

기후변화에 따른 낙동강 유역의 유출 분석 및 전망

Analysis and forecast of runoff in Nakdong river according to climate change

손택석*, 김미은**, 주재승***, 임지에****, 신희석*****
Tae Seok Shon, Mi Eun Kim, Jae Seung Joo, Ji Ye Im, Hyun Suk Shih

요 지

오늘날 기후변화는 기후 시스템을 구성하는 대기, 해양, 생물, 빙하, 육지 등의 다양한 구성요소에 작용하여 자연 생태계와 인간의 사회 및 경제 시스템에 커다란 영향을 미친다. 특히 최근 인간의 활동에 의해 야기된 기후변화는 극치적인 기후 현상의 빈도와 강도에 영향을 미칠 뿐만 아니라, 기후변화 현상은 수환경 시스템, 하천 생태계와 유역관리 등의 다양한 분야에 걸쳐 심각한 문제를 발생시킨다. 이에 따른 수자원의 효율적인 관리와 안정적인 물공급에 어려움을 증대시킬 것으로 전망되며, 현재 이것은 각 분야별로 해결해야 할 범지구적 문제로 인식되고 있다.

기후변화를 탐지하고 예측하기 위해서는 SRES 배출시나리오를 이용한 미래의 기후변화 장기시나리오가 필요한데, 이를 위한 기본적인 도구로 전지구기후모형(Global Climate Models, GCMs)이 있다. 기후변화에 따른 지역적 차원의 수자원에의 영향 분석을 위해서는 GCMs의 결과를 바탕으로 지역 규모에서의 기후 자료로 변환하는 규모내림(downscaling) 기법을 이용한다.

본 연구는 기후변화 분석의 가장 기본이라 할 수 있는 국내에 적합한 GCM의 선정 및 우리나라의 시공간적 기상패턴의 정밀한 구현을 위한 규모내림기법의 적용을 통하여 실시하였다. 현재 뿐 아니라 미래 90년간(2011년 ~ 2100년)의 기상 자료를 생산하고 이를 SWAT 모형에 적용하였다. 이러한 GCMs-규모내림-SWAT 모형으로 이어지는 시나리오 기반의 기후변화에 대한 낙동강 유역의 유출 분석은 기후변화 연구에 기술적 방법론의 제시와 함께 앞으로 타 유역에의 적용을 통하여 보다 정량적이고 신뢰성 있는 전국 단위의 기후변화에 따른 유출 분석연구의 기초가 될 수 있을 것이라 기대한다.

핵심용어 : 기후변화, GCMs, 규모내림, SWAT model

1. 서 론

기후변화에 대한 수자원 및 수환경 자원관리의 대응방안을 마련하기 위해서는 기후변화와 하천유역의 수문순환관계가 지역적 차원에서 예측되고 평가되는 시스템 구축이 필요하다. 이에 따라 신뢰성 있는 지역적 차원의 기후 시나리오와 하천의 유량 및 수질 시나리오의 산출이 요구되며, 이를 통하여 기후변화로 인한 지역별 수환경 자원의 변동성을 정량적으로 평가하고, 이에 대한 지역별 취약점을 분석하여 적절한 대응 및 적응 대책을 마련해야 할 것이다. 기후변화를 탐지하기 위하여 일반적으로 가장 많이 쓰이는 것은 통계적 기법에 따른 과거 관측 자료 분석과 전지구기

* 정회원 · 부산대학교 공과대학 사회환경시스템공학과 수공학전공 박사과정 · E-mail : tsshon1@hanmail.net

** 비회원 · 부산대학교 공과대학 사회환경시스템공학과 수공학전공 박사과정 · E-mail : way8210@naver.com

*** 비회원 · 부산대학교 공과대학 사회환경시스템공학과 수공학전공 석사과정 · E-mail : jss0824@pusan.ac.kr

**** 비회원 · 부산대학교 공과대학 사회환경시스템공학과 수공학전공 석사과정 · E-mail : ljyjb77@naver.com

***** 정회원 · 부산대학교 공과대학 사회환경시스템공학과 교수 · E-mail : hsshin@pusan.ac.kr

후모형(Global Climate Models, GCMs)을 이용한 기후변화 모의이다. GCMs의 결과는 한반도 전체를 하나의 격자로 표현할 정도의 공간적 해상도를 가지고 있기 때문에 이를 지역 규모에서의 기후자료로 변환하는 규모내림 기법의 개발을 사용하였다. 이를 통하여 미래기후 자료를 생성하여 이를 활용하여 SWAT 모형을 구축하였다. 관측자료인 현재(1980~2009년) 기간을 기준으로 미래의 90년(전기간: 2011~2100년)을 30년씩 3개의 중기간(F1 : 2011~2040년, F2 : 2041~2070년, F3: 2071~2100년)으로 구분하여 유출량을 분석하였다.

2. 연구방법

2.1 유역의 개황

본 연구의 적용 대상지점인 낙동강 유역은 유역면적 23,790 km²인 남한면적의 25.9 %를 차지하고 있으며, 유로연장은 510.36 km이다. 본 연구의 대상유역은 한반도 동남부에 위치하며 북쪽으로는 한강 유역, 서쪽으로는 금강 및 섬진강 유역과 접하고 동쪽으로는 태백산맥이 동해안 유역과 분수령을 형성하고 있는 우리나라 제2의 유역이다. 낙동강유역의 특성은 산지가 많으며 하폭이 넓고 평탄하나 유출이 불규칙하고 홍수와 한해의 피해가 크다. 낙동강 유역의 기상은 대개 극전선의 계절적인 이동으로 결정되며, 북아시아의 대륙성 이동과 태평양의 열대성 다습한 기류 이동으로 인하여 저온 및 고온의 기후가 상대적으로 나타난다.

2.2 강우 자료 및 기상 자료

낙동강 SWAT 모형의 입력자료 구성을 위하여 필요한 낙동강의 기초자료로 유역 내 19개의 기상관측소를 대상으로 기상자료를 수집하였다. 강우는 34개 소유역의 면적평균 강우량으로 계산 정하여 모형 구축 및 검보정에 사용하였고 기상자료는 태양복사에너지, 풍속, 최대 및 최소 기온을 수집하였다. 또한 낙동강 유역 수문 모형화는 강우 관측망을 기준으로 관측망이 낙동강 유역에 균일한 공간 분포를 유지, 자료의 통계적 유의성을 확보하기 위해 15개년 이상의 자료를 보유한 지점, 시계열 자료가 획득 가능한 지점을 대상으로 하여 강우자료를 수집하였다.

2.3 분석방법

GCMs(General Circulation Models)는 지구와 해양의 순환을 수학적 계산을 통하여 기후를 예측하는 전지구단위의 기후모의 모형이다. 본 연구에서는 PCMDI 25개 GCMs 중 현재기후 시나리오가 제공되는 17개의 GCMs를 대상으로 연구를 진행하였으며, 강수량과 기온을 통해 GCMs의 현재기후의 재현성을 확인하고자 하였다. 분석 결과 강수의 재현성 여부가 한반도 기후를 잘 재현하는 GCMs 선정에 보다 중요한 요소로 고려하는 것이 바람직할 것으로 판단하였다. 이로부터 여러 가지 GCM 선정 평가절차를 거쳐 고해상도의 GCMs인 MIHR, INGSX6이 가장 높은 순위를 기록하였으며, 이외에도 CGHR(CT63), CNCM, MPEH, CSMK 등이 또한 비교적 우리나라 기후를 잘 재현하며, 결과에서는 고해상도 GCMs인 MIHR, INGSX6 재현성이 좋았지만 이들 GCMs는 아직까지 영향분석에 필요한 SRES 배출시나리오와 현재시나리오인 20c3m시나리오가 완벽하게 존재하지 않기 때문에 이용하기에는 무리가 있어 다음으로 재현성이 좋은 CNCM, CSMK, CGHR(CT63), MPEH를 선정하였다. 선정된 SRES 배출시나리오 중 미래의 불확실성을 고려하여

우리나라의 인구, 경제, 기술에 관련된 인자들과 특성에 맞게 고려된 A1B시나리오를 적용하여 규모내림을 실시하여 생성한 미래 기상자료를 중장기 유역 모형인 SWAT 모형을 선정하여 분석을 실시하였다.

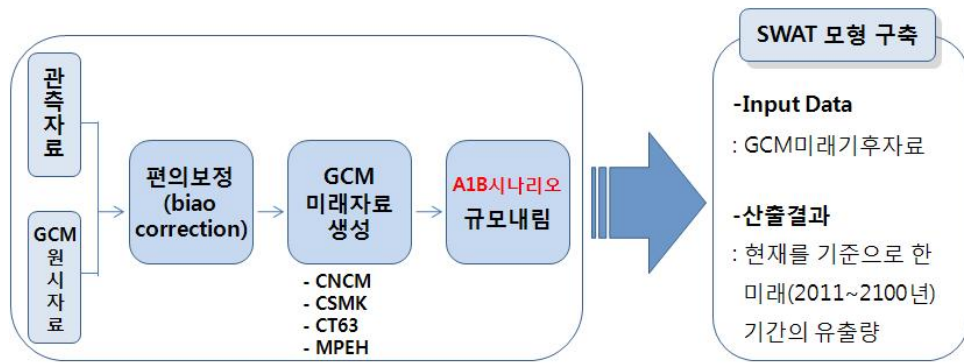


그림 1. 분석절차

3. 연구결과

본 연구에서는 4가지 모형 각각의 시나리오를 1월 ~ 12월까지의 남강댐지점과 진동지점의 유출량을 분석하였다. 그림 2~그림 9는 각 지점의 A1B 시나리오로 4가지 모형의 F1(2011~2040), F2(2041~2070), F3(2071~2100) 기간 동안의 유출량을 분석한 결과를 나타낸다. 두 지점의 A1B 시나리오 4가지 모형의 중기간(F1, F2, F3)에서 6~8월에 급격히 상승하였고 12~2월에 하락하는 경향을 보였다. 또한 현재보다 5~8월에서 유출량이 상승하는 경향을 보였다. 그리고 GCMs의 시나리오별로 살펴보면 CT63과 MPEH의 유출증가율이 다른 모형에 비하여 가장 크게 나타났으며, 기간별로는 F3기간이 가장 큰 유출량을 보였다. 즉, 기간이 지남에 따라 유출의 증가도 크게 나타났다.

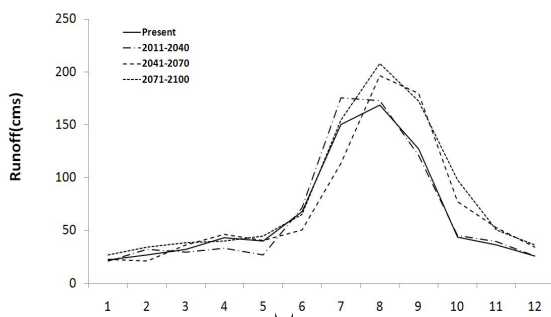


그림 2. CNCM_남강댐지점

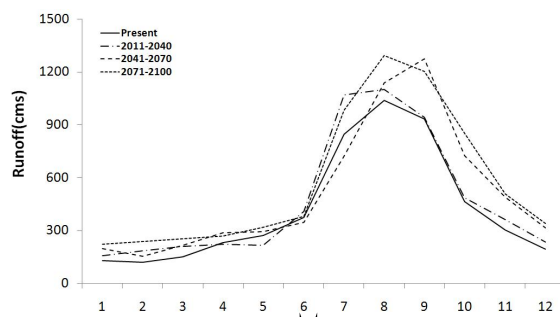


그림 3. CNCM_진동지점

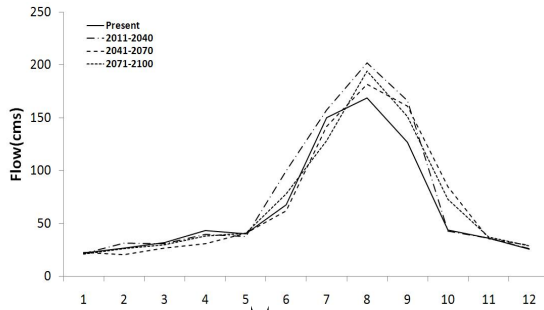


그림 4. CSMK 남강댐지점

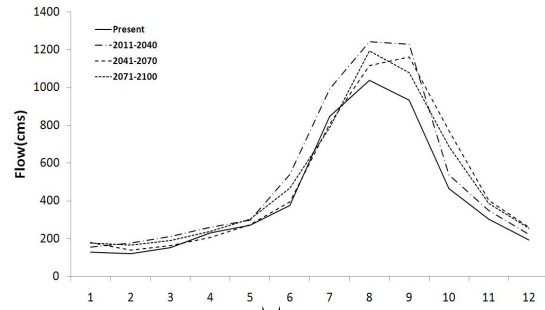


그림 5. CSMK 전통지점

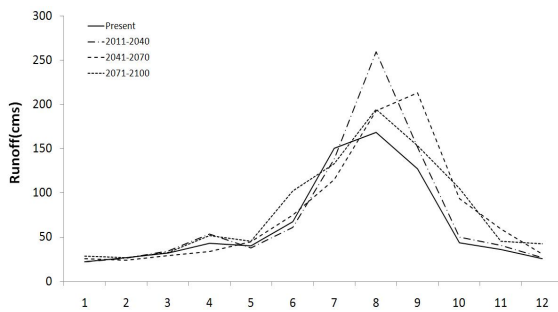


그림 6. CT63 남강댐지점

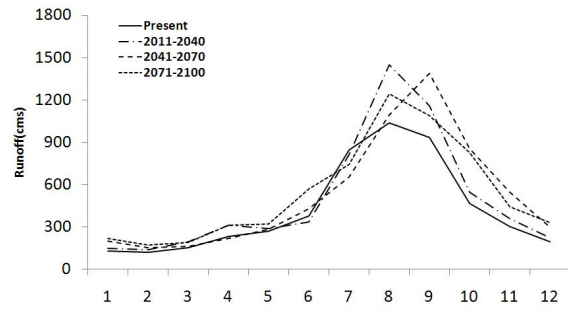


그림 7. CT63 전통지점

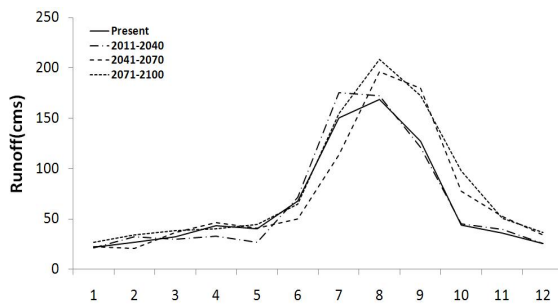


그림 8. MPEH 남강댐지점

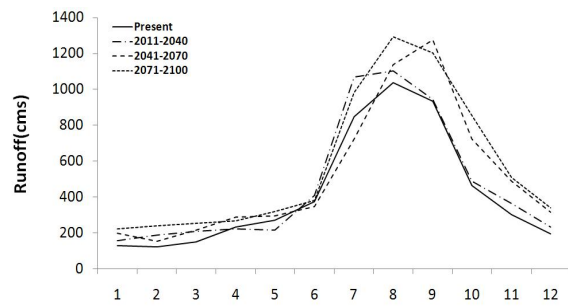


그림 9. MPEH 전통지점

4. 결론

본 연구의 결론은 다음과 같이 요약할 수 있다. 첫째, 기후변화 분석의 가장 기본적이고 초기 단계인 국내에 적합한 GCMs의 선정 및 우리나라의 시공간적 기상패턴의 정밀한 구현을 위한 규모내림기법의 적용을 통하여 현재 뿐 아니라 미래 90년간의 기후변화 시나리오의 생산과 적용을 통하여 신뢰성 있는 결과를 도출할 수 있었다. 둘째, 낙동강 유역을 대상으로 구축된 통합수문모형인 SWAT 모형을 통하여 생성된 미래 기간별 연 유출량 변동 결과는 통합적인 낙동강 유역에의 기후변화 영향을 분석하고 평가하였다. 이러한 GCMs-규모내림-SWAT 모형으로 이어지는 시나리오기반의 기후변화 영향 평가 연구는 기후변화 연구에 기술적인 방법론의 제시와 함께 앞으로 타 유역에의 적용을 통하여 보다 정량적이고 신뢰성 있는 전국 단위의 기후변화 분석연구의 기초가 될 수 있을 것이라 기대한다. 셋째, 장래의 도시개발 등의 토지이용, 인구 및 사회 환경 등

의 변화를 고려하기에는 아직 미래 예측을 위한 기술적인 한계로 본 연구에서는 미래의 기상학적인 기후변화 요소만이 고려가 되었다. 유출량 분석을 통하여 나타난 결과 향후 해당구역의 미래기후변화에 의한 증가로 수해위험이 큰 만큼 이에 따른 수방대책이 필요할 것으로 판단된다.

감 사 의 글

본 연구는 한국건설기술교통평가원의 연구 지원에 의해 시행되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부(2008). 기후변화 대비 국가 물 안보 확보 방안(1차년도), 건설교통부.
2. 김보경, 김병식(2009). B2 기후변화시나리오와 극한지수를 이용한 기후변화가 극한 강우 발생에 미치는 영향분석, 대한토목학회논문집, 29(1B) : 23-33.
3. 신진호, 이호신, 권원태(2010). 역학적 상세화 기법을 활용한 우리나라 미래 수문기상변화 시나리오 전망, 한국수자원학회 학술발표회, p. 57.
4. 신현석, 김상단, 강두기, 손태석(2009). 기후변화를 고려한 환경유량 산정 및 물환경 적응방안. 한국환경정책평가연구원.
5. 손태석(2010), 기후변화에 의한 우리나라 수자원과 수환경에의 영향 분석 및 평가연구.
6. 한국환경정책평가연구원(2009). 기후변화를 고려한 환경유량 산정 및 물환경 적응방안.
7. 환경부(2007). 기후변화에 의한 물순환의 예측 및 영향 평가.
8. Climate Impacts Group, M. McGuire Elsner, J. Littell and L. Whitely Binder (eds) (2009). The Washington Climate Change Impacts Assessment, Center for Science in the Earth System, Joint Institute for the Study of the Atmosphere and Oceans, University of Washington, Seattle, Washington.
9. PCDMI (2009), <http://www-pcdmi.llnl.gov/>.
10. Yonas B. Dibike, Paulin Coulibaly (2006). Temporal neural networks for downscaling climate variability and extremes. Neural Networks, Vo l. 19, No. 2 pp. 135-144.