

한반도의 몬순 기후 특성

안중배 · 김해정

부산대학교 지구환경시스템학부

(2010년 5월 19일 접수, 2010년 6월 12일 수정, 2010년 6월 16일 수락)

Characteristics of Monsoon Climate in the Korean Peninsula

Joong-Bae Ahn · Hae-Jeong Kim

Division of Earth Environmental System, Pusan National University

(Received 19 May 2010, Revised 12 June 2010, Accepted 16 June 2010)

요약 : 한반도의 몬순 특성을 알아보기 위해 한반도 61개 지점 자료를 가지고 EOF 분석을 수행하였다. 기온의 EOF 분석 결과 한반도에는 동북아시아 몬순과 반도규모의 몬순이 주요 모드로 나타났다. 가장 큰 모드는 동북아시아 몬순에 대해서 한반도 전체가 추워지는 겨울철 패턴은 북풍이나 반대로 한반도 전체가 따뜻해지는 여름철 남풍과 관계가 있다. 이러한 몬순의 형태는 잘 알려진 시베리아 고기압이나 북태평양 고기압과 같은 대륙규모의 해양-육지 간의 비열 차이와 이에 따른 순환과 연관이 있다. 본 연구에서는 이러한 대륙 규모의 몬순과 더불어 반도규모의 한반도 몬순순환이 존재하는 것을 밝혔는데, 이 순환은 기온과 동서류와의 관계로 잘 설명되며 한반도 중심이 냉각/가열될 때 한반도 중심에서부터 해양으로 동서류가 발산/수렴하는 전형적인 몬순의 패턴이 구조를 나타냈다. 강수의 주요 모드는 연주기 변동으로 여름철에 강수가 집중되는 현상을 나타내었다.

주요어 : 북동아시아 몬순, 한반도 몬순, 한반도 기후

Abstract : EOF analysis is performed to find characteristics of Korea monsoon using 61 surface observation stations. This study reveals that the continental-scale Northeast Asia monsoon and the peninsula scale Korea Monsoon are dominant over the Korean peninsula. For the northeast asia monsoon, appeared as the most gravest modes in association with the analysis, cold signal over whole Korea peninsula is related with northerly and southerly winds making Korea cold in winter and warm in summer, respectively. Such pattern is related with the continental-scale monsoon circulation such as Siberian High and North Pacific High circulations due to large-scale ocean-atmosphere specific heat difference. In this study, authors found that the peninsula-scale monsoon pattern are also exist which can be explained with the relationship between temperature and east-west flow over Korean Peninsula as the second gravest mode of patterns. For example, in association with the mode, when the center of Korea become cool/warm, there is divergent/convergent zonal flows from the center/coast to the coast/center of Korea peninsula. The major mode of Korea precipitation is defined as the annual cycle, which describes concentrated precipitation during summer period.

Key Words : Northeast Asia monsoon, Korea monsoon, climate over Korea peninsula

1. 서론

몬순이란 여름과 겨울에 대륙과 해양의 온도차로 인해서 풍향이 바뀌는 현상으로 계절풍이라고도 한다. 겨울에는 비열이 작은 대륙의 냉각이 해양보다 더 커서 대륙위에 큰 고기압이 발생하고 반면 비교적 온도가 높은 해양 위에서는 오히려 저기압이 발생하게 된다. 이 고기압에서 저기압으로 향해 흐르는 기류가 겨울의 계절풍이다. 이와 반대로 여름에는 해양의 온도가 대륙보다 낮아 해양에서 고기압이 발생되고 대륙에서는 저기압을 발생시켜 해양위의 고기압이 육지로 흘러들어오게 되는데 이 기류가 여름의 계절풍이다. 계절풍은 대륙과 해양 사이에서는 어디서나 볼지만 지역에 따른 차이가 크고 또한 해안 지방에서는 여름에는 해풍이 발달하고 겨울에는 육풍이 발달하는데 이와 같은 풍계가 계절풍을 강화 또는 약화시키기도 한다.

유라시아 대륙 동안에 위치한 우리나라는 반도의 특성상 바다-육지의 열용량 차이에 의한 영향을 크게 받으므로 겨울에 북서풍이 불고 여름에는 남동풍이 두드러진 계절풍의 영향을 받는 지역이다(김철희 · 전종갑, 1992). 또한 남북 방향으로 긴 국토와 북에서 남으로 발달한 산맥은 남·북간의 기후 차이와 동·서간의 기후 차이를 야기 시킨다(이승호 외, 2005). 박순웅 · 윤일희(1991)에 의하면 국지 기상 현상은 종관 규모 대기 현상과는 달리 바다와 육지의 열적 성질의 차이로 인한 해륙풍, 지형의 영향으로 인한 산곡풍, 그리고 농촌 지역과 도시 지역의 지표면의 물리적 차이로 인하여 발달하는 도시 열섬 현상 등에 의해 다양하게 나타난다. 한반도 역시 복잡한 지리적 조건으로 지역에 따라 다양한 기후 특성을 가지고 있고 이는 한반도 전역에 대해서 몬순 기후와 결부된 상세 기후 분석이 요구됨을 의미한다.

그 동안 한반도에서의 몬순 순환에 관한 연구는 거의 모두 대륙규모의 순환과 관련한 것들이 전부였다. 한반도의 기후 특성을 다룬 연구로는 주로 장기간 관측치의 강수량, 기온, 복사에너지, 바람 등을 분석한 연구가 있으나 다양한 기후 인자들을 종합적으로 고려하기 보다는 특정 기후 요소를 사용하였고 체계적으로 한반도 전역에 대해 분석한 연구도 매우 드문 실정이다. 또한 최근의 한반도 기후 자료를 이용하여 분석한 연구 또한 미흡하다. 본 연구에서는 최근 30년 동안의 한반도 기온, 강수, 바람장을 종합적으로 고려하여 반도규모의 한반도 몬순 기후 특성에 대해 분석하고자 하였다.

2. 자료 및 분석 방법

본 연구에 사용된 자료는 1973년 1월부터 2007년 12월까지 360개월 동안 기상청 산하 61개 관측 지점에서 관측한 지상 관측 자료(기온, 강수량, 풍향, 풍속)들이다. 바람 자료는 대부분 지상 10m 부근의 높이에서 관측된 자료이고 기온은 모두 지상 1.5m 이하에서 관측된 자료이다. 바람장 분석을 위해 매시간 관측된 풍향, 풍속 자료를 이용하여 동서 방향과 남북 방향의 바람 성분을 구하였다.

한반도 몬순의 공간적인 특성을 정량적으로 파악하기 위하여 기온, 강수량에 EOF 분석 방법을 적용

하였고 바람장에 대해서는 기온과 함께 SVD 분석을 수행하였다. 이를 통해 모드별로 고유벡터의 공간적인 분포특성과 시간계수를 구하였고 시간계수의 주기 분석을 통해 시·공간변동성 및 주기적인 특성을 파악하였다.

3. 결과

1) 기온

한반도 61개 지점 자료를 이용하여 1973년부터 2007년에 대한 기온의 EOF 분석을 수행하였다. 총 변동의 99% 이상을 설명하는 첫 번째 모드는 한반도 전 영역에 대해서 음의 부호를 나타낸다(그림 1). 이는 한반도 전체가 따뜻해지거나 차가워지는 현상을 의미하는데 PC timeseries(그림 2)와 함께 살펴본다면 겨울철에 한반도 전역의 기온이 낮아지고 여름이 되면 한반도 전체가 따뜻해짐을 알 수 있다. 게다가 이 모드의 가장 탁월한 주기가 12개월로 나타나는 것으로 보아 첫 번째 모드는 연주기 패턴으로 생각된다(그림 3). 특히, 서울 경기 지역의 연교차가 해안지역보다 크게 나타나고 있는데 이는 열섬 현상에 기인한 것이라 본다. 결과적으로 첫 번째 모드에서 나타나는 모습은 겨울철에 북서풍으로 인해 기온이 낮

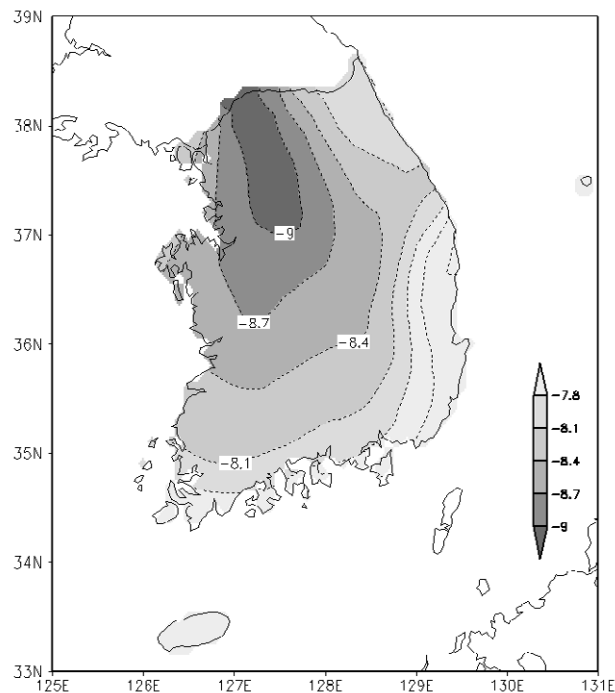


그림 1. 한반도 기온의 EOF 첫 번째 모드에 대한 공간 분포

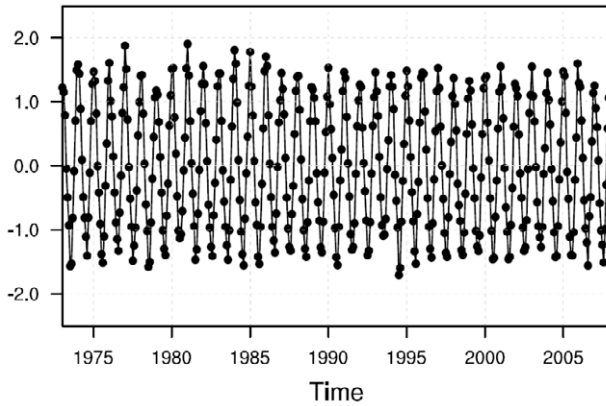


그림 2. 한반도 기온의 EOF 첫 번째 모드의 시간 계수

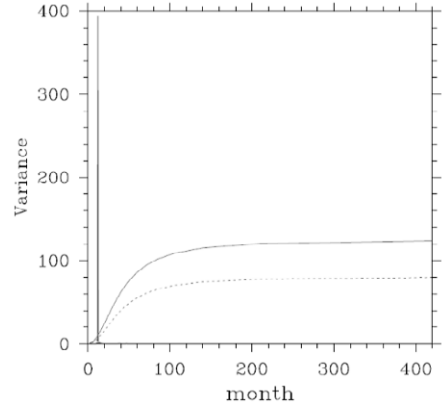


그림 3. 한반도 기온의 EOF 첫 번째 모드의 시간 계수에 대한 주기 분석. 점선(실선)은 95%(99%) 신뢰 구간을 의미함.

아지고 여름철에는 남풍으로 인해 기온이 오르는 동북아시아 몬순과 같다고 생각된다.

두 번째 모드(그림 4)는 한반도 중심부와 해안지역의 부호가 서로 반대로 나타나는 특징을 보인다. 한반도는 첫 번째 모드인 대륙 규모 몬순의 영향을 크게 받기 때문에 나머지 모드들에 대한 변동성이 작게 나타날 수 밖에 없다. 따라서 이 모드는 총 변동의 0.34% 정도 밖에 설명하지 않지만 대륙 규모 몬순을

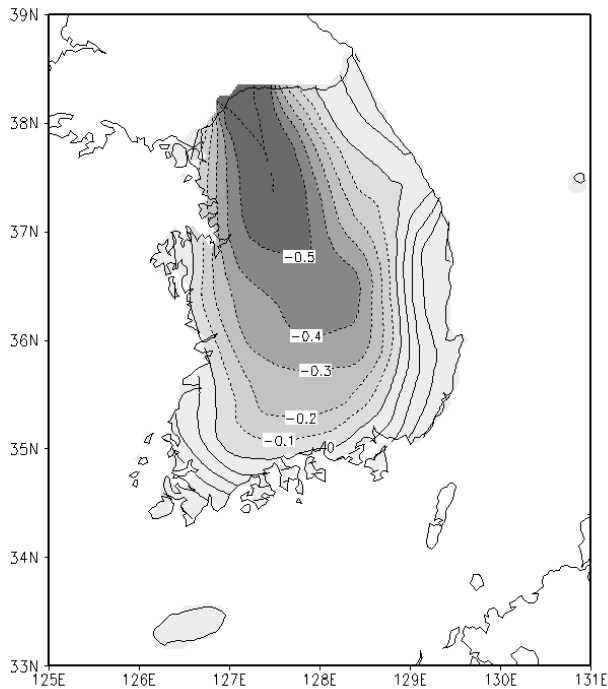


그림 4. 한반도 기온의 EOF 두 번째 모드에 대한 공간 분포

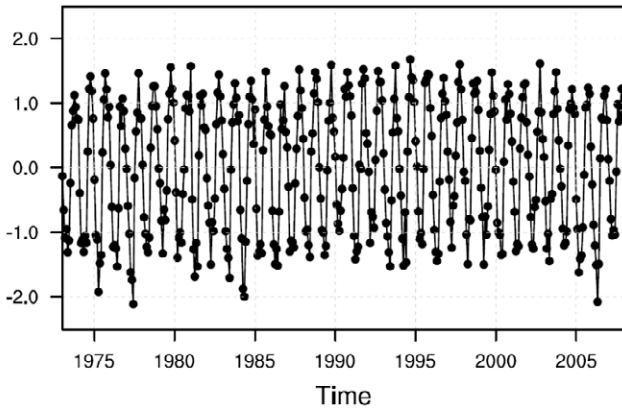


그림 5. 한반도 기온의 EOF 두 번째 모드의 시간 계수

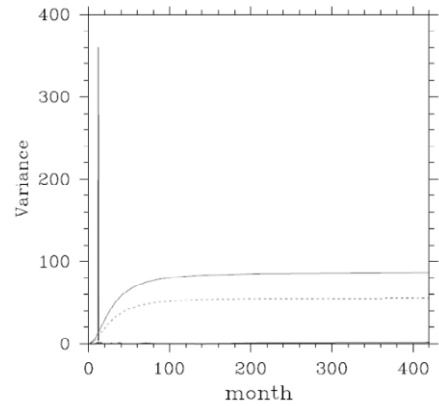


그림 6. 한반도 기온의 EOF 두 번째 모드의 시간 계수에 대한 주기 분석. 점선(실선)은 95%(99%) 신뢰 구간을 의미함.

제외한다면 한반도의 중심과 반도의 해안을 따라 부호를 달리하는 한반도 규모의 몬순과 관련된 가장 큰 변동성을 보이고 있다. 이 모드는 12개월을 주기(그림 6)로 가장 잘 나타내는데 PC2(그림 5)와 관련지어 살펴보면 여름에 내륙이 더워지고 해안지역은 차가워져 한반도 내부로 바람이 수렴하게 될 것이다. 반면, 겨울에는 한반도 중심의 냉각 현상으로 인해 내륙에서부터 해안지역으로 바람이 발산하는 모습을 보일 것이다. 이러한 현상은 동북아시아 몬순과 달리 한반도에서만 나타나는 현상이므로 한반도 지역 몬순이라고 할 수 있다. 주요모드에 대한 보다 더 깊이 있는 해석을 위해 바람장의 변화와 함께 살펴보겠다.

2) 바람장

동북아시아 몬순을 설명하기 위해 남북류의 특징을 살펴보았다. 기온과 남북류를 이용하여 SVD 분석을 수행하였고 동북아시아 몬순이라고 생각되는 첫 번째 모드를 추출 하였다(그림 7, 8). 이 모드의 두 시간계수는 $r=0.12$ 로 95% 신뢰구간에서 유의한 상관관계를 가지고 있다. 이 모드에서 한반도 전체가 추워지는 패턴은 북풍과 관계가 있고 반대로 한반도 전체가 따뜻해지는 것은 남풍과 관계가 있다는 결과를 얻을 수 있고 이는 전형적인 동북아시아 몬순 현상이다. 우리나라에서 몬순의 주풍향은 여름철에는 남풍인 반면 겨울철에는 북풍이고 여름철의 남풍은 더운 지역에서 찬 지역으로 불기 때문에 한반도의 대기와 해양에 열을 공급하며 겨울철에는 그 반대 현상이 발생한다는 조병길 외(1994)의 결과와도 일치한다.

한반도 몬순을 설명할 수 있는 동서류의 특징을 살펴보기 위해 기온과 동서류에 대한 SVD 분석을 수행하였다(그림 9, 10). 한반도 몬순 기온 패턴과 관계된 패턴은 세 번째 모드에서 나타났다. 두 시간계수

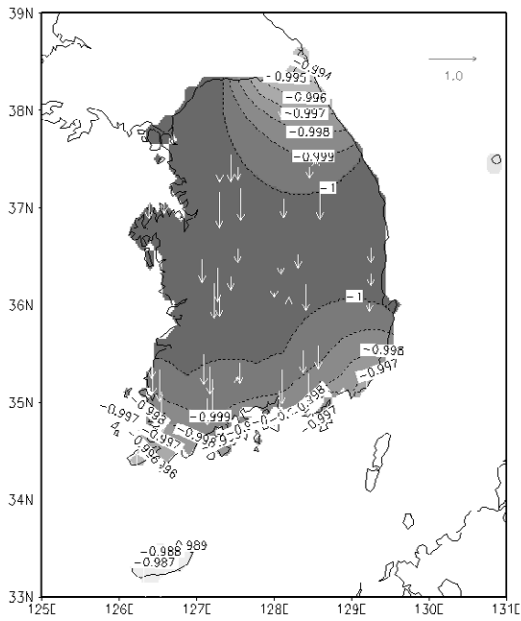


그림 7. 한반도 기온과 남북류에 대한 SVD 첫 번째 모드의 공간 분포

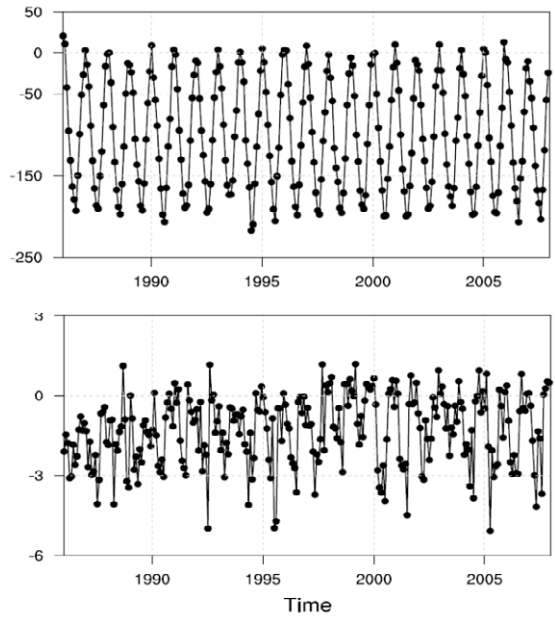


그림 8. 한반도 기온(위 그림)과 남북류(아래 그림)에 대한 SVD 첫 번째 모드의 시간 계수

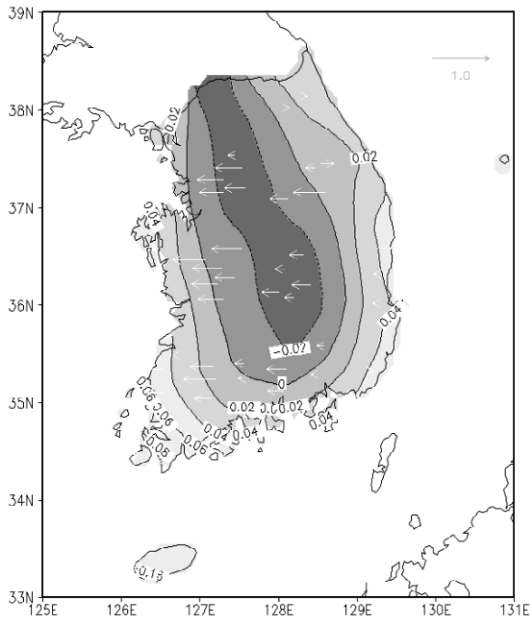


그림 9. 한반도 기온과 동서류에 대한 SVD 세 번째 모드의 공간 분포

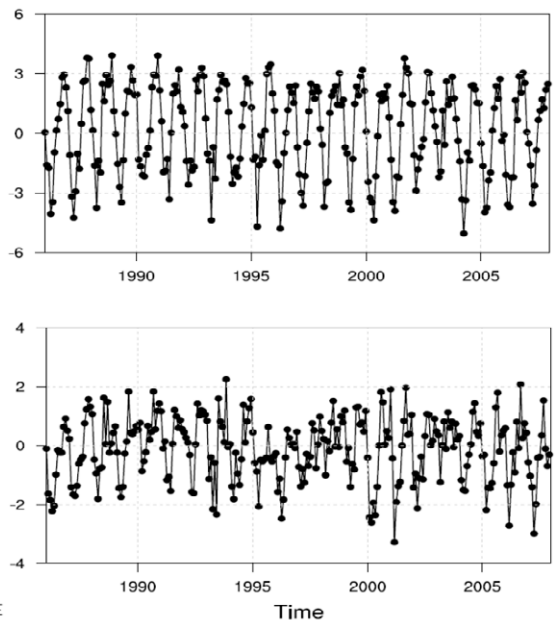


그림 10. 한반도 기온(위 그림)과 동서류(아래 그림)에 대한 SVD 세 번째 모드의 시간 계수

는 $r=0.22$ 로 99% 신뢰구간에서 유의한 상관관계를 가지고 있다. 비록 태백산맥의 영향으로 약하게 나타나고 있지만 한반도 동쪽에서의 서풍이 존재하고 있다. 또한 서쪽에 바람의 크기가 강하고 한반도 중심으로 갈수록 그 크기가 작아지므로 이 모드는 동서류가 수렴 발산하는 모드이다. 이를 기온과 함께 살펴보면 cold season에 한반도 중심이 냉각될 때 한반도 내륙에서부터 해양으로 동서류가 발산하고 warm season에 가열된 한반도 내륙으로 동서류가 수렴하는 현상으로 설명될 수 있다. 이러한 현상은 육지-해양 대비로 인한 강한 온도 경도에 기인한 것이라고 생각된다.

3) 강수

강수에 대해서 EOF 분석을 수행하였다(그림 11, 12, 13). 첫 번째 모드는 전체 변동의 76%를 설명하고 12개월의 탁월 주기를 가지므로 연주기 변화라고 볼 수 있다. 공간 패턴은 한반도 전체 영역에 대해 같은 부호를 가지고 있고 PC를 살펴보면 여름철에 강한 음의 peak가 나타나는 것을 알 수 있다. 이는 우리나라 강수의 첫 번째 모드는 일 년 중 여름철에 한반도 전체적으로 비가 많이 오는 특징을 나타냄을 의미한다. 특히 지리산 지역은 여름철에 비가 많이 오는 큰 연변동을 가지는 것이 특징적이다.

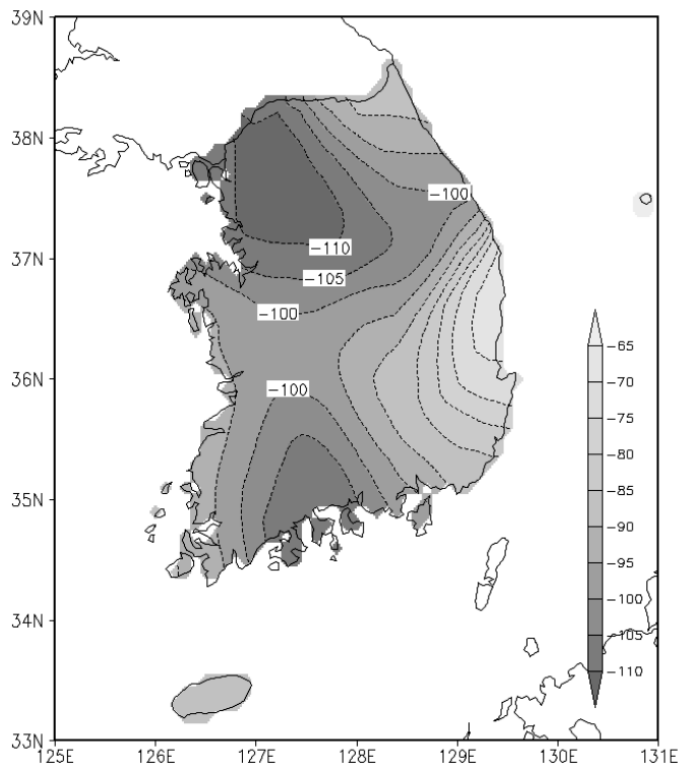


그림 11. 한반도 강수의 EOF 첫 번째 모드에 대한 공간 분포

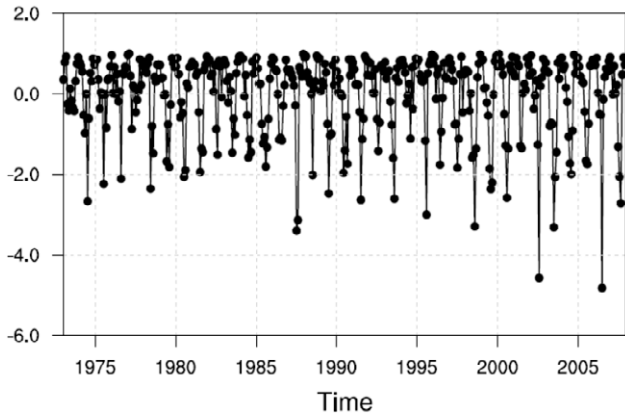


그림 12. 한반도 강수의 EOF 첫 번째 모드의 시간 계수

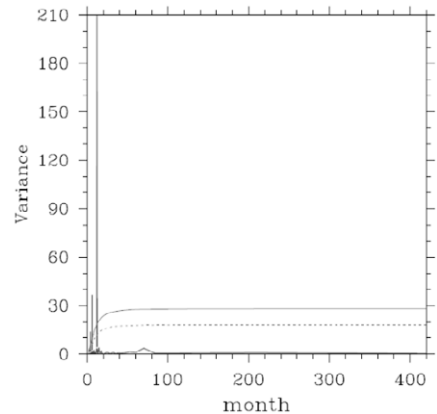


그림 13. 한반도 강수의 EOF 첫 번째 모드의 시간 계수에 대한 주기 분석. 점선(실선)은 95%(99%) 신뢰 구간을 의미함.

4. 토의 및 결론

한반도의 문순 특성을 알아보기 위해 한반도 61개 지점 자료를 가지고 기온 등에 관하여 EOF 분석을 수행하였다. 기온의 EOF 분석 결과에 의하면 한반도에는 동북아시아 문순과 반도규모의 문순이 주요 모드로 나타났다. 가장 중요한 모드는 역시 동북아시아 문순의 부분으로써 동북아시아 문순은 기온과 남북류와의 SVD 분석 결과로부터 설명될 수 있었다. 이 모드는 한반도 전체가 추워지는 겨울철 패턴은 북풍이나 반대로 한반도 전체가 따뜻해지는 여름철 남풍과 관련이 있는 것으로 나타났다. 이러한 문순의 형태는 잘 알려진 시베리아 고기압이나 북태평양 고기압과 같은 대륙규모의 해양-육지 간의 비열 차이와 이에 따른 순환과 연관이 있다.

본 연구에서는 이러한 대륙 규모의 문순과 더불어 반도규모의 한반도 문순순환이 존재하는 것을 밝혔다. 이러한 규모의 순환은 기온과 동서류와의 관계로 잘 설명되며 한반도 중심이 냉각/가열될 때 한반도 중심에서부터 해양으로 동서류가 발산/수렴하는 전형적인 문순의 패턴이 구조를 나타냈다. 이러한 문순 순환과 관련하여 강수의 주요 모드는 연주기 변동으로 여름철에 강수가 집중되는 현상을 나타내었다.

사사

본 연구는 농촌진흥청 연구개발사업과 공동연구사업(과제번호: 200806A01036056과 200901OFT 072454094)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- 조병길 · 문승의 · 민경덕, 1994, 일차원 대기-해양 혼합 모델을 이용한 황해 남동해역에서의 열수지에 관한 연구, 한국기상학회지, 30(2), 145-154.
- 김철희 · 전종갑, 1992, 종관바람을 고려한 한반도에서의 3차원 해륙풍 수치 모의, 한국기상학회지, 28(2), 165-181.
- 이승호 · 허인혜 · 이경미 · 권원태, 2005, 우리나라 상세기후지역의 구분, 한국기상학회지, 41(6), 983-995.
- 박순용 · 윤일희, 1999, 한반도의 국지 기상 특징, 한국기상학회지, 27(2), 87-118.