

충주댐 유역의 유출량에 대한 SWAT모형의 예측불확실성 분석

The Uncertainty Analysis of SWAT Simulated Streamflow Applied to Chungju Dam Watershed

조형경*, 박종윤, 심형진***, 이지완****, 김성준*******
Hyung Kyung Joh, Jong Yoon Park, Hyung Jin Shin, Ji Wan Lee,
Seong Joon Kim

.....

요 지

SWAT (Soil and Water Assessment Tool) 모형은 물리적 기반의 준분포형 강우-유출 모형으로서, 대규모의 복잡한 유역에서 장기간에 걸친 다양한 종류의 토양과 토지이용 및 토지관리 상태에 따른 유출과 유사 및 오염물질의 거동에 대한 토지관리 방법의 영향을 예측이 가능하여, 수자원 관리 계획 및 유역관리를 위한 의사결정 지원 등 그 적용 범위가 매우 광범위하다. 이러한 모형의 적용성 검증은 위해서는 매개변수 민감도 분석 및 검·보정, 예측 불확실성 분석을 필요로 한다. 최근 수문 모델의 불확실성을 분석하기 위한 다양한 기법들이 개발 되었는데, 본 연구는 충주댐 유역(6,581.1 m)을 대상으로 유역출구점의 실측 일 유출량 자료(1998~2003)를 바탕으로 SWAT 모형의 유출관련 매개변수(총 18개)에 대한 불확실성 분석을 실시하였다. 이때 사용된 분석 기법으로는 SUFI2 (Sequential Uncertainty Fitting algorithm 2), GLUE (Generalized Likelihood Uncertainty Estimation), ParaSol (Parameter Solution)등을 적용 하였다. 이러한 기법은 모두 SWAT-CUP (SWAT-Calibration Uncertainty Program, Abbaspour, 2007) 모형에 탑재되어있으며, 모형의 결과로써 검·보정, 매개변수의 민감도 분석, 각종 목적 함수 및 불확실성의 범위 등이 자동으로 산출 되므로 모형의 사용자가 불확실성 평가 기법의 분석 및 비교를 손쉽게 할 수 있다. 그 결과 대표적인 목적 함수인 결정 계수(R^2)와 NSE (Nash-Sutcliffe Model Efficiency)는 모두 0.65에서 0.92사이의 값을 나타내어 대체적으로 모의가 잘 이루어졌음을 알 수 있었다. 그러나 불확실성의 범위를 나타내는 지표인 p-factor 및 r-factor에서는 평가 기법 별로 그 차이가 확연하게 드러났다. 여기서 p-factor는 불확실성 범위에 실측치가 포함되는 비율이며, r-factor는 불확실성의 상대적인 범위로 각각 1과 0에 가까울수록 모의 기법의 성능이 우수함을 의미한다. 세 가지 알고리즘 중에서 SUFI2의 p-factor가 약 0.51로 가장 높게 나타났으며, ParaSol의 r-factor가 0.00으로 가장 작게 나타났다. 여기서 p-factor는 불확실성 범위에 실측치가 포함되는 비율이며, r-factor는 불확실성의 상대적인 범위를 의미한다. 본 연구의 결과는 SWAT 모형을 이용한 수문모델링에서 수문분석에 따른 예측결과의 불확실성을 정량적으로 평가함으로써, 모형의 적용성 평가 및 모의결과의 신뢰성 확보에 근거자료로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

핵심용어 : SWAT-CUP, SUFI2, GLUE, ParaSol, Auto-Calibration

감사의 글

본 연구는 국토해양부 한국건설교통기술평가원의 2010 건설기술혁신사업인 ‘기후변화에 의한 수문영향 분석과 전망’ 과제에 의해 지원 되었으며, 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No. 2009-0080745) 입니다. 이에 감사드립니다.

* 정회원 · 건국대학교 사회환경시스템공학과 석사과정 · E-mail : jawbreak@konkuk.ac.kr
 ** 정회원 · 건국대학교 사회환경시스템공학과 박사수료 · E-mail : bellyon@konkuk.ac.kr
 *** 정회원 · 건국대학교 사회환경시스템공학과 박사후과정 · E-mail : shjin@konkuk.ac.kr
 **** 정회원 · 건국대학교 사회환경시스템공학과 석사과정 · E-mail : closer01@konkuk.ac.kr
 ***** 정회원 · 건국대학교 사회환경시스템공학과 교수 · E-mail : kimsj@konkuk.ac.kr