

기후변화에 따른 강수량 계열의 권역별 변동성 분석

Analysis of Variability of Precipitation Under Climate Change

김병식*, 권현한**, 홍승진***, 윤석영****

Byung-Sik Kim, Hyun-Han Kwon, Seung-Jin Hong, Seok-Yeong Yoon

요 지

본 연구에서는 권역별 일강수량에 대한 기후변화 영향을 평가하고자 한다. 이를 위해서 지역기후 모형으로부터 유도된 A2시나리오가 기본자료로서 활용되며 분석에 앞서 기후변화 시나리오의 편의를 보정하였다. 보정된 지역기후 시나리오는 비정상성 Markov Chain 모형을 통해 강수지점별로 상세수문시나리오로 가공되어 분석에 이용되었다. 강수량에 대한 연주기 분포에 대한 특성을 권역별로 시기별로 평가하였다. 연주기의 분포는 관측치와 유사한 거동을 보이고 있으며 강우량이 2075년대에 증가하는 것으로 나타났다. 기후변화에 따른 일강수량에 발생 특성을 평가하기 위해서 Dryspell과 Wetspell을 지속시간분포별로 추정하여 분석하였다. 전체적으로 Dryspell이 지속시간별로 증가하는 것으로 나타나고 있으며 무강수일수의 증가도 전망되고 있어 같은 연강수량이라도 변동성이 크게 나타날 수 있는 개연성이 크다 하겠다. 일강수량, 월강수량, 연강수량에 대한 다양한 분석이 수행되었으며 기후변화에 따른 강수량의 변동양상을 권역별로 평가하였다.

.....

핵심용어 : 기후변화, 강수특성, Wetspell, Dryspell

1. 서 론

기후변화(climate change)는 특정 주기를 가지며 자연적으로 발생하는 기후변동성(climate variability)과는 달리, 인위적 영향에 기인된 것으로 국내외에서는 미래에 대한 보다 정확한 정보 확보를 위하여 경제활동과 환경 등 여러 요인을 고려하여 작성된 전지구모형(Global Climate Model, GCM)과 같은 기후모형을 이용하고 있다. 그러나 이 모형은 장기간과 전 지구를 대상으로 작성되어 상세한 지역적 결과를 산출하기 위한 과정이 요구되는데 전지구 기후모형이 표현할 수 없는 상세 예측값을 산출하기 위하여 규모축소법(Downscaling)이 이용되고 있다. 규모축소법은 크게 ① 통계적 방법(장기간 관측 자료를 이용하여 대규모 기후변수와 국지 기후변수간 관계를 산출, 보정)과 ② 역학적 방법(전지구 기후모형 결과로부터 시간·종속 경계조건 이용)으로 나뉘며 일반적으로 지역 단위 상세 자료를 산출하기 위하여 보다 간편한 통계적 방법이 이용되고 있다.

한편, 우리나라는 지리적 위치와 지형적 영향에 따라 국지규모의 다양한 기후특성이 나타나

* 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구실 수석연구원 · E-mail : kydrokbs@kict.re.kr
** 정회원 · 전북대학교 토목공학과 조교수 · E-mail : hkwon@jbn.ac.kr
*** 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구실 연구원 · E-mail : hongsst@kict.re.kr
**** 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구실 연구위원 · E-mail : syoon@kict.re.kr

GCM 이 제시하고 있는 많은 유용한 정보에도 불구하고 저해상도의 공간 분해능과 물리 과정의 한계로, 고해상도의 지형 처방과 세밀한 격자에 알맞은 지역화 기법(regionalization technique)이 요구되고 있다(권현한 등, 2008). 실제 지역기후모형(RCM)은 장기간의 국지기후를 모사하는데 어느 정도 그 능력을 인정받아 이를 이용한 연구가 국외를 중심으로 진행되고 있다(권현한 등, 2008). 본 연구에서는 인위적 영향에 따라 작성된 서울대 B1과 기상청 산하 기상연구소에서 제공받은 A2 지역 규모 기후변화시나리오에 비정상성 Markov Chain 모형을 이용한 Downscaling 기법을 적용, 기후변화를 반영하여 우리나라 기상청 산하 60개 강우 지점에 대한 지점별 일강수계열을 생성하였다. 그리고 극치강수량 빈도를 추정하여 지역규모 단위의 시나리오별, 공간적 분포를 살펴보았다.

2. 지역규모 기후변화시나리오

기상청 국립기상연구소는 독일 막스플랑크기상연구소에서 도입한 대기-해양 결합모형인 전지구 기후모형 ECHO로부터 전지구 규모의 기후예측을 산출하였다. ECHO-G는 대기모형(ECHAM4)과 해빙-해양 모형(HOPE) 그리고 두 모형의 결합을 위하여 OASIS라는 소프트웨어를 이용하였다. 대기 모형(ECHAM4)과 해양모형(HOPE) 해상도는 각각 약 400km와 300km이며 전지구 기후모형에서 산출된 결과를 이용, 동아시아지역의 미래 기후를 예측하게 된다. 이 때, 사용되는 모형은 지역기후모형 MM%로 역학적 규모 축소법이 적용되며 전지구 약 400km를 약 27km로 상세화하여 한반도 미래 기후예측자료를 작성하게 된다.

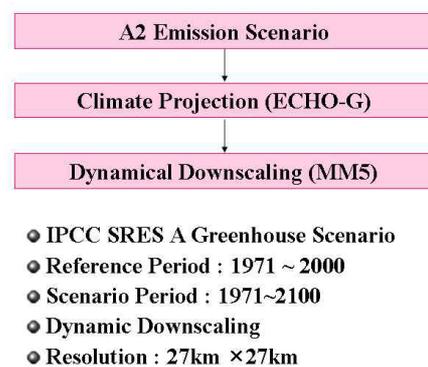


그림 1. 기상청 지역규모시나리오 구성

3. 비정상성 Markov Chain 모형을 이용한 일강수발생모형 개발

본 연구에서는 일강수량 모의모형에서 시간에 따라 변화하며 대규모 기상순환과 같은 외부인자에 영향을 받는 일강수량의 특성을 고려하여 비정상성 Markov Chain 모형을 개발하였다. 이 모형은 추계학적 모형인 Markov Chain 과 통계학적 Downscaling 모형을 결합한 방법으로 비조건부 Markov Chain 모형의 매개변수(4개)를 외부 인자와 연결하기 위하여 회귀분석이 이용된다. 이 매개변수들은 ① 무강수에서 강수로 진행하는 천이확률(p_{01}), ② 강수에서 강수로 진행하는 천이확률(p_{11}), 강우량을 모의하기 위한 Gamma 확률분포의 ③ 축적매개변수(α)와 ④ 형상매개변수(β)로 구성되며 이들은 물리적으로 일강수량 모의 시 계절적 강수량의 총량은 외부인자로부터 그리고 천이확률과 강수일 등 일강수량 자체 특성은 강수지점의 원자료로부터 유도된다. 본 연구에서 개발한 비정상성 Markov Chain 모형은 그림 2와 같다.

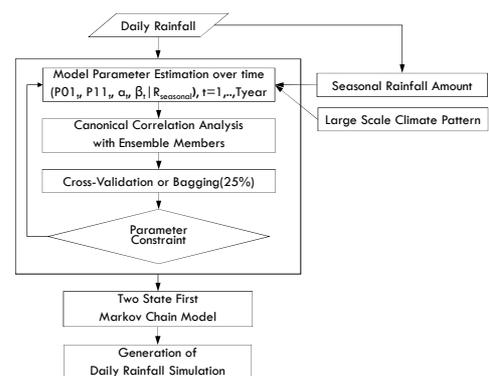


그림 2. 비정상성 Markov Chain 모형의 Flowchart

4. 유역규모의 고해상도 기후변화시나리오 작성 및 전망

본 논문에서는 지역규모의 기후변화 시나리오인 A2 기후변화 시나리오를 이용하여 미래의 월 평균 강수량의 변동성을 예측하였다. 변동성 예측을 통하여 공통적으로 2045년경의 여름철 강수량이 줄어드는 모습을 나타내고 있는데, 이는 우리나라의 강수 특성상 수자원 이용 측면에서 가장 중요한 시기인 6-8월의 월 강수량이 감소함에 따라 가뭄이 발생할 가능성이 있는 것을 확인할 수 있었다.

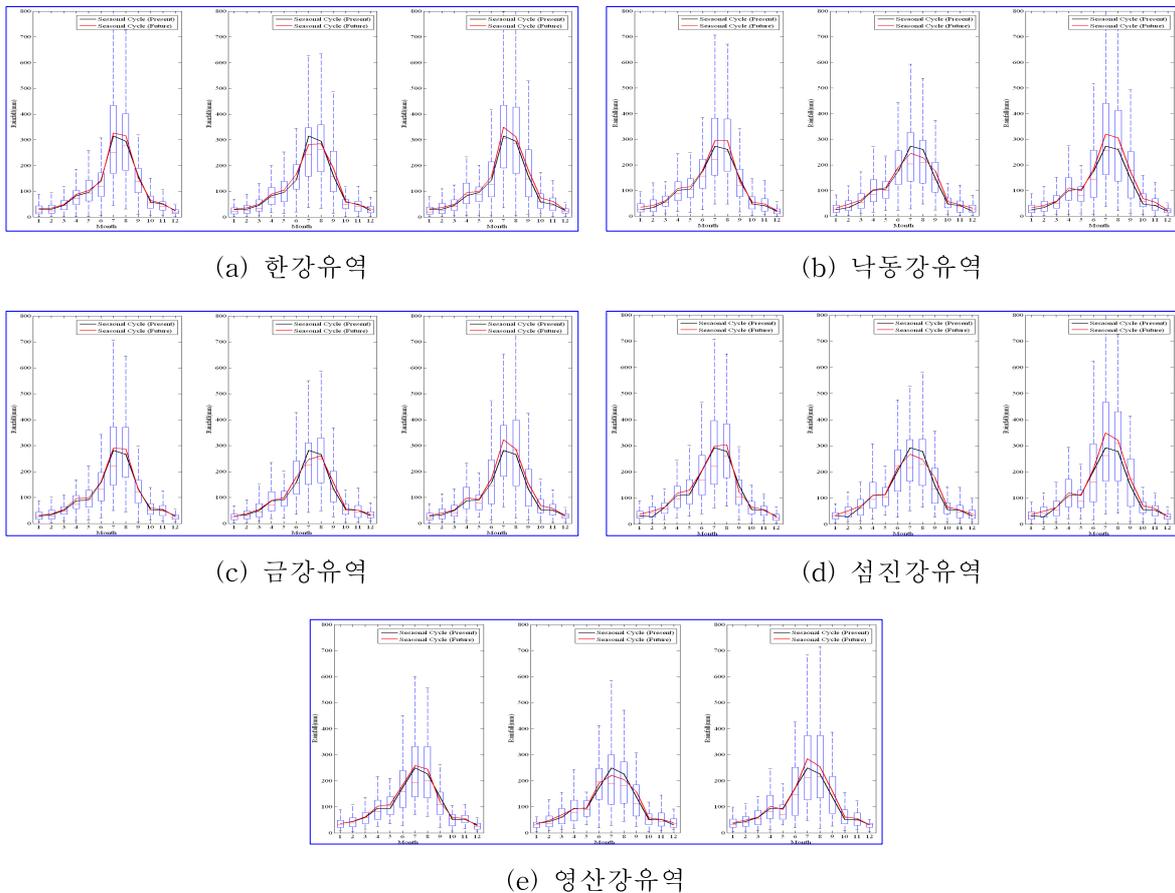


그림 3. 유역별 월평균 강수량 변화 분석(2015's, 2045's, 2075's)

기후변화에 따른 일강수량의 발생특성을 평가하기 위해서 Wetspell과 Dryspell을 지속시간분포별로 추정하여 분석하였다. 그림 4는 우리나라 5개유역에 대한 7월~9월의 Wetspell 과 Dryspell의 분포를 나타낸다. 5개유역별로 살펴보면 한강유역은 전체적으로 미래의 Wetspell 값이 현재보다 지속시간별로 감소하는 반면, Dryspell은 지속시간별로 증가하는 것으로 나타났다. 또한 한강유역 뿐 아니라 나머지 4개유역의 Wetspell과 Dryspell의 변화가 비슷하게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 이는 그림 3에서 전체적인 총량의 변화가 거의 없는 것을 확인하였을 때에 같은 연강수량을 갖고 있다고는 하나 그에 대응하는 무강수일수의 증가도 불러오는 것이기 때문에 변동성이 크게 발생한다고 할 수 있겠다.

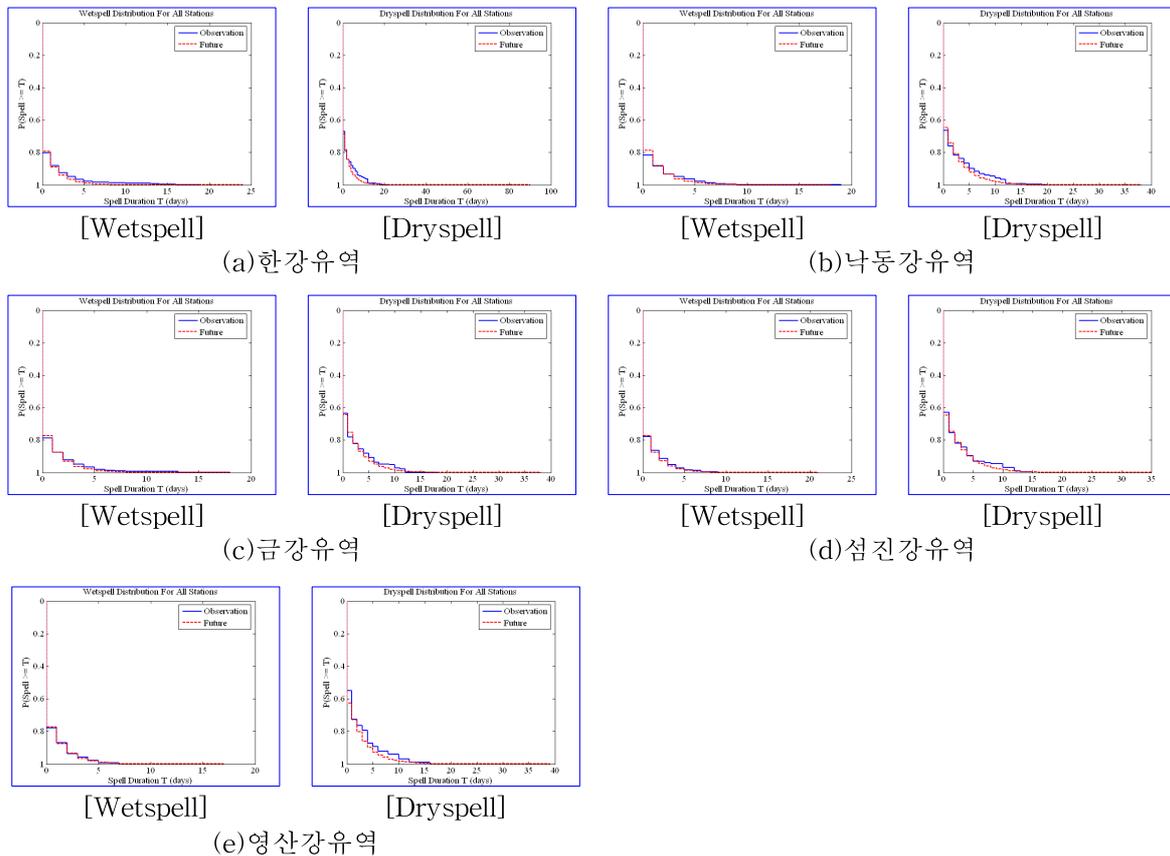


그림 4. Wetspell and Dryspell Distribution For All Stations(7월~9월)

5. 결 론

미래 기후변화를 대비하기 위해서는 무엇보다도 정확한 기후변화시나리오를 작성하고 예상되는 기후변화 영향을 예측하는 것이 중요하다. 이에 본 연구에서는 지역규모 단위의 SNURCM B2와 KMARCM A2 시나리오에 비정상성 MarkovChain 기법으로부터 우리나라 기상청 산하 60개 강우지점별 강수량을 기간별(2015년대, 2045년대와 2075년대)로 예측, 극치분석을 실시하여 기간별 공간분포 특성을 살펴보았다. 기후변화 상태에서 일반적으로 강우가 집중되는 여름철에 대한 강수량을 분석한 결과, 2015년대에는 주로 중부내륙과 남부지방에서 증가 경향을 보였으나 2045년대에는 강수량 감소 경향이 큰 것으로 분석되었고, 2075년대에는 강수량 증가가 가장 크게 나타났으나 지역적 편차가 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 한편, 기후변화정도가 심한 A2 시나리오와 정도가 약한 B1 시나리오를 강우관점에서 비교한 결과, 온도와 같이 시나리오에 따른 뚜렷한 차이점은 나타나지 않았으며 강수량에 대한 공간적 편차와 변동성은 크게 나타났다.

참 고 문 헌

권현환, 김병식, 김보경(2008) 기후변화에 따른 수자원 영향 평가를 위한 Regional Climate Model 강수계열의 특성 분석, 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제28권, 제5B호, pp.525-533