환경부 토지피복도 사용여부에 따른 SWAT 예측 오류 평가

Analysis of SWAT Simulated Errors with the Use of MOE Land Cover Data

허성구*·김남원* · 유동선* · 김기성*·임경재**

Sunggu Heo·Namwon Kim·Dongsun Yoo·Ki-sung Kim·Kyoung Jae Lim

Abstract

Significant soil erosion and water quality degradation issues are occurring at highland agricultural areas of Kangwon province because of agronomic and topographical specialities of the region. Thus spatial and temporal modeling techniques are often utilized to analyze soil erosion and sediment behaviors at watershed scale. The Soil and Water Assessment Tool (SWAT) model is one of the watershed scale models that have been widely used for these ends in Korea. In most cases, the SWAT users tend to use the readily available input dataset, such as the Ministry of Environment (MOE) land cover data ignoring temporal and spatial changes in land cover. Spatial and temporal resolutions of the MOE land cover data are not good enough to reflect field condition for accurate assesment of soil erosion and sediment behaviors. Especially accelerated soil erosion is occurring from agricultural fields, which is sometimes not possible to identify with low-resolution MOD land cover data. Thus new land cover data is prepared with cadastral map and high spatial resolution images of the Doam-dam watershed. The SWAT model was calibrated and validated with this land cover data. The EI values were 0.79 and 0.85 for streamflow calibration and validation, respectively. The EI were 0.79 and 0.86 for sediment calibration and validation, respectively. These EI values were greater than those with MOE land cover data. With newly prepared land cover dataset for the Doam-dam watershed, the SWAT model better predicts hydrologic and sediment behaviors. The number of HRUs with new land cover data increased by 70.2% compared with that with the MOE land cover, indicating better representation of small-sized agricultural field boundaries. The SWAT estimated annual average sediment yield with the MOE land cover data was 61.8 ton/ha/year for the Doam-dam watershed, while 36.2 ton/ha/year (70.7% difference) of annual sediment yield with new land cover data. Especially the most significant difference in estimated sediment yield was 548.0 % for the subwatershed #2 (165.9 ton/ha/year with the MOE land cover data and 25.6 ton/ha/year with new land cover data developed in this study). The results obtained in this study implies that the use of MOE land cover data in SWAT sediment simulation for the Doam-dam watershed could results in 70.7 % differences in overall sediment estimation and incorrect identification of sediment hot spot areas (such as subwatershed #2) for effective sediment management. Therefore it is recommended that one needs to carefully validate land cover for the study watershed for accurate hydrologic and sediment simulation with the SWAT model.

Key words : HRU, Landuse(MOD), Land Registration Map, SWAT, Soil Erosion

1. 서론

강원도 평창군 도암댐 유역 부근의 농업구조는 지형적으로 토양유실 및 비점오염 발생 가

능성이 높은 지역으로 피해가 심각하다. 농업비점오염원에 의한 수문 순환 및 시/공간적 변화를 모의할 수 있는 Soil and Water Assessment Tool(SWAT)모형을 도암댐 유역에 적용하였다. 적용에 앞서 대부분의 SWAT 운영자들은 연구지역 내 유출 및 비점오염 거동에 영향을 미치는 현황을 최대한 반영하여 SWAT 모형을 운영하는 연구사례가 많이 부족하다. 허성구 등(2007) 연구결과에 의하면 고랭지 농경지의 도암댐 유역 내 농경지에서 객토가 성행하고 있다는 점을 착안하여 기존 농진청 제공 정밀토양도(1:25,000)를 사용하였을 경우와 객토된 토양속성을 고려하여 SWAT 예측 모의 유사량을 비교하였을 시 약 79%정도 오류 발생 및 모델의 정확성 평가에 있어서도 객토된 속성을 고려하였을 경우 모델의 정확성이 향상되었다. 또한 중요한 입력자료로 토지이용도를 들 수 있다. 대부분 SWAT 운영자들은 환경부 제공 토지피복도를 이용하여 SWAT모의를 한다. 하지만 환경부 제공 토지피복도 자료의 경우 토지피복 분류는 위성영상에서 나타는 경계 설정을 기준으로 판독하는 것이고, 토지의 소유관계에 따라 정확한 측량에 의해 설정되는 지목과 비교하였을 시 상당한 차이가 있을 것으로 판단된다. 즉 시·공간적 해상도가 낮아서 유역 내 토지이용현황을 정확히 구분하는데 있어 한계가 있다. 고랭지와 같은 농업구조를 가지고 있는 지역은 탁수 발생의 경우 농경지에서의 발생량이 많이 발생하기에 시·공간 해상도가 낮은 환경부 토지피복도 사용으로 인한 오류가 발생할 가능성이 있다. 따라서 본 연구의 목적은 도암댐 유역 지적도를 바탕으로 위성영상을 참고하여 구축한 토지이용도와 환경부 토지피복도를 이용하여 SWAT 모델의 입력자료로 사용하였을 시 토지분류 정확성이 유사거동에 미치는 영향을 평가하였으며, 유역 내 정확한 토지이용 구축이 SWAT 모델의 정확성 평가에 얼마나 중요한지 제시해 줄 수 있을 것으로 판단된다.

2. 연구방법

2.1. 대상유역

연구대상지역은 행정구역 상 강원도 평창군 대관령 면에 속하는 도암댐 유역이다. 송촌 본류의 길이는 약 29.5km 이며 도암댐 유역 면적 144.6 ㎢로 대관령 면적 221.6 ㎢의 65.3 %를 차지한다.

2.2. 객토속성 고려한 토양DB 이용

도암댐 수계 내 토양속성은 농촌진흥청 농업과학기술원(NIAST, 2000)에서 제공해 주는 정밀토양도(1:25,000)를 사용하였다. 하지만 도암댐 유역 내 고랭지 농경지에서는 지속적으로 많은 양의 객토가 성행하고 있다. 따라서 허성구 등(2007)이 고랭지 농경지에서의 도암댐 유역 내 농경지에서 객토가 성행하고 있다는 점을 착안하여 객토 토양 시료를 채취하여 비중계 실험 및 체가름 분석을 통한 입도 분석을 수행하였다. 그 결과 자갈 함량 20 %, 모래 함량 61 %, 실트 함량 19.4 %인 사양토(SL)로 분석되었다. 구축된 객토 토양도를 토지이용과 중첩하여 객토 속성을 고려한 토양 DB를 SWAT 모형 입력 자료에 이용하였다.

2.3. 환경부 토지이용도

도암댐 유역 토지피복도의 경우 환경부 제공 1/25,000 대부분류 수치 피복도자료를 이용하였다. 분류 결과 산림(FRST) 61.9 %를 차지하며, 농업지역(AGRL) 31.7 %, 초지(PAST) 2.3 %, 시가화(URLD) 1.9 %, 나지(CLVA) 1.0 %, 수역(WATR) 1.2 % 각각 차지하고 있다 (Fig 1).

2.4. 지적도 기반 토지이용도

도암댐 유역 지적도를 바탕으로 인터넷 제공 고해상도 즉 공간해상도 1m급 위성영상 자료와 비교하여 디지타이징을 통한 토지이용도를 구축하였다. 분류결과 산림(FRST)이 72.0 %를 차지하며, 농업지역(AGRL) 12.0 %, 초지(PAST) 11.0 %, 시가화(URLD) 3.0 %, 수역(WATR) 2.0 % 각각 차지하고 있다(Fig 2).

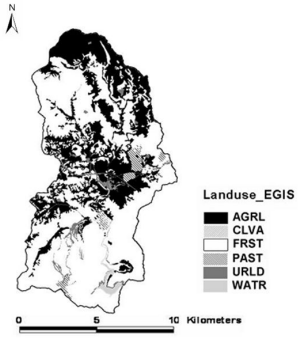

Fig. 1. Landuse at the doam watershed (EGIS, 2000).

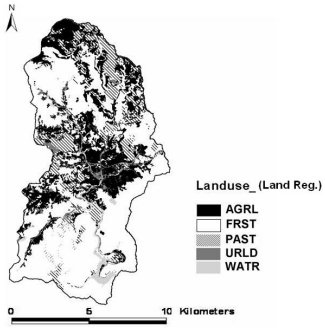

Fig. 2. Land registration map at the doam-dam watershed.

2.5. SWAT 모형 정확성 평가를 위한 보정 및 검증

SWAT 모형을 이용하여 환경부 토지피복도와 지적도 및 영상 자료를 비교·분석하여 토지분류 정확성이 유사거동에 미치는 영향을 모의하기에 앞서, 지적도 및 영상자료를 이용하여 디지타이징을 통한 구축한 토지이용도 자료를 이용한 SWAT 모형의 수문 및 토양유실/유사 검포넌트의 정확성을 평가해야 한다. 모형의 정확성 검증을 위해 도암댐 수계의 유량 데이터(한국수력원자력(주), 2006)와 송천 지점의 유사량 데이터(물환경정보시스템, 2006)를 실측자료로 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. SWAT 모형 보정 및 검증 결과

허성구 등(2007)의 고랭지 농경지의 객토 속성을 고려한 수문 및 토양유실/유사 컴포넌트의 정확성을 평가 시 SWAT 입력 자료인 환경부 환경지리정보서비스 제공 토지피복도를 이용하여 수문 모의 시 모형 효율지수는 (EI = 0.53 Calibration, EI = 0.74 Validation) 및 유사 (R^2 = 0.54, EI = 0.51) 보다 도암댐 유역 내 지적도 및 고해상도 영상 자료를 기반으로 한 토지이용도 사용 시 수문 모형 효율지수는 (EI = 0.79 Calibration, EI = 0.85 Validation) 및 유사 (EI = 0.79 Calibration, EI = 0.86 Validation)로 SWAT 모형에 적용한 결과 도암댐 유역 내 자연 및 수문현상을 더욱 잘 반영하는 것으로 나타났다.

3.2. 각기 다른 토지이용도 사용에 따른 소유역 별 토양유실량

도암댐 유역을 41개 소유역으로 분할하여 각 소유역 별 유사발생량을 분석하였다. 그 결과 Fig 3, 4에서 보이는 바와 같이 도암댐의 41개 소유역 중 환경부 토지피복도를 이용한 SWAT 모의 시 연 평균 유사발생량이 약 61.8ton/ha/year 이며,지적도를 바탕으로 영상을 참고하여 디지타이징을 통하여 구축한 토지이용도를 이용한 SWAT 모의 연 평균 유사발생량이 약 36.2 ton/ha/year로 약 70.7 % 차이가 발생하는 것으로 분석되었다. 이는 환경부 토

지피복도가 실제 도암댐 유역 내 토지이용 현황을 최대한 반영하지 못한 결과이다. 모의 결과 값의 차이 발생으로 인해 SWAT 모델을 이용하여 유역 내 토양유실량 평가와 탁수 저감방안 대책을 수립하기 위해 SWAT 모델의 기본 입력 자료로 환경부 토지피복도를 사용한 많은 선행 연구들에 있어 토양유실량 평가 시 모의 결과 값이 과대평가 될 수 있는 결과라 할 수 있다.

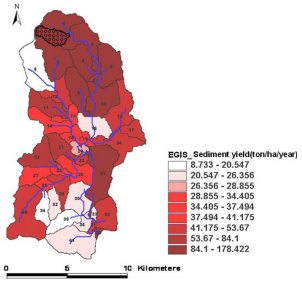

Fig. 3. Sediment yield yearly average with land cover of EGIS.

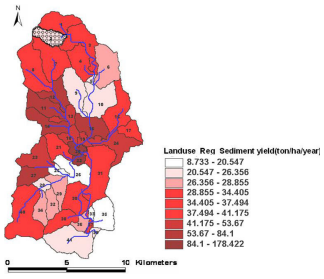

Fig. 4. Sediment yield yearly average with land cover using land registration map and high resolution satellite image.

또한 도암댐 유역 각각의 41개 소유역 중 소유역 2번의 경우 환경부 제공 토지피복도를 이용한 SWAT 모의 시 연 평균 유사발생량이 약 165.9 ton/ha/year 이며, 지적도를 바탕으로 영상을 참고하여 디지타이징을 통해 구축한 토지이용도를 이용한 SWAT 모의 시 연 평균 유사발생량이 약 25.6 ton/ha/year로 약 548.0 %로 가장 차이가 많이 발생하는 소유역 지역으로 분석되었다. 소유역 2번의 경우 차이가 발생한 원인으로 토지이용 현황을 분석한 결과 환경부 토지피복도의 분류상 농업지역(AGRL)이 77 %를 차지하고 있었으나, 지적도를 바탕으로 영상을 참고하여 디지타이징을 통해 구축한 토지이용도의 분류 상 기존 환경부 토지피복도 농업지역(AGRL)이 산림(FRST) 64 %, 초지(PAST) 13 %로 토지이용 분류상 오류로 인해 환경부 토지피복도를 사용한 SWAT 모의 결과 값이 과대하게 평가된 결과이다(Fig 5).

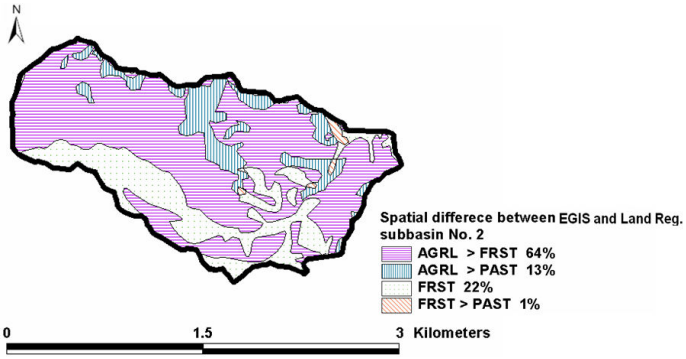

Fig. 5. Spatial changes of landuse with EGIS, land registration map and high resolution satellite image at doam-dam watershed.

4. 결론

고랭지 지역인 강원도 평창군 도암댐 유역은 지형 및 강수 특수성으로 인해 강수 발생 시 타 지역보다 토양유실 및 수질오염이 심각하여 생태계에 악영향을 미치고 있으며 기타 많은

문제점들을 야기 시키고 있다. 이를 위해 많은 모델링 기법이 적용되어 탁수현황 파악과 저감대책에 대한 연구 및 사업이 이루어지고 있다. 본 연구에서는 농업 비점오염원에 의한 수문 순환 및 시·공간적 변화를 모의할 수 있는 SWAT 모형을 이용하였다. 그러나 대부분 SWAT 연구들에 있어 가장 기본적인 입력 자료 구축 시 연구지역 내 유출 및 비점오염 거동에 영향을 미치는 현황을 최대한 반영하여 SWAT 모형을 운영하는 연구사례가 많이 부족하다. 그 중 유역 내 비점오염원 거동 모의에 있어 SWAT 입력자료 중 토지이용도의 정확성이 상당히 중요하며 정확한 현황 파악이 요구된다. 따라서 SWAT 모의 시 환경부 환경지리정보서비스 제공 토지피복도와 지적도를 바탕으로 위성영상을 참고하여 구축한 토지이용도를 이용하여 SWAT 모델의 입력 자료로 사용하였을 시 토지분류 정확성이 유사거동에 미치는 영향을 평가하였으며, 유역 내 정확한 토지이용 구축이 SWAT 모델의 정확성 평가에 얼마나 중요한지 평가하였다. 그 결과 지적도를 바탕으로 위성영상을 참고하여 구축한 토지이용도의 SWAT 모의 시 수문 및 유사 컴포넌트 정확성 평가 시 유량을 보정한 결과, 결정계수 (R^2)는 0.83, 모형의 효율지수(EI)는 0.79, 보정된 매개변수를 적용하여 검증한 결과 결정계수 (R^2)는 0.86, 모형의 효율지수(EI)는 0.85로 나타났다. 유사의 경우 결정계수 (R^2)는 0.84, 모형의 효율지수(EI)는 0.79, 보정된 매개변수를 적용하여 검증한 결과 결정계수 (R^2)는 0.87, 모형의 효율지수(EI)는 0.86로 나타났다. 이는 환경부 환경지리정보서비스 제공 토지피복도를 사용하여 허 등(2007)의 도암댐 유역의 객토 속성을 고려한 수문 및 토양유실·유사 컴포넌트 정확성 보다 모델의 정확성이 향상한 결과이다. 이를 바탕으로 환경부 제공 토지피복도를 사용하였을 경우 SWAT 모의 연 평균 토양유실량이 약 61.8 ton/ha/year 이며, 지적도를 바탕으로 위성영상을 참고하여 구축한 토지이용도를 사용한 SWAT 모의 연 평균 토양유실량이 약 36.2 ton/ha/year로 약 70.7 % 차이가 발생하는 것으로 분석되었다. 특히 소유역 2번의 경우 환경부 토지피복도를 사용한 SWAT 연 평균 토양유실량이 약 165.9 ton/ha/year 이며, 지적도를 바탕으로 위성영상을 참고하여 구축한 토지이용를 사용한 SWAT 연 평균 토양유실량이 약 25.6 ton/ha/year로 약 548.0 % 차이가 발생하는 소유역으로 분석되었다. 따라서 본 연구의 결과는 환경부 환경지리정보제공 토지피복도가 실제 도암댐 유역 내 토지이용 현황을 최대한 반영하지 못한 결과할 수 있다. 탁수저감 방안 및 대책 수립 시 유사발생 지역에 대한 최적 관리 방안 수립 시 현 유역 내 정확한 토지이용 현황 파악 및 구축을 하지 않고 기존 환경부 토지피복도를 이용하여 SWAT 모델 적용 시 모의 결과 값이 과대평가 될 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 농촌진흥청 농업과학기술원 (2000). http://www.niast.go.kr.
2. 물환경정보시스템 (2006). http://water.nier.go.kr/weis.
3. 한국수력원자력(주) (2006). http://www.khnp.co.kr.
4. 허성구, 김재영, 유동선, 김기성, 안재훈, 윤정숙, 임경재 (2007). 객토 농경지의 토양특성을 고려한 도암댐 유역에서의 수문 및 유사 거동 모의. *한국농공학회지*, **49**(2), pp. 49-60.