제주도 하천의 SWAT모형의 적용

Simulation of runoff of rivers in Jeju Island using SWAT model

한웅규*, 양성기**, 정우열***

Woong-Ku Han, Sung-Kee Yang, Woo-Yul Jung

요 지

제주도는 연평균 강우량이 1,975mm에 달하는 우리나라 최대의 다우지역이며 투수성이 좋은 다공질 화산암류 및 화산회토로 이루어져 있어 총 강우량의 48.5%에 이르는 빗물이 지하로 침투하여 대부분의 하천들은 건천을 이루고 있다. 제주도의 143개 하천 중 6개의 하천을 제외한 전 하천들은 건천의 형태를 이루고 있어 지표수의 발달이 매우 빈약하다.

본 연구에서는 장기 강우-유출 모형인 SWAT(Soil and Water Assessment Tool) 모형을 적용하여 제주도 주요하천의 유출량을 산정하고자 한다. 143개 하천 중 제주도 동부유역의 천미천과 북부유역의 외도천을 연구대상유역으로 선정하여 SWAT 모형을 적용하였다.

연구 대상유역에 대한 SWAT 모형의 입력자료인 수문·기상자료(Precipitation, Solar Radiation, Wind Speed, Climate, Humidity)와 지형자료(DEM(Digita Elevation Model), Land Use, Soil Type) 를 구축하였으며, 동시에 모형의 보정 및 검증을 위하여 천미천·외도천 유역의 실측 유출자료를 수집하여 정리하였다. 모델의 입력자료를 구축하고 SWAT 모형을 이용하여 천미천·외도천 유역의 유출 모의를 하였고, 유출 모의 결과를 바탕으로 하여 수문관련 매개변수들의 민감도 분석을 하였으며, 민감도 분석을 통하여 보정을 수행하였다. 보정을 수행한 결과를 바탕으로 하여 천미천·외도천의 유출모의 결과를 분석하였으며, 향후 제주도에 필요한 연구결과 활용방안에 대하여 검토한 이상의 결과들로부터 제주도 하천에 대하여 SWAT모형을 적용한 결과 장기 일 유출량 모의에 대하여 전체적으로 우수한 결과를 보이고 있다. 향후 많은 보다 많은 유출량 자료를 확보하여 본 연구의 결과와 비교·검정하여 SWAT 모형을 구축한다면 제주도 하천의 장기 일 유출량 모의를 할 수 있을 것이라 판단된다.

핵심용어 : SWAT, Land Use, Soil Type, DEM, 매개변수 민감도분석

1. 서 론

제주도는 연평균 강우량이 1,975mm에 달하는 우리나라 최대의 다우지역 중에 한 곳이지만 투수성이 좋은 다공질 화산암류 및 화산회토로 이루어져 있어서 총 강우량의 48.5 %가 지하로 침투하여 대부분의 하천들이 건천을 이루고 있다(제주도·수자원공사, 2003). 지표수의 발달이 빈약한 연유로 인하여 제주도민의 수자원을 전적으로 지하수에 의존하고 있으나 지하수의 과다한 개발·이용으로 인한 장해를 사전에 방지하고 향후 지하수 함양량 감소에 능동적으로 대처하기 위하여 지표수자원 개발이 필요하다.

지표수 자원의 개발을 위하여 제주도 하천에 대한 수문조사와 장기간에 걸친 유출량 자료를 확보하여야 한

* 제주대학교 토목해양공학과 석사과정

** 제주대학교 토목해양공학과 교수

*** 제주대학교 토목해양공학과 공학석사

다. 현재 수문조사는 수행되고 있으나, 장기간에 걸친 유출량 자료는 확보되지 못한 실정이다. 따라서 현재로서 제주도 주요하천의 유출량을 계속적으로 산정 해내기 위해서는 건천의 상태를 이루는 하천과 항시 유출이 발생하는 하천을 대상으로 하여 수문모델을 적용시켜서 계속적인 유출량 자료를 산정해야 하는 연구가 필요하다.

2. SWAT 모형의 기본이론

SWAT(Soil and Water Assessment Tool) 모형은 일 단위의 모의가 가능한 유역단위의 준 분포형 장기강우-유출모형으로서 4가지 Sub-Model로 구성되어 있다. 4 부모형 중에서 수문 부모형은 저류방정식에 의해 일 단위로 물수지를 산정하며, 차단, 지표면 유출, 중간유출(측방유출), 침투, 기저유출, 수로손실, 증발산 등으로 구성되어 있다.

SWAT 모형에서 일별 지표면 유출량은 SCS 방법을 이용하며 산정하며, 측방유출은 Kinematic Storage Model 을 이용하고 침투는 토층을 최대 10개 층까지 세분화하여 선형저수량 추적기법을 사용하여 계산한다. 또한 SWAT 은 지하수를 두 개의 대수층과 유역 밖의 하천에 대한 회귀수에 기여하는 깊은 피압 대수층으로 나누어 물수지에 의해 계산되며, 잠재 증발산을 산정하기 위하여 Hagreaves, Priestley-Taylor, Penman-Monteith 방법을 제공한다.

SWAT 모형의 입력자료는 수문·기상자료와 GIS 입력자료(DEM, 토지이용도, 토양도) 로 구분되며 출력자료는 토양도와 토지이용도를 중첩시켜 만든 수문반응단위 HRU 별 출력자료와 유역경계에 의해 구분된 소유역별 자료, 각 하도추적 구간별 결과치로 구분된다.

3. SWAT 모형의 적용

Fig. 1 의 제주도 동부지역의 천미천과 북부지역의 외도천에 SWAT 모형을 적용하기 위하여 천미천유역의 기상·강우관측 자료 (1999 ~ 2006), 외도천유역의 기상·강우관측 자료(2004 ~ 2007. 8)를 구축하였으며, 또한 100m 격자크기의 DEM, 토지피복도, 토양도 자료를 구축하였다(Fig. 2 ~ 3).

Table 1. 연구대상 유역의 현황

구 분	유역면적(km^2)	토지피복분류	토양통분류	HRU 개수
천 미 천	127.62	5	35	127
외 도 천	44.54	4	31	58

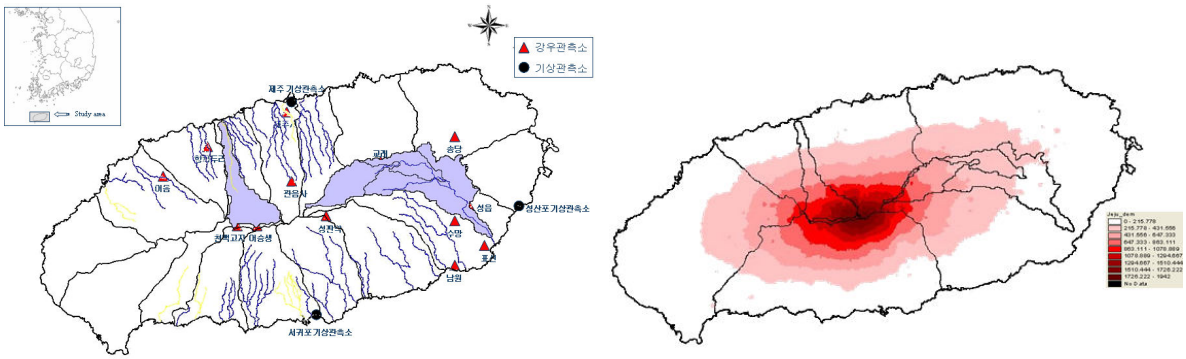

Fig. 1. 연구대상 유역 및 DEM 자료

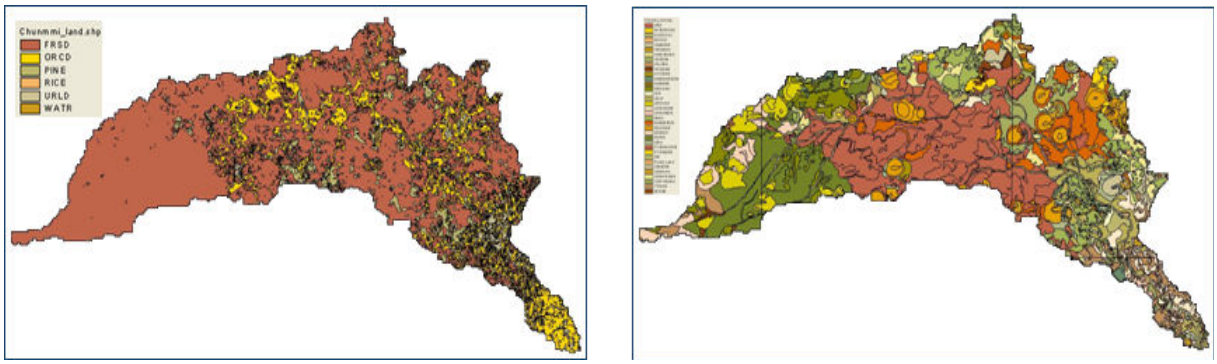

Fig. 2. 천미천 유역 토지피복 및 토양통 자료

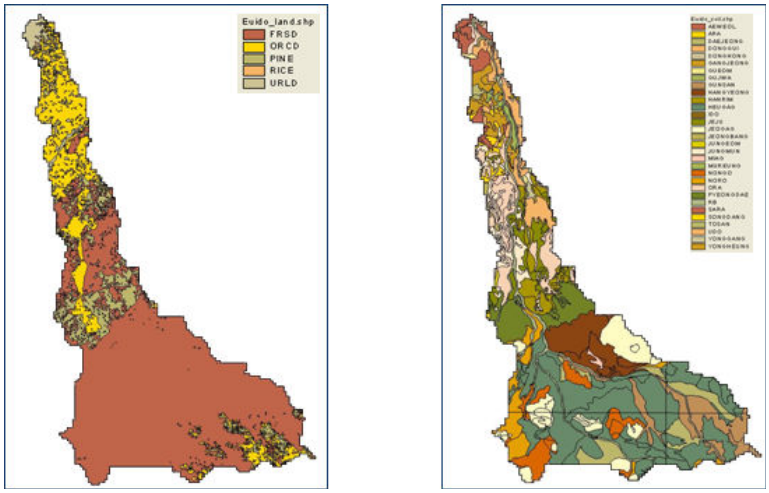

Fig. 3. 외도천 유역 토지피복 및 토양통 자료

천미천 유역은 3개의 소유역으로 분할하여 모델을 적용하였고, 외도천 유역은 유역면적이 작으므로 1개의 유역으로 모델을 적용하였다. 지표면 유출은 수정 CN법, 하도추적은 Muskingum 방법, 잠재 증발산량은 Penman-Monteith 방법으로 모형을 적용하였다.

4. 연구결과

제주도 천미천·외도천 유역에 모형의 적용 결과는 Fig. 4와 같다. 연구결과 건천인 천미천 유역은 2002년과 2006년 실측 자료가 있었으나, 2006년 실측한 자료를 가지고 보정을 수행하였다. 모의유량이 실측유량보다 많이 발생되어 AMCⅡ 조건의 CN2, 토양매개변수인 SOL_AWC, 지하수 매개변수인 GW_REVAP을 조정하였다. 상시하천인 외도천 유역의 연구결과 모의유량을 계산했으나 현재 실측자료의 수집이 이루어지고 있으나, 아직 실측자료가 미미하여 보정 및 검정 을 수행하지 못하였다. 그러나 향후 보정 및 검정을 수행하여 연구결과에 반영할 것이다.

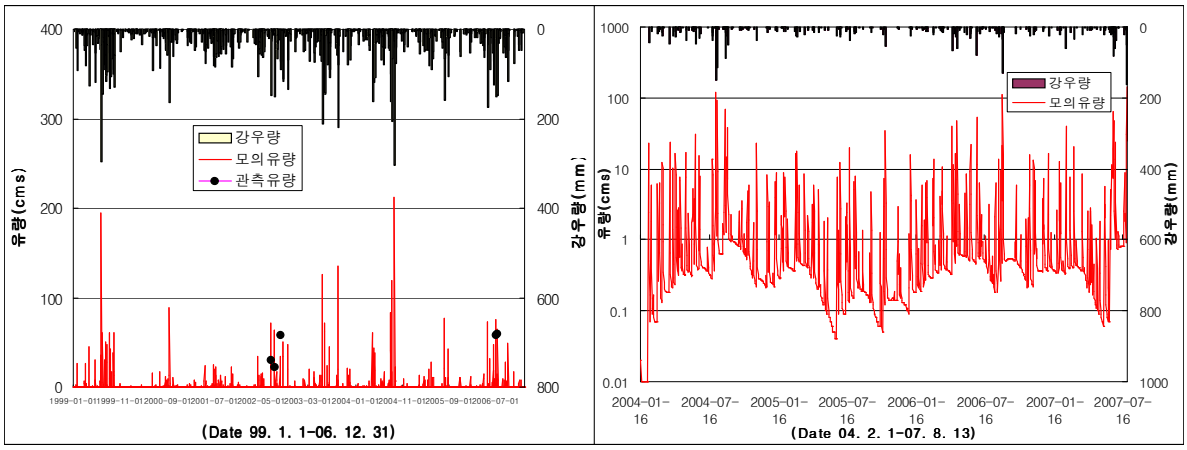

Fig. 4. 천미천·외도천 유역의 모형 적용 결과

5. 결 론

본 연구에서는 SWAT 모형을 제주도 동부지역 천미천유역과 북부지역 외도천유역에 적용하였다. 모형 적용을 위하여 현재 국내에 구축되어 있는 DEM, 토지피복도, 토양통도 를 수집하여 SWAT 모형의 기본입력 자료로 구축하여 활용하였다. 건천인 천미천유역에 SWAT 모형을 적용한 결과 실측치와 비슷한 경향을 보이나 실측자료의 부족으로 보정이 어려웠으며, 상시하천인 외도천 유역은 현재 실측자료가 수집중이다. 지속적인 하천 조사와 더불어 SWAT 모형이 구축된다면 지표수자원 개발을 위한 장기간의 기초자료로서 크게 활용될 것이다.

참 고 문 헌

신문주, 2006, SWAT 모형을 이용한 안양천 유역의 유량확보와 수질개선에 대한 방안, 서울대학교 대학원 석사학위논문. pp. 6~13. pp. 13~17.

김남원, 2005, 소양강댐 유역에 SWAT 모형의 적용, 수자원학회 05학술발표회, pp. 1~5.

장철희, 2004, 청계천 유역에 SWAT 모형의 적용, 수자원학회 04학술발표회, pp. 1~6.

한국건설기술연구원, 2006, 제1회 SWAT-KOREA 컨퍼런스 발표논문집.