

# 한반도에서의 기후변동 특성 분석

○김정희 · 김태훈 · 오재호

## 1. 개요

전지구 지표면 평균 기온은 지난 20세기 동안 0.6℃ 정도 증가하였으며(IPCC 2001), 온도 상승은 지난 1000년 동안의 어떠한 세기보다도 가장 컸었던 것으로 알려져 있다. 강수량은 북반구 고위도 지역의 육지에서 추운 계절에 증가 경향을 보여주었다. Karl and Knight(1998)에 의하면, 20세기 미국에서 강수의 특이치 발생 빈도가 상당히 증가하였음을 알 수 있으며, 그 외 오스트레일리아, 인도, 일본 등의 지역에서도 강수의 특이치 발생 빈도가 증가한 것으로 나타났다.

한반도에서는 1990년대에 집중호우의 영향을 자주 받았으며, 기온의 경우도 특이치 발생이 빈번하였다. 한반도의 특이 기상 발생은 기후 변화의 흐름 속에서 그 양상이 점차 다르게 나타나지만 중간 규모 등의 단일 규모의 현상에 의해서도 나타날 수 있으면 또한 특이 기상 자체가 기후변화를 의미하는 것은 아니므로 이에 대한 지속적인 감시가 필요하다. 특정한 특이 기상 발생이 기후변화와 관련되어 나타나는지 아니면 기후 변화로부터 분리하여 이해하여야 하는지는 기후 변화의 문제를 다루는데 매우 중요할 것이다.

따라서 본 연구에서는 한반도에서의 기온과 강수량에 나타난 특이치 발생 빈도의 변동성을 조사하였다.

## 2. 연구자료 및 연구방법

### 2.1 연구자료

기상청 산하 12개 관측소(강릉, 서울, 인천, 추풍령, 포항, 대구, 전주, 울산, 광주, 부산, 목포, 여수)의 1954년 1월 1일-2000년 12월 31일까지 46년간의 일최고기온, 일최저기온을 사용하였다. 한반도 내의 장기 변동을 중점적으로 보기 위해 특이기후 모니터링 지수의 한가지인 표준강수지수(SPI : Standard Precipitation Index)를 적용하기 위해 서울의 1801년부터 2001년까지의 월 강수량 자료를 사용하였다.

### 2.2 연구방법

한반도 평균기온에 나타나는 다중 시간규모(경년변동, 십년규모 변동, 추세경향)의 변동성을 알아보기 위해 파엽분석을 실시하였다. 사용된 모 파엽은 Morlet Wavelet이다. 그림 1은 겨울철(12월, 1월, 2월) 일최고기온에 대한 1년(좌), 2년(우) recurrence intervals을 각각 보여준다.

또한, 한반도 내의 장기 변동을 중점적으로 보기 위해 표준강수지수를 구하였다. 표준강수지수는 감마함수로 근사한 표준화된 강수 지수로서 가뭄의 시기와 강도를 나타내는 지수이다. 강수량은 양의 왜도(skewness)를 가진다. 이런 분포에서는 일반적인 가우스 분포(Gaussian distribution)

부경대학교  
환경대기과학과

보다 감마 분포(Gamma distribution)가 많이 이용된다(Wilks, 1993).

$$SPI_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} = \frac{x_i - \alpha\beta}{\beta \alpha^{1/2}}, \quad i = 3, 6, 12, 24months$$

다중 시간규모 3, 6, 12, 24개월에서 구해진 SPI는 통계적으로 정규화되어 있어 이상 습윤기와 건조기에 대해 분석할 수 있다.

또, 구해진 SPI지수의 특성을 보기 위해 연속 파엽분석(Continuous Wavelet analysis)과 이산 파엽분석(discrete wavelet analysis)을 실시하였다. 여러 가지 파엽 변환 가운데서 Morlet은 연속 파엽으로 시계열의 시간에 주파수 특성 연구에 유용하며 기상학 분야에서 점차 그 이용도가 커지고 있다(Torrence 와 Compo, 1998).

### 3. 분석결과

#### 3.1 한반도의 기온분석

한반도 12개 관측소에 대해 평균한 지표면 연평균기온의 편차를 구하였다. 지난 4-5십년 동안 지표면 연평균기온의 편차값은 0.23/decade 정도의 증가율을 보여준다.

그림 1은 지표면 연평균 기온을 파엽변환을 이용해서 시간-공간 영역으로 재분해한 결과이다.

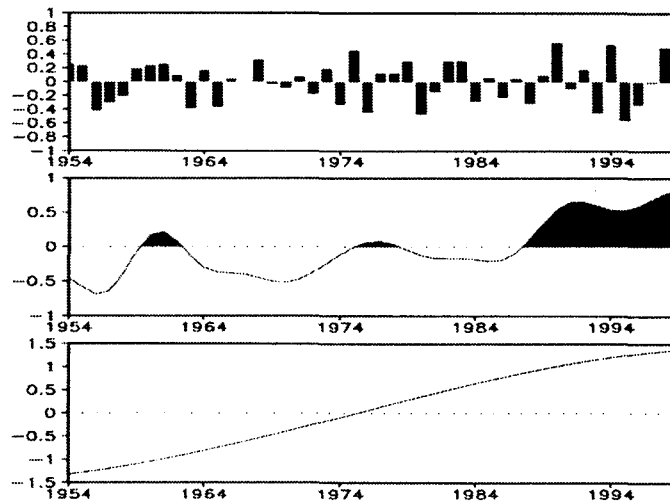


Fig. 1. Time series of wavelet coefficients for (a) interannual variation, (b) decadal-interdecadal variations and (c) linear trend.

각각 경년변동(2-8년 규모, 상단), 십년규모(8-64년 규모, 중간), 선형추세(128년 규모, 하단)에 대한 파엽계수의 실수 부분을 보여준다. 경년변동 성분은 1980년대 이후 기온의 특이치 발생 빈도가 빈번한 것을 잘 설명해 주며 십년규모 변동 성분의 경우 1980-1990년대의 빈번한 특이치 발생을 잘 설명해준다.

#### 3.2 한반도 강수량 특성 분석

표준강수지수 중에서 SPI3과 SPI6는 다른 계절에 비해 여름철에 강수가 집중되는 아시아 몬순지역에 속한 한반도의 강수 특성을 잘 나타나고 있으며 SPI12와 SPI24는 상당히 유사한 형태를 보인다. 이상 건조기와 이상 습윤기가 교대로 비교적 고르게 나타나기는 하지만 1950년대에서 1970년대 초반까지는 이상 습윤기가, 1970년대 중반에서 1980년대 중반의 이상 건조기가 보인다.

1990년대에는 비교적 강한 이상 습윤기가 자주 나타나고 있다.

SPI12의 시계열에 연속 파엽분석을 실시하였다. 1850년 이후로는 다양한 규모의 변동들이 함께 나타나고 있다. 특히 약 40년 규모의 변동이 1920년 이후로 차차 20-30년 규모의 장주기로 옮겨지는 형태로 나타난다. 이는 기후의 급격한 변동을 나타내는 것으로 보인다.

SPI12의 이산파엽분석에서 각 숫자는 각 규모 혹은 단계(level)를 나타내며 각 단계의 변동은 a10인 가장 장주기로 부터 점차 단주기 변동에 중심을 두고 분해되어 진다. d10은 전기간에 걸친 이상 습윤기를 설명하고 있다. 이상 건조기는 d8이 잘 나타나 있다. 장기간에 걸쳐 나타나는 큰 규모의 변동 외에도, 강수량 특이치는 작은 규모의 변동과 관련하여 나타나고 있다. 즉 이상 습윤기는 a10, d10, d9, d8등과 같은 20년 이상의 큰 규모의 변동과 일차적으로 관련되어 있으며, d6나 d5에 의해 세부구조가 나타나고 있음을 볼 수 있다.

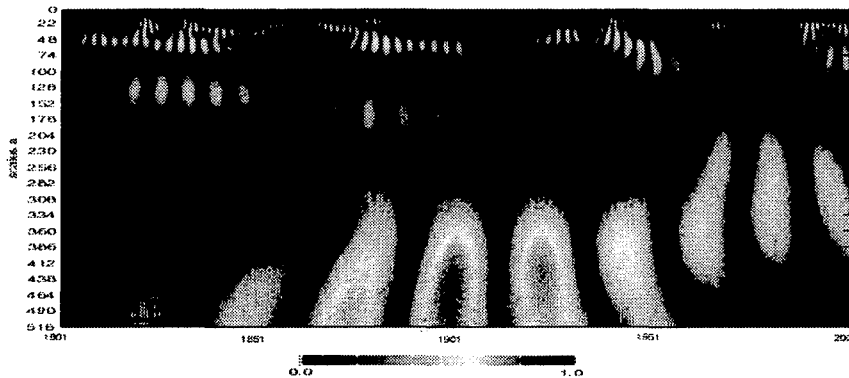


Fig. 2. Real Part of Morlet wavelet transform for SPI12 in Seoul.

#### 4. 결론

본 연구에서는 관측소별로 정의된 recurrence intervals을 이용하여 기온과 기후변동과 관련된 한반도의 강수량 특이치 발생과 변동의 특성을 알아보기 위하여 표준강수지수(SPI)를 정의하고 이로부터 연속파엽분석과 이산파엽분석을 실시하여 특이치 발생과 각 규모별 비선형 상호작용 및 변동 특성을 조사하였다.

서울 겨울철(12,1,2월) 평균 최저기온을 이용한 파엽 분석 결과에서 1960년대 이전과 이후의 가장 큰 차이점은 이전은 20년 정도에서 큰 분산값을 보이지만 이후에는 25년 이상과 10-12년 진동 모드에서 큰 분산값이 나타나는 반면 20년 주기에서는 상대적으로 작은 값을 가진다는 점이다.

연 강수량의 anomaly 분석과 표준강수지수 분석결과에서는 한반도내의 기후변동으로 보이는 장주기 변동이 보였고, 표준강수지수의 파엽분석결과에는 20년 이상의 장주기를 가진 변동이 다른 변동들보다 강하게 나타났다.

1980년대 이후의 급격한 증가를 보인 기온의 특이치 발생과 1920년대 중반이후의 급격한 변동을 보인 강수의 특이치는 십년-수십년 규모 변동과 관련이 깊은 것으로 나타났다. 그러므로, 최근의 특이 기후의 증가는 20세기 지구 온난화에 의한 것으로도 볼 수 있는 반면, 장주기 성분의 증가 지점에 위치할 것으로도 볼 수 있다.

사 사

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업의 수자원의 지속적 확보개발사업단의 연구비 지원 (1-3-1)에 의해 수행되었다.

#### 참고문헌

이용희, 최영진, 오재호, 2000: 강수량의 특이치 발생과 관련된 저주파 변동의 특성분석. 한국자료 분석학회지, Vol. 2, 57-66.

Nimal Gamage and William Blumen, 1993: Comparative analysis of low-level cold fronts: wavelet, fourier, and empirical orthogonal function decompositions. Mon. Wea. Rev., Vol. 121, 2867-2878.

Praveen Kumar and Efi Foufoula-Georgiou, 1997: Wavelet analysis for geophysical application. Rev. of Geophysics., Vol. 35, 358-412.

K.-M. Lau and Hengyi Weng, 1995: Climate signal detection using wavelet transform: how to make a time series sing. Bull. Amer. Meteor. Soc., Vol. 76, 2391-2402.

Torrence, Christopher and G. P. Compo, 1998: A practical guide to wavelet analysis. Bull. Amer. Meteor. Soc., Vol. 79, 61-78

Thom, H. C. S., 1958: A note on the gamma distribution. Mon. Wea. Rev. Vol. 86, 117-122.

Zhang, Y., J. M. Wallace, and D. S. Battisti, 1997: ENSO-like interdecadal variability : 1900-93. J. Climate, Vol. 10, 1004-1020.

Decade-to-century-scale climate variability and change: a science strategy. 9-24