

북한의 강수특성 분석과 기후변화 전망

Precipitation Characteristics Analysis and Climate Change Outlook of North Korea

명수정*, 권현한**

Soojeong Myeong, Hyun-Han Kwon

요 지

본 연구는 북한의 강수특성과 기후변화에 대한 전망을 분석하였다. 강수특성 분석은 북한전역에 분포한 27개 강우 관측지점의 자료를 사용하였으며, 자료 연한은 관측지점에 따라 차이가 있으나 1974년부터 2008년까지였다. 일강수량 자료를 바탕으로 강수량, 강수일수, 강우강도, 극치강수량 발생빈도 등 다양한 강수특성에 대한 통계 분석을 수행하였다. 북한의 연강수량은 전반적으로 증가경향을 보이거나 통계학적으로 유의미하다고는 할 수 없으며, 강수일수는 뚜렷한 감소추세를 나타내었다. 이로 인해 평균 강우강도(연강수량/강수일수)의 증가경향 또한 뚜렷이 나타났으나, 80mm 이상의 일강수량 발생 빈도는 과거에 비해 크게 증가하지 않는 것으로 나타났다. 이를 종합해보면 북한의 경우 강수량의 변화보다는 강수일수의 감소가 더 두드러져 홍수와 가뭄에 대한 취약성이 동시에 높아지는 결과로 귀결되며 수자원 관리에 더 대비해야 할 것으로 판단된다. 북한의 기후변화에 대한 전망은 A1B 시나리오를 사용하여 연강수량, 강수일수, 강우강도, 극치강수량 등 다양한 수문 변량을 분석하였다. 분석 결과 앞으로 북한지역에서는 강수량은 전반적으로 증가경향이 유지될 것으로 전망된다.

핵심용어 : 북한, 강수량, 기후변화, 경향성

1. 서 론

강수량에 대한 변동성 분석은 수자원 관리를 위한 기본적인 자료를 제공해주며 이러한 변동성에 대한 원인 파악 및 이를 활용한 예측모형 개발이 이루어져야 효율적인 수자원 관리가 가능하다. 이러한 점에서 국내외적으로 강수량의 경향성 및 변동성을 분석하는 연구가 많이 진행되고 있으며 최근에는 이를 미래시점까지 연장하여 예측하고자 하는 노력들이 수행되고 있다. 이러한 예측 모형의 개발은 과거자료를 바탕으로 진행되며 정확한 변동성의 분석 및 원인을 규명하는 것이 예측모형의 신뢰성을 결정할 정도로 중요한 과정이라 할 수 있다.

북한의 경우 자연재해 중에서도 홍수와 가뭄에 의한 피해가 크며 특히, 산림훼손으로 인해 강우시 홍수재해로 인한 피해가 높다고 알려져 있다(명수정 등, 2008). 따라서 본 연구에서는 한반도 전체에 대한 강수량의 변동성을 평가하기 위해 북한지역의 강수량 변동에 초점을 맞추어 분석하였다. 수문자료의 경향 및 변동을 평가하기 위한 방법으로 대부분의 연구에서는 자료의 기본 통계

* 정회원 · 한국환경정책·평가연구원 기후변화연구실 책임연구원

** 정회원 · 전북대학교 토목공학과 조교수 · E-mail : hkwon@jbnu.ac.kr

치, 즉 평균 및 분산 등을 검토하여 주요 특성을 평가하는 연구가 주로 이루어지고 있다. 본 연구의 경우에도 방법론의 개발보다는 기존 방법론을 이용하여 북한 강수량의 변동성을 평가하고자 한다. 이와 더불어 미래 기후변화 영향을 평가하고자 지역기후모형으로부터 추정된 A1B 기후변화 시나리오를 이용하여 북한강수량의 기후변화 영향을 검토하였다. 본 연구의 목적은 실측 강수량을 대상으로 북한강수량의 변동성을 평가하고 미래 기후변화 시나리오를 대상으로 미래의 강수량의 변동경향을 전망하는 것이다. 이를 위해 통계적인 분석모형을 구성하여 분석을 실시하였다.

2. 강수량 및 기후변화 시나리오

2.1 강수량 자료

강우특성 분석은 북한전역에 분포한 27개 강우 관측지점의 자료를 사용하였다. 자료 연한은 관측지점에 따라 차이가 있으나 일반적으로 1974년부터 2008년까지의 자료를 활용하였다. 강수량자료는 세계기상기구(world meteorological organization)에서 관리하는 강우지점에 대해서 기상청으로부터 자료를 제공받아 분석을 수행하였다.

2.2 A1B 기후변화 시나리오

국립기상연구소에서는 유엔기후변화협약의 일반의무 수행 및 기후변화 영향평가에 활용할 수 있도록 한반도 지역 기후변화 시나리오 산출기술 개발 사업을 수행하였다. IPCC SRES 중에서 A1B 시나리오를 전지구기후모형(GCM) 모형인 ECHO-G에 입력하여, 온실가스 증가에 따른 장기간(1860-2100년) 전지구 기후 변화시나리오 자료를 생산하였다. 전지구 기후변화 시나리오를 우리나라에 활용하기 위해서는 우리나라의 지형특성이 반영된 수십 km 규모의 고해상도의 좀 더 상세한 자료 재생산이 필요하다. 기상청에서는 이를 위하여 지역기후모델을 이용한 역학적 상세화 기법을 도입하였으며 지역기후모델인 MM5를 적용하여 A1B 시나리오에 대한 동아시아 및 한반도 기후변화 시나리오를 생산하였다. A1B 시나리오는 고도 경제성장이 계속되어 세계 인구가 21세기 중반에 정점에 달한 후에 감소하고, 신기술이나 고효율화 기술이 급속히 도입되는 미래 사회를 가장한 A1 그룹의 온실가스 배출 시나리오에 속하며, 이 중 각 에너지원의 밸런스를 중시하고 대기 중 이산화탄소 농도가 증가하여 2100년에 720ppm에 이를 것으로 예상되는 시나리오를 의미한다.

3. 강수량의 변동성 분석 및 토의

일강수량 자료를 바탕으로 강수량, 강수일수, 강우강도, 극치강수량 발생빈도 등 다양한 강수특성에 대한 통계 분석을 수행하였다. 앞서 언급한 27개 지점에 대해서 독립적으로 강수 특성치를 추출하였으며 이를 산술평균해서 그림 1에 나타내었다. 북한의 연강수량은 전반적으로 증가경향을 보이나 통계학적으로 유의성이 발견되지 않았다. 북한의 강수일수는 1990년 이후로 뚜렷한 감소추세를 나타내었다. 이러한 점에서 동일한 강우량이 단기간에 집중적으로 발생하는 특징으로 전개되고 있는 것을 확인할 수 있었으며 연강수량을 강수일수로 나누어 추정한 평균적인 강우강도 개념을 도입하여 전체적인 강우강도의 양상을 평가해 보았다. 그림 1과 같이 과거 30년 전에 비해서 현재 1일평균강우강도가 9mm에서 11mm로 증가하였음을 확인할 수 있다. 이를 종합해보면 북한의 경우 강수량의 변화보다는 강수일수의 감소가 더 두드러져 홍수와 가뭄에 대한 취약성이 동시에 높아질 수 있는 개연성이 있다고 할 수 있다.

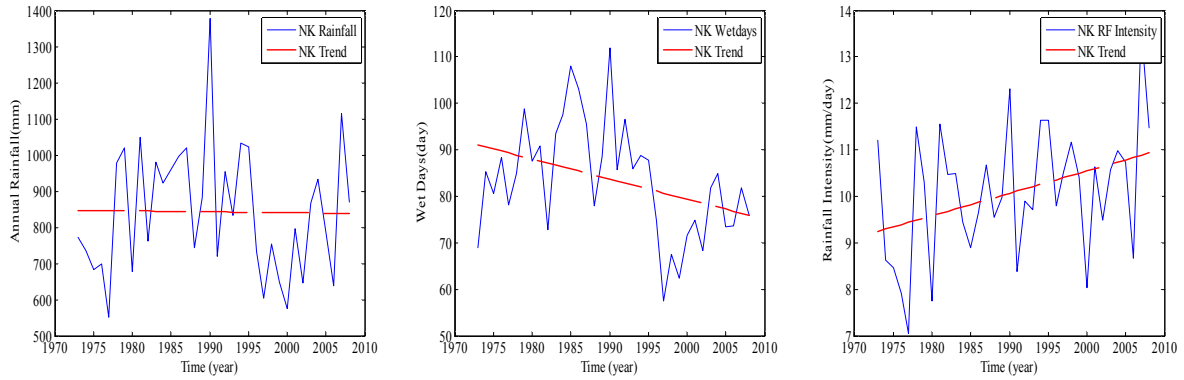


그림 1. 북한의 연강수량, 연강수일수, 평균강우강도 시계열 및 경향성 분석

북한의 기후변화에 대한 전망은 A1B 시나리오를 사용하여 연강수량, 강수일수, 강우강도, 극치강수량 등 다양한 수문 변량을 분석하였다. 분석 결과 앞으로 북한지역에서는 강수량은 전반적으로 증가경향이 유지될 것으로 전망된다. 기후변화 시나리오부터 연평균강수량을 시대별로 추정하여 Base 시나리오와 비교하였다. 정상년 연평균강수량, 연강수일수, 강우강도를 계산하기 위한 식은 다음과 같다.

$$AnnualRainfall(lat, long) = \sum_{la=1}^{44} \sum_{lo=1}^{36} \frac{\sum_{year=1970}^{2000} \left(\sum_{i=1}^{365} r_{la, lo, year}(i) \right)}{30 \text{ year}} \quad (1)$$

$$WetDays(lat, long) = \sum_{la=1}^{44} \sum_{lo=1}^{36} \frac{\sum_{year=1970}^{2000} (wetdays_{la, lo, year}(i))}{30 \text{ year}} \quad (2)$$

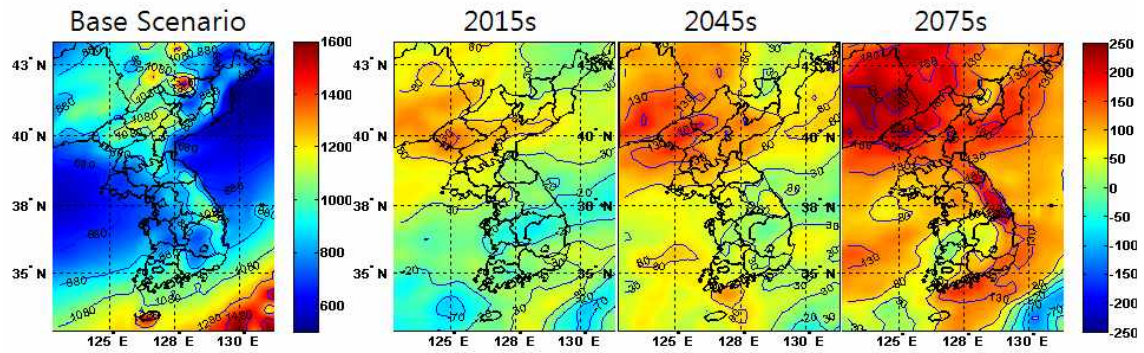
$$Rainfall \intensity(lat, long) = \frac{\sum_{la=1}^{44} \sum_{lo=1}^{36} \frac{\sum_{year=1970}^{2000} \left(\sum_{i=1}^{365} r_{la, lo, year}(i) \right)}{30 \text{ year}}}{\sum_{la=1}^{44} \sum_{lo=1}^{36} \frac{\sum_{year=1970}^{2000} (wetdays_{la, lo, year}(i))}{30 \text{ year}}} \quad (3)$$

극치강수량의 변화양상을 평가하기 위해서 빈도해석을 일강수량에 대해서 적용하였으며 100년 빈도 강수량의 현재와 미래의 차이를 추정해서 도시하였다. 빈도해석을 위해 Gumbel 확률분포형을 사용하였으며 Gumbel 분포형의 확률밀도함수와 누가확률밀도함수는 다음과 같다.

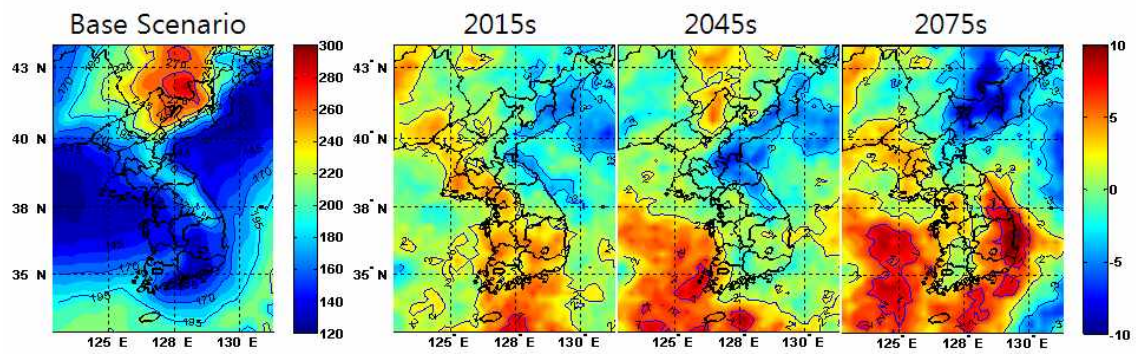
$$f(x) = \frac{1}{\sigma} \exp \left[-\frac{(x-\mu)}{\sigma} - \exp \left[-\frac{(x-\mu)}{\sigma} \right] \right] \quad (4)$$

$$F(x) = \exp \left\{ \exp \left[-\frac{(x-\mu)}{\sigma} \right] \right\} \quad (5)$$

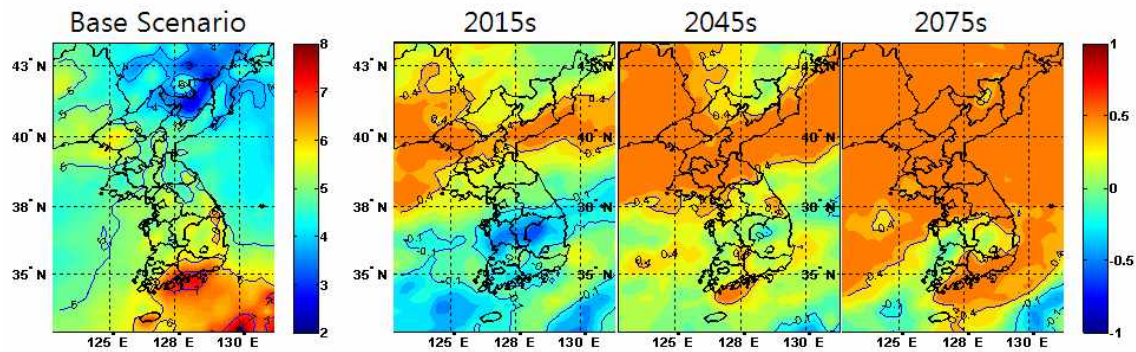
- 연평균강수량(mm/year)



- 연평균강우일수(days/year)



- 연평균강우강도(mm/day)



- 100년 빈도 강수량(mm)

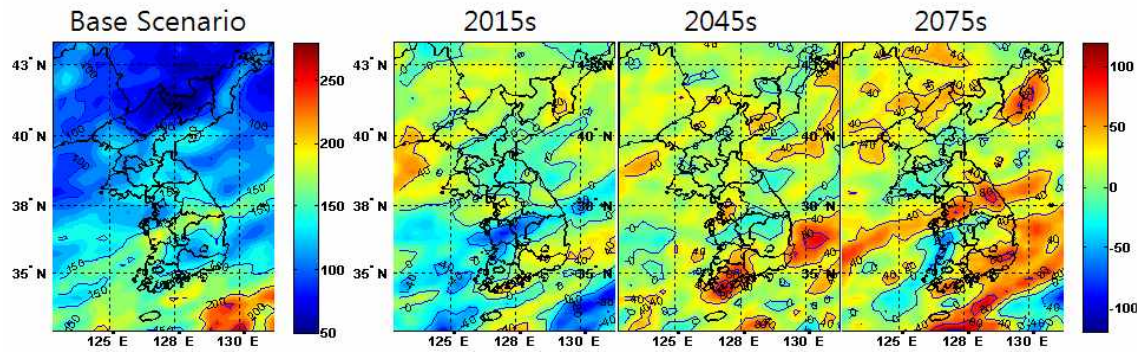


그림 2. 북한의 연강수량, 연강수일수, 평균강우강도, 100년빈도 강수량 기후변화 영향

그림 2는 기후변화 A1B시나리오 기준 현재와 미래의 강수변동성을 평가한 그림으로서 연평균강수량은 21세기 후반부로 갈수록 강수량의 증가가 뚜렷하며 북한지역이 남한지역보다 증가 경향이 두드러지게 나타나고 있다. 강수일수의 경우 현재에 비해 미래에서는 감소경향이 지배적이며 이러한 영향이 강우강도의 증가로 이어지고 있음을 확인할 수 있다. 100년 빈도의 극치강수의 경우에 0~50mm 범위에서 증가 경향이 전망되고 있으나 전체적으로 큰 차이는 없는 것으로 판단된다.

본 연구를 통해 추정된 결과를 요약하면 다음과 같다. 북한의 강수특성은 과거 실측자료에서 관측되듯이 강수량의 증가경향과, 강수일수의 감소가 지배적인 특징으로 판단되며 결국 강우강도의 증가로 이어져 홍수 및 가뭄에 동시에 취약한 특징을 나타내고 있다. A1B 시나리오를 중심으로 기후변화에 대한 영향을 평가해보면 관측 자료의 특성과 매우 흡사하게 전개될 것으로 전망되고 있다. 즉, 강수량의 증가, 강수일수의 감소의 형태가 현재와 같이 지속될 것으로 전망되며 특히, 강수일수의 뚜렷한 감소가 두드러지고 있다. 이러한 점에서 홍수와 가뭄과 같은 자연재해가 현재에 비해 증가할 것으로 전망된다. 따라서 북한지역에 대해 수자원 관리를 위한 사회기반시설의 확충 등 기후변화에 대비한 수자원관리의 적용과 저감 대책 수립이 시급한 것으로 사료된다.

참고문헌

- 권현한, 문영일. 2008. 기후변동성과 기후변화, 한국수자원학회지 6월호, 한국수자원학회
 명수정, 홍현정, 최현일, 정주철. 2008. 북한의 자연재해취약지 추정 및 남북협력 방안 연구, 한국환경정책평가연구원.
 명수정, 김순아, 김지영, 권현한. 2009. 북한의 가뭄재해 취약지 분석 및 대응에 관한 연구. 한국환경정책평가연구원.
 Franks, S. W., and G. Kuczera. 2002. Flood frequency analysis: Evidence and implications of secular climate variability, New South Wales, Water Resour. Res., 38(5), 1062.
 Milly, P. C. D., R. T. Wetherald, K. A. Dunne, and T. L. Delworth. 2002. Increasing risk of great floods in a changing climate, Nature, 415(6871), 514 - 517.
 Porparto, A., and L. Ridolfi. 1998. Influence of weak trends on exceedance probability, Stochastic Hydrol. Hydraul., 12(1), 1 - 15. .