

기후변화 A1B 시나리오를 이용한 지석천 유역의 SWAT 모형적용

Application of SWAT Model for Jiseok Stream Basin using Climate Change A1B Scenario

박성천*, 문병석**, 오창열***, 양동현****

Sung-Chun Park, Byeong-Seok Moon, Chang-Ryeol Oh, Dong-Hyun Yang

요 지

전 지구적으로 지구온난화로 인해 기후변화가 일어나고 있으며 이에 대해 다양한 방면에서 기후변화에 대한 대응, 적응, 극복을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 선진국에서는 일찍이 기후변화관련 영향을 정량적으로 평가하고 치수정책에 반영하고자 노력하고 있으며, 우리나라의 경우도 2000년에 들어서 기후변화 관련 연구를 본격적으로 시작하였다. 지난 100년 동안 한반도 기온은 약 1.7℃ 상승하여 세계온도의 증가율에 비해 2.3배 상승하였고, 최근 50년 동안 우리나라 강수량을 분석한 결과 전국적으로 강수일수는 감소하고 일강수량 80mm 이상인 호우발생 빈도는 증가하는 것으로 나타났다. 또한, 남부지역에서는 연강수량이 7% 증가하고 연 강수일수는 14% 감소하며 강수강도는 18% 증가하는 것으로 분석되었다. 이상의 결과를 종합해 볼 때, 우리나라는 기후변화의 영향으로 강수일수는 감소하고 연강수량은 증가하는 것을 알 수 있으며, 이는 곧 강우강도가 강해짐에 따라 홍수와 가뭄의 발생가능성이 증가될 것으로 예상된다.

따라서 본 연구에서는 기후변화에 따른 홍수와 가뭄 발생에 대응하기 위한 기초자료를 제공하고자 지석천 유역의 기후변화 시나리오에 따른 유출량 변화를 모의하였으며, 이를 위해 분포형 장기 강우-유출모형인 SWAT(Soil And Water Assessment Tool)모형을 이용하였다. 기후변화 시나리오 자료는 국내 기상청에서 제공하는 수평격자 27km의 고해상도 RCM A1B 시나리오 자료를 사용하였으며, 1971~2010년 기간의 기후변화 시나리오 자료를 지석천 유역에 인접한 광주기상청 실측 기상자료와 비교하여 편이보정 후 2011~2100년 기간의 유출량을 모의하였다.

유출량 모의값에 대한 검·보정을 위하여 지석천유역의 하류지점인 남평지점의 실측 유량을 이용하여 검·보정을 실시하였으며, 2002~2005년 기간의 자료를 이용하였다. 검·보정 결과 2002~2005년 기간 동안의 유출량 모의값은 실측유량값과 유사한 경향을 나타내었으며 본 연구의 목표인 2011~2100년까지의 유출량은 기후변화 시나리오의 내용과 비슷한 침투유량이 증가함을 나타내었다.

핵심용어 : 기후변화 시나리오, SWAT모형, 지석천, 유출량

* 정회원 · 동신대학교 토목공학과 교수 · E-mail : psc@dsu.ac.kr
** 정회원 · 서남대학교 토목공학과 교수 · E-mail : mbs0235@seonam.ac.kr
*** 정회원 · 광주광역시 환경생태국 생태하천수질과 전문위원 · E-mail : new2020@korea.com
**** 정회원 · 동신대학교 토목공학과 박사과정 · E-mail : miziri@nate.com

1. 서론

전 세계적으로 지구온난화에 의한 기후변화가 진행되고 있다. 우리나라의 기후변화 추세는 현재와 비교하여 21세기말 (2071~2100년)에는 기온이 약 4℃ 상승하고, 강수량은 17%가 증가할 것으로 전망되어 전 지구적 변화경향과 비슷하거나 다소 높게 나타나고 있다(기상청, 2010). 현재의 기후도 이를 뒷받침 하듯이 집중호우, 태풍 등이 자주 발생하여 홍수피해가 증가하고 있다. 이러한 기후변화에 따른 홍수피해를 방지하기 위한 대안은 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 기상청의 기후변화정보센터에서 제공하는 A1B 기후변화 시나리오에 의한 기상자료를 활용하여 미래 기후변화 영향을 고려한 지석천유역의 유출량을 산정하여 기후변화에 의한 지석천유역의 유출량 변화를 분석하였다.

2. 대상 지점 및 입력자료

지석천은 영산강 권역의 영산강 수계에 속하며, 영산강의 제 1지류이다. 국가하천과 지방 2급 하천으로 나뉘어져있다. 지방 2급 하천은 화순군 이양면에서 발원하여 이양면, 청풍면, 춘양면 경계지점을 지나면서 국가하천으로 바뀌며 나주시 금천면에서 영산강과 합류한다.

본 연구에서는 모형의 정확성을 판단하기 위하여 최종유출구를 영산강과 합류지점인 금천지점으로 하지 않고 실제 유량측정이 이루어지고 있는 남평지점을 최종유출구로 사용하였다.

남평지점에서의 유역면적은 576.2km² 이며, 유로연장은 45.4km, 유역평균폭은 12.7km, 유역형상계수는 0.280, 평균고도는 195.1EL.m 이다.

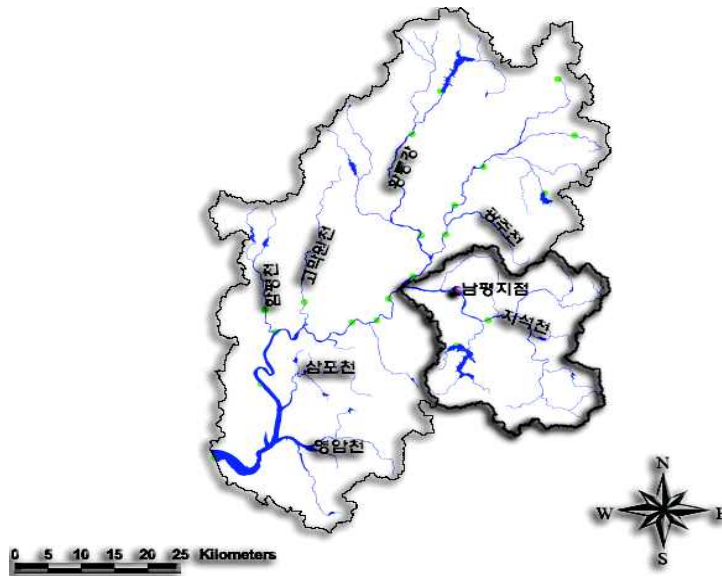


그림 1. 지석천유역 위치도

본 연구에 이용된 입력자료는 기상청의 기후변화정보센터에서 제공하는 A1B 기후변화 시나리오(1971~2100년)를 이용하였으며 30년(1971~2000년)간의 시나리오 자료와 지석천유역과 가장 인접한 광주기상청의 실측기상자료를 이용하여 편이보정계수를 산정 후 2001~2100년까지의 기후변화 시나리오에 적용하였다. 또한 모형의 매개변수 산정을 위하여 편이보정된 2002~2005년까지 4년간의 기상자료를 적용하여 검·보정을 수행하여 최적의 매개변수를 산정하였다.

기후변화 시나리오에 의한 지석천유역의 유출량 산정을 위한 기상자료의 기간은 2011~2100년까지의 90년간의 편이보정된 기후변화 시나리오 기상자료를 이용하였다.

또한 SWAT모형에 입력하는 지형자료 중 DEM은 1:25000수치지도를 이용하여 등고선과 표고점을 추출하여 30m × 30m의 DEM(Digital Elevation Map)자료를 생성하여 사용하였다.

토지이용도는 환경부에서 제공한 1:25,000의 자료를 사용하였으며, 주거지, 논, 상업지역 등등 SWAT모형에서 요구하는 23가지로 분류 입력자료로 구성하였다. 또한 SWAT모형에서 토양의 물리적, 화학적 특징을 결정하는 중요한 자료인 토양도는 한국토양정보시스템에서 제공하는 정밀토양도를 사용하였다.

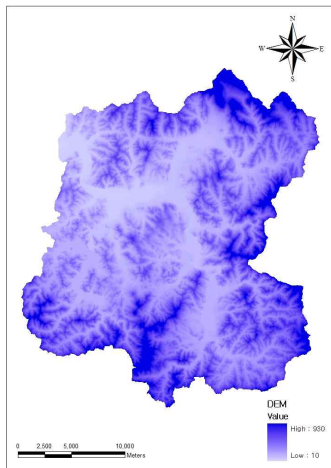


그림 2. DEM

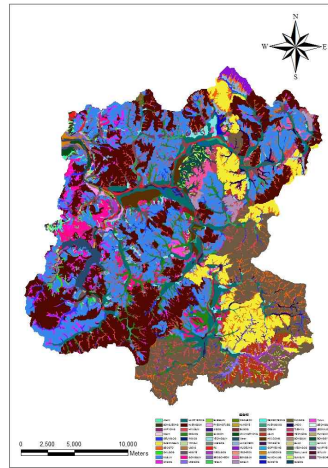


그림 3. 토양도

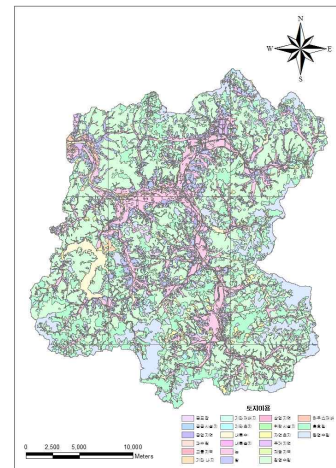


그림 4. 토지이용도

3. SWAT모형의 이론적 배경

SWAT모형은 미국 농무성 농업연구소에서 개발한 연속모형으로서 장기간 동안의 다양한 토양도와 토지이용 및 토지관리 상태에 따른 유출과 유사 및 오염물의 거동에 대한 토지관리 방법의 영향을 예측하기 위해 개발되었다.

SWAT모형에서 모의되는 수문순환은 다음 물수지 방정식에 기초하며 다음과 같다.

$$W = SW_0 + \sum_{i=1}^t (R_i - Q_{surf} - ET_i - W_{seep} - Q_{gw})$$

여기서, SW_i : 최종일의 토양수분량(mmH_2O), SW_0 : i일의 초기토양수분량(mmH_2O), t : 시간(일), R_{day} : i일의 강수량(mmH_2O), Q_{surf} : i일의 지표유출량(mmH_2O), E_a : i일의 증발산량(mmH_2O), w_{seep} : i일의 토양면에서 투수층으로 투수되는 총량(mmH_2O) 이다.

4. SWAT모형의 적용 및 결과

SWAT 모형에서 HRU를 통하여 모형의 입력매개변수를 생성하고 모의를 수행하기 때문에 SWAT 모형에서 수문 및 환경인자들을 예측하는데 있어서 HRU의 수를 적절하게 결정하는 것은 매우 중요하다. 또한 SWAT 모형은 분할된 소유역의 모형에 따라 소유역 면적 중심에서 가장 가까운 기상자료를 사용하기 때문에 소유역을 적절하게 분할하지 못할 경우 입력한 기상관측자료보다 적은 수의 자료를 사용하게 되어 모형의 정확성이 떨어진다

따라서 본 연구에서는 시행착오법에 의해 HRU의 수를 2048개로 설정하고, 그림 5와 같이 소유역은 21개로 설정하였으며 2002~2005년에 걸쳐 매개변수 최적화를 위한 검·보정을 수행하였다.

기후변화 시나리오에 의한 지식천유역의 유출량 모의기간은 2011~2100년으로 90년간 월평균 유출량을 모의하였다.

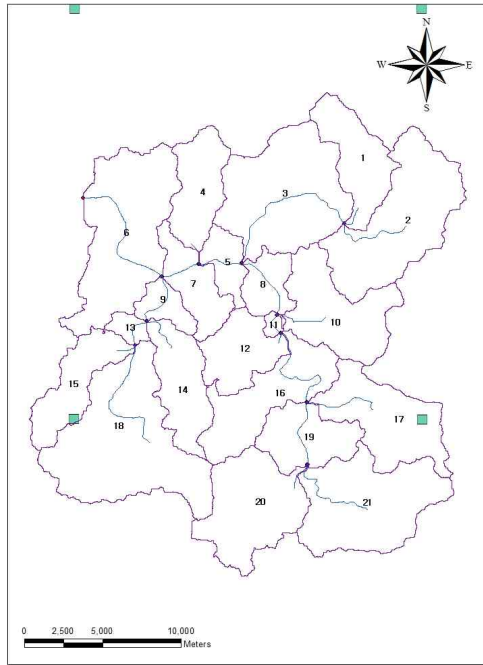


그림 5. SWAT모형에 의한 소유역 분할

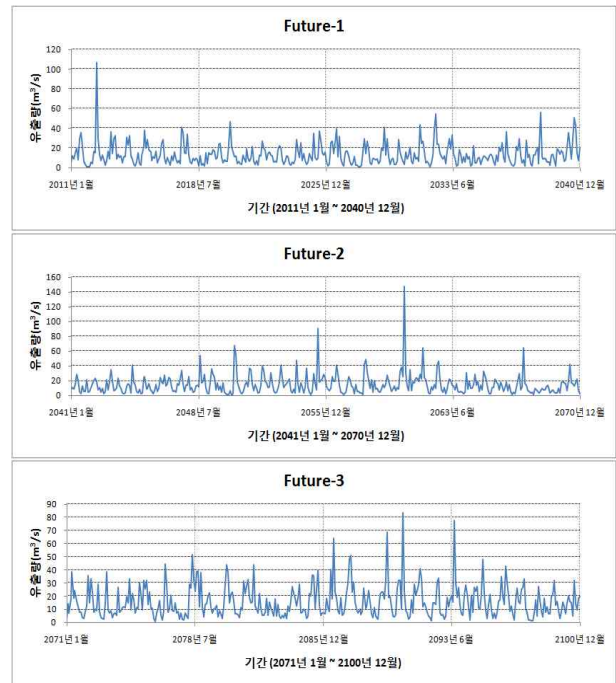


그림 6. 모의유량 시계열도

SWAT 모형 적용 결과를 그림 6.과같이 3구간으로 나누어 분석을 수행하였으며 Future-1은 2011~2040년까지, Future-2는 2041~2070년까지, Future-3은 2071~2100년까지 각각 30년으로 등분하여 분석을 수행하였다.

분석방법은 각각의 구간별로 기초통계분석인 평균, 표준편차, 왜도, 첨도를 산정하여 유출특성을 분석하였으며 그 결과는 표 1.과 같다

표 1. 각 구간별 기초통계분석

Future	통계분석	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
1	평균	5.69	7.10	11.33	18.43	20.41	16.48	17.92	19.94	14.62	10.65	8.96	9.28
	표준편차	3.76	4.88	5.66	9.10	9.58	11.69	20.55	14.91	8.74	7.23	6.37	5.55
	왜도	1.33	0.57	0.46	0.22	1.08	1.66	2.98	0.80	1.09	1.38	2.22	0.33
	첨도	2.00	-1.00	-0.84	-1.03	0.91	2.77	11.68	-0.33	2.73	1.96	7.36	-0.54
2	평균	6.68	7.03	7.40	19.77	22.20	15.84	17.82	25.25	16.80	14.23	12.61	11.30
	표준편차	4.64	5.29	4.37	11.73	10.97	8.54	17.06	29.22	13.60	7.48	8.89	8.12
	왜도	1.21	1.16	0.69	0.72	0.62	0.43	2.89	2.82	2.23	0.48	1.10	1.17
	첨도	0.47	0.58	-0.26	-0.11	-0.16	0.29	11.03	9.96	5.87	-0.65	0.66	0.98
2	평균	7.62	7.53	12.04	18.93	23.17	18.94	16.13	27.40	21.52	12.98	13.59	11.23
	표준편차	5.30	4.96	7.64	10.29	10.75	10.78	10.52	20.46	14.28	8.91	9.41	8.04
	왜도	2.01	1.14	0.49	0.64	0.95	0.53	0.95	1.27	1.21	1.89	0.81	2.64
	첨도	5.40	0.67	-0.54	0.70	0.32	-0.98	1.26	1.51	2.48	4.62	-0.12	9.14

각 구간별 기초통계분석 결과 Future-1구간의 경우 5월이 20.41의 값으로 평균이 가장 높았으며 표준편차, 왜도, 첨도는 각각 20.55, 2.98, 11.68의 값으로 7월에 가장 큰 값을 나타내었다.

Future-2의 결과값을 살펴보면 평균과 표준편차는 각각 25.25, 29.22의 값으로 8월에 가장 큰 값을 나타내었으며 왜도와 첨도는 7월이 가장 큰 값으로 각각 2.89, 11.03의 값을 나타내었다.

Future-3의 경우 평균, 표준편차, 왜도는 각각 27.40, 20.46, 1.27의 값으로 8월이 가장크게 나타났으며 첨도는 2.48의 값으로 9월이 가장 크게 나타났다

따라서 각 구간별 기초통계분석 따른 결과에 의해 유출량은 우리나라 강우특성에 맞는 여름에 강우가 편중되어 있음을 알 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 기후변화를 고려한 유출량을 모의하기 위해 지식천유역에 가장 인접한 광주기상청 실측 강우량 자료와 기상청 기후변화정보센터에서 제공하는 A1B 기후변화 시나리오를 활용하여 편이보정후 실측유출값이 존재하는 지식천유역 말단의 남평지점을 대상으로 기후변화에 따른 유출량을 모의해 보았으며 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

편이보정된 2002~2005년까지 4년간의 기후변화 시나리오를 이용하여 지식천의 유출량을 모의해본 결과 SWAT모형의 모의값은 실측유출량과 매우 유사한 경향을 나타냄을 알 수 있었으며 지식천유역에 최적화된 매개변수를 산정 할 수 있었다.

또한 최적화된 매개변수를 이용하여 2011~2100년까지의 90년간의 기후변화 시나리오를 SWAT 모형에 적용시켜본 결과 기후변화 시나리오를 잘 반영하고 여름에 강우가 편중되는 우리나라의 강우현상을 잘 나타내었다.

결과적으로 지식천 유역의 기후변화 시나리오에 따른 유출량 변화를 모의한 결과 본 연구의 목표인 기후변화에 따른 홍수와 가뭄 발생에 대응하기 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 기상청 (2010) Climate change Handbook.
2. 김경욱 (2010) 기후변화에 따른 우이천 유역의 유출량 산정에 관한 연구, 석사학위논문, 서울시립대학교.
3. 양동현 (2010) 장기 유출 및 수질 모의를 위한 SWAT 모형의 적용, 석사학위논문, 동신대학교.
4. 양동현, 조동진, 노경범, 진영훈, 박성천 (2009). SWAT모형을 이용한 지식천 유역의 유출량 자료 모의 및 생성, 제3회 SWAT-KOREA 컨퍼런스, 한국건설기술연구원.
5. 장대원(2004). GIS기반의 SWAT모형을 이용한 하천 유출량 모의. 석사학위논문, 인하대학교.
6. 장광진, 장경수, 서영민, 여운기, 지홍기(2007). SWAT 모형에 의한 수문 및 환경인자 예측을 위한 HRU 수의 영향. 한국수자원학회 학술발표회2007년도 논문집, pp. 1573-1577.
7. IPCC (2007) Climate Change 2007: The Physical Science Basis Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Fourth Assessment Report (AR4), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.