 전지구 자료를 적용한 경우, 기존 국내 자료를 적용하여 모의한 값에 비해 상대적으로 큰 유사량을 모의하고 있으며, 이러한 경향은 그림 5의 일 유사량 비교, 그림 6의 연도별 유사량 비교에서도 동일하게 나타나고 있다. 또한 그림 4에서 유사량이 크게 발생하는 곡선상의 60% 초과확률 이하 구간에서는 대체적으로 전지구 자료를 적용한 세 가지 경우의 부하지속곡선이 거의 유사하게 나타나고 있으며, 유사량이 작은 60% 이후 구간에 대해서는 전지구 토지이용만을 적용한 경우가 가장 높고, 전지구 토지이용과 토양을 함께 적용한 경우가 가장 낮게 나타났다.

그림 6은 연도별 유사량을 비교한 것으로, 전지구 토지이용과 토양을 적용한 경우와 전지구 토양만을 적용한 경우의 연간 유사량이 비슷하게 나타났으며, 이는 앞의 유량에 대한 비교에서와 동일한 결과이다.

하지만, 유량과 달리 유사량에 대해서는 전지구 자료를 적용하였을 때 전반적으로 국내자료를 적용하여 얻은 기존 결과에 비해 연간 3~4배 정도 높게 나타나고 있는 것으로 분석되었다.

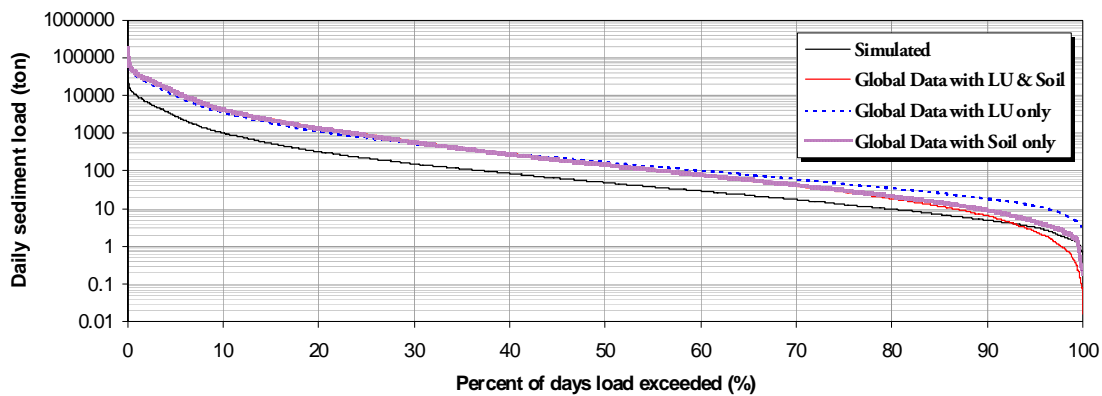


그림 4. 유사에 대한 부하지속곡선 비교

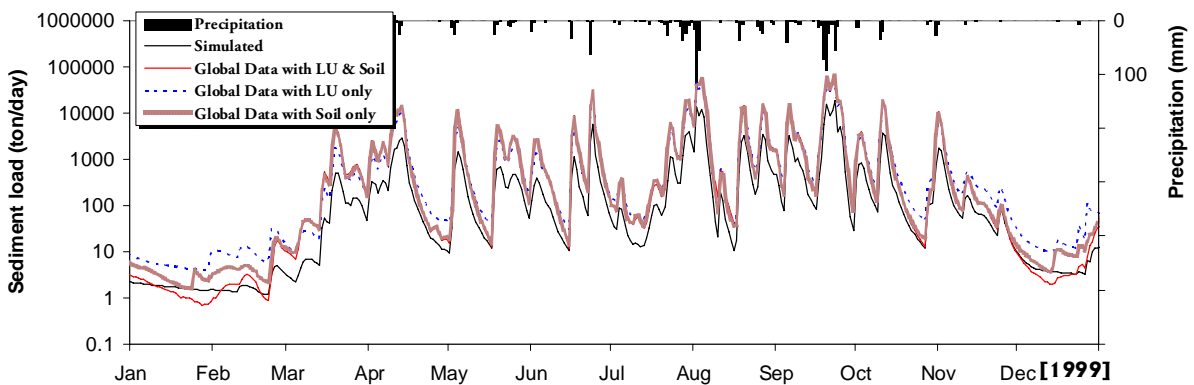


그림 5. 일 유사량 비교(1999년)

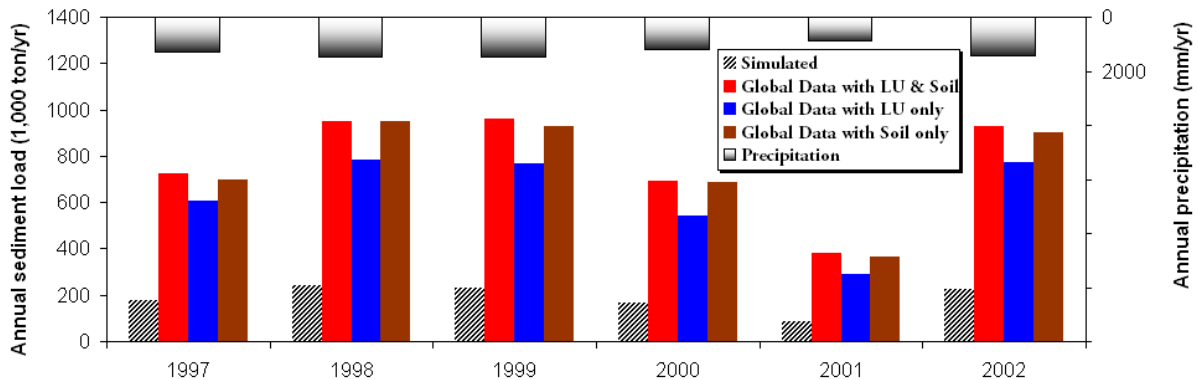


그림 6. 연도별 유사량 비교 (1997~2002년)

4. 요약 및 결론

본 연구는 현재 국제연합대학에서 추진하고 있는 WaterBase 프로젝트를 통해 무료로 제공되는 전지구 자료의 국내 유역 및 모델링에 대한 활용성을 평가하기 위해 수행되었으며, 기존 유량·유사량·오염부하량 등의 평가를 위해 SWAT-K 모형 구축과 충분한 검증이 이루어진 한강 수계의 충주댐 유역을 대상으로, 유량과 유사량에 대한 모의 결과를 중심으로 전지구 토지이용과 토양 자료의 적용성을 평가해 보았다.

유량의 경우, 국내 자료를 적용한 경우와 전지구 자료를 적용한 경우의 차이가 크지는 않았으나, 전반적으로 평수기 이하 특히 갈수기의 유량에서 전지구 토양자료를 적용한 경우 작게 나타나는 경향을 보였으며, 전지구 토지이용자료는 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다.

반면, 유사량은 국내 자료를 적용한 경우에 비해 전지구 자료를 적용하였을 경우 전반적으로 연간 3~4배 정도로 크게 모의되는 경향이 나타났으며, 전지구 토지이용과 토양자료를 적용한 경우와 전지구 토양자료만을 적용한 경우의 결과가 유사하고, 전지구 토지이용자료만 적용한 경우보다는 다소 높은 결과가 나타났다.

이상의 결과로부터 전지구 토지이용자료보다는 토양자료의 적용에 있어 주의가 요구되며, 유량 보다는 유사량의 모의시에 더 많은 차이가 발생할 수 있기 때문에 사전에 충분한 검토가 필요할 것으로 보인다. 아울러, 추후 여러 유역을 대상으로 전지구 자료의 적용 결과를 비교 분석함으로써, 이에 대한 결론을 보완해야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호 2-2-3)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 김철겸, 김남원(2009). 환경부 8일 간격 유량·수질 관측자료와 분포형 모형을 이용한 연속오염부하곡선의 유도, 수질보전 한국물환경학회지, 제25권, 제1호, pp. 125-135.
2. 한국건설기술연구원 (2008). 수자원의지속적확보기술개발사업: 지표수 수문성분 해석시스템 개발, 과학기술부.
3. Leon, L. F.(2007). Step by step geo-processing and set-up of the required watershed data for MWSWAT(MapWindow SWAT).