

# Climate variability over North Korea associated with ENSO and Comparison to South Korea case

연구참여 연구실: 기후시스템 연구실

지도교수: 국종성 교수님

소속: 울산과학기술원 도시환경공학과

이름: 박상환

## 1. Introduction

엘니뇨는 열대 동태평양과 중태평양의 해수면 온도가 평상시보다 높은 상태로 수개월 이상 지속되는 현상이다. 엘니뇨는 대체로 봄철 또는 여름철에 발생해 겨울까지 해수면 온도가 상승하다가 이후 점차 약해지며, 이듬해 봄철 또는 여름철에 소멸하는 경향을 보인다. 엘니뇨는 열대 태평양의 해양-대기 상호작용 결과 발생하는 현상으로, 엘니뇨 시기에 적도 태평양의 무역풍은 감소하고 서태평양의 강한 대류활동 지역이 중태평양으로 확장 이동하게 된다. 최근 들어 중태평양의 해수면 온도가 상대적으로 더 높은 엘니뇨가 자주 발생하고 있으며, 이런 엘니뇨의 다양성은 복잡한 해양-대기 상호작용의 결과로서 전 지구 기상 및 기후에 미치는 영향도 다르게 나타난다.

엘니뇨는 열대 태평양 지역에 국한되어 나타나는 현상이지만, 대기와 해양의 원격상관을 통해 전 지구 기상 및 기후에 영향을 미치게 된다. 마찬가지로 엘니뇨는 우리나라가 속한 중위도 지역에도 영향을 끼치며 이 영향은 지역과 계절에 따라 매우 다르게 나타난다. 이를 바탕으로 엘니뇨와 한반도 기후의 상관관계를 밝히는 연구가 많이 선행되었지만, 이러한 선행연구들은 주로 남한지역의 관측자료로만 수행되었다. 따라서, 본 연구보고서에서는 계절별로 다른 엘니뇨의 발달 시기에 따른 북한지역의 기후 상관관계를 알아볼 것이다.

## 2. Data

이 보고서에서의 주요 자료는 한국 기상청이 제공하는 1981년부터 2017년 북한 27개 관측소에서 측정한 기온과 일일 강수량이 사용되었다. 지역 기후와 엘니뇨와의 관계를 보기 위해서 월평균 기온과 강수량 자료를 사용하면 엘니뇨에 따른 급격한 기온 및 강수량 변화를 제대로 알아보기에는 어려움이 있기에 일일 자료를 사용하였다. 또한, 엘니뇨의 영향을 알아보기 위해서 ENSO index를 사용하였다. ENSO index는 the NOAA Extended Reconstructed SST(ERSSTv3d)의 1981년부터 2017년까지의 월평균 NINO3.4 index를 사용하였다(Fig. 1). NINO3.4 index는 Fig.1 에서 해당되는 지역의 SST를 지역 평균한 온도값이며 엘니뇨가 발생했을 때의 변화를 잘 나타낼 수 있는 index로 널리 사용되고 있다. 또한, 엘니뇨와 관련된 대기의 순환구조는 엘니뇨의 발달단계와 소멸단계에 따라 상당히 다르다. 따라서 엘니뇨와 북한 기후의 통계적 상관관계를 알아보기 위해서 관측자료와 엘니뇨 지수와의 lead-lag correlation 방법을 사용했다.

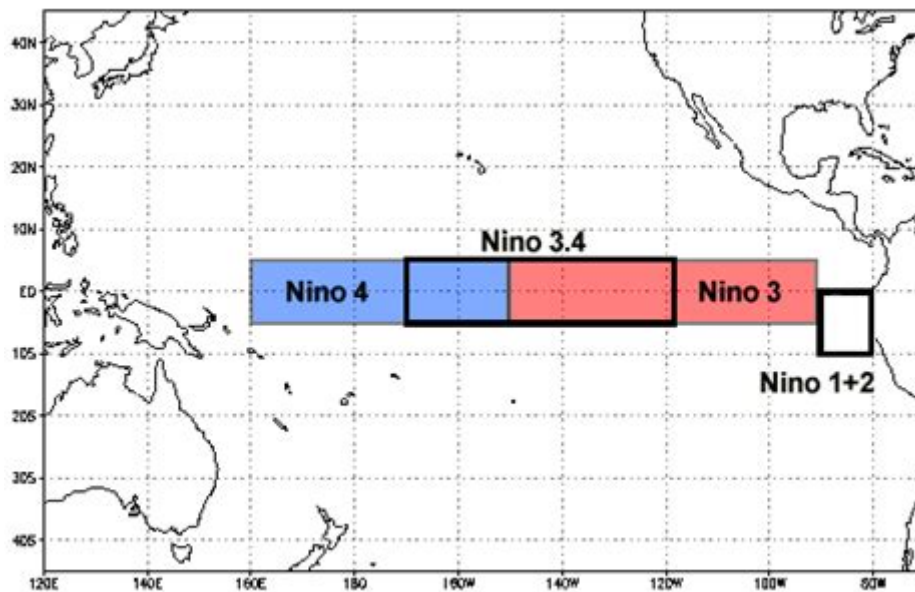


Fig. 1. NINO3.4 index의 SST 지역 평균 구역

## 3. Method

먼저 계절 경향성을 제거하기 위해서 북한 관측소의 일일 기온 및 강수량 자료들을 37개년(1981년~2017년) 평균하고 이를 각 관측값들로부터 빼주어 anomaly를 구하였다. 또한, 엘니뇨와의 상관관계를 구하기 위해서 북한 관측소의 기온과 강수량 일일

anomaly 자료를 5일씩 평균하여 총 73개 5-mean pentad 자료로 만들었으며, 그 이후 5개 총 25일씩 moving averaging을 하였다. 이는 단순히 네 개의 계절로 평균하여 상관관계를 구하는 것보다 엘니뇨 영향의 상관관계 다양성을 보는 것(단순 계절별 평균을 하여 구한 상관관계는 Fig. 2에서 보는 것과 같이 robust 하게 나타나지 않음)에 더욱 유리하기 때문이다. 마찬가지로 NINO3.4 index의 월별 자료를 37개년 평균하고 이를 각 NINO3.4 index값들로부터 빼주어 시간 경향성을 제거하여 anomaly를 구하였다. 그리고 anomaly를 각 엘니뇨 단계에 맞게 계절별로 묶어 평균하여 JJA (July-June-August), SON (September-October-November), DJF (December-January-February) 그리고 MAM (March-April-May) 형태로 NINO3.4 index를 사용하였다.

Lead-lag correlation을 구하기 위해서 각 계절별 37개년 NINO3.4 index와 37개년 5-pentad moving mean 73개 관측 자료를 통해 correlation coefficient를 구하였다. 또한, 유의미한 correlation 값을 나타내기 위해서 correlation significance t-test를 실시하여 90%의 confidence interval을 구하였다.

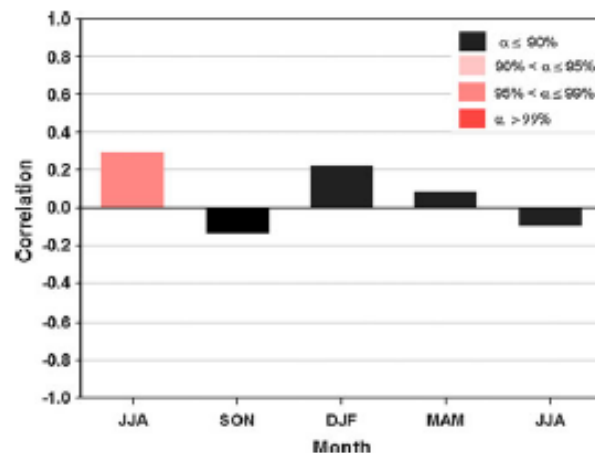


Fig. 2. NDJ NINO3.4 SST index와 계절별 강수 평균값의 상관관계

#### 4. Result and Discussion

엘니뇨가 북한 기온 및 강수량에 미치는 영향의 상관관계 결과들이 Fig.3~6에 있으며 또한, 엘니뇨가 남한 기온 및 강수량에 미치는 영향의 상관관계 결과와의 비교를 보여주기 위해서 기상청에서 발간한 2016 엘니뇨백서(국종성 외 3명 저)의 상관관계 결과들도 함께 나타내었다. 각 그림마다 색칠된 bar 들은 90% significance confidence

interval 을 나타내며, 북한 그래프에서 빨간색 구역은 엘니뇨백서의 남한 그래프에서와 같은 x 축을 표시한 것이다.

먼저 DJF(Fig. 3)에서 북한 그래프를 보면, 온도의 경우 11 월부터 양의 상관관계를 보여주고 있으며 특히 엘니뇨의 최성기인 12 월에는 높은 양의 상관관계를 보여주고 이는 이듬해 봄철(MAM)의 온도까지 양의 상관관계로 영향을 끼친다. 그러나 lead 지역의 9 월과 10 월에 강한 음의 상관관계를 가지는데, 이는 엘니뇨 발달기인 SON(Fig. 4)의 북한 온도 그래프에서 9 월과 10 월 동시상관에서도 똑같이 나타나는 것을 볼 수 있다. 마찬가지로 강수 그래프에서도 12 월에 가장 강한 양의 상관관계를 나타내며 SON 의 9 월과 10 월 동시상관에서도 나타나는 것으로 보아 엘니뇨가 서서히 발달하여 12 월에 최전성기로서 북한 기후에 영향을 끼치는 것을 알 수 있다. 강수는 전체적으로 양의 상관관계를 가진다. 이런 기온과 강수의 강한 양의 상관관계는 한반도 동쪽에 고기압이 자리잡으면서 저위도로부터 온난다습한 공기를 받기 때문이라고 한다. 그러나, 1 월에 상관관계가 낮아지고 심지어 음의 상관관계를 나타낸다. 이를 통해서, 만약 우리가 계절 평균을 사용한다면 강수량 데이터에서 중요한 intra-seasonal 상관관계 변화를 보지 못했을 것이고, 이는 한반도 지역의 엘니뇨 영향 변동성을 작게 보여주고 있었을 것이다. 또한, 선행연구에 의하면 1 월에 상관관계가 떨어지는 이유로는, 필리핀해 고기압이 엘니뇨가 쇠퇴하는 시기에 점차 발달하고 북진하면서 봄철과 여름철까지 영향을 줄 수 있기 때문이다. 그러나, 필리핀 고기압이 발달하지만 한반도에 직접적으로 영향을 주는 쿠로시아 고기압은 1 월에 갑자기 사라진다. 대신 북태평양의 저기압성 흐름이 12 월에 비해 크게 강화되고, PNA 패턴이 자리잡게 되기 때문이라고 한다. 그리고, 남한과 북한의 강수 결과를 비교하자면, 남한의 상관관계에 비해 전체적으로 북한의 상관관계가 조금씩 낮은 결과를 보인다. 그러나, 북한의 상관관계도 0.4 이상으로 높은 값을 보이기에 엘니뇨의 영향을 많이 받는다고 볼 수 있다.

SON(Fig. 4)의 경우 남한은 음의 상관관계를 가지는 반면에 북한은 약하지만 양의 상관관계를 가지는 차이를 보인다. 그러나, 남한과 북한 모두 9 월의 높은 상관관계를 가지는 등 전체적으로 비슷한 온도 상관관계 패턴을 보여준다. 하지만, 강수의 경우에는 북한의 9 월초와 10 월에서 오히려 양의 상관관계가 나타나는 차이를 보인다. 또한, 나머지 JJA(Fig. 5)의 경우도 남한과 북한의 비슷한 상관관계 패턴을 보여주고 있다. MAM(Fig. 6)의 경우에는 그 전해인 엘니뇨 최성기인 DJF 의 영향을 받아서 계속해서 기온과 강수 모두 양의 상관관계를 유지하는 것으로 보인다.

## DJF ↴

엘니뇨백서 12 월 ↴

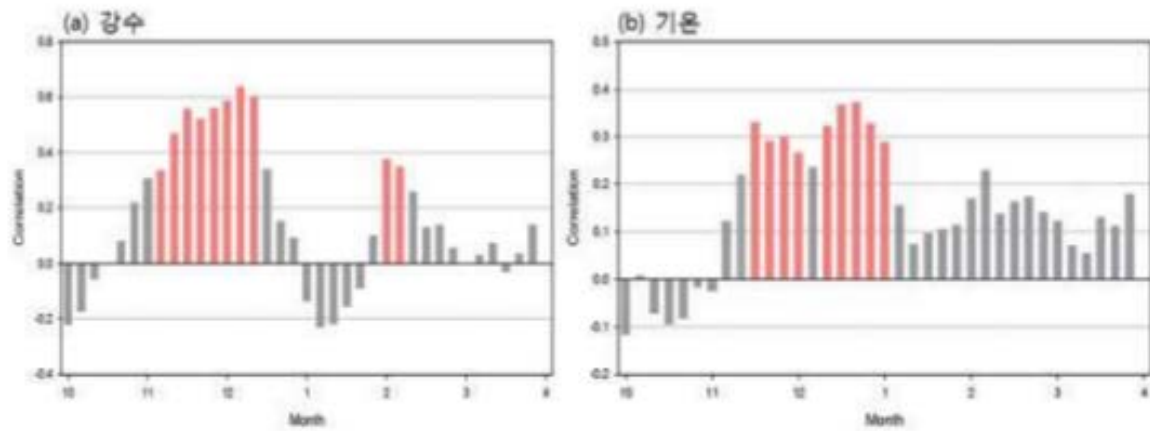


그림3-4-1. NINO3,4지수와 한반도 강수와 기온의 상관관계.

북한 ↴

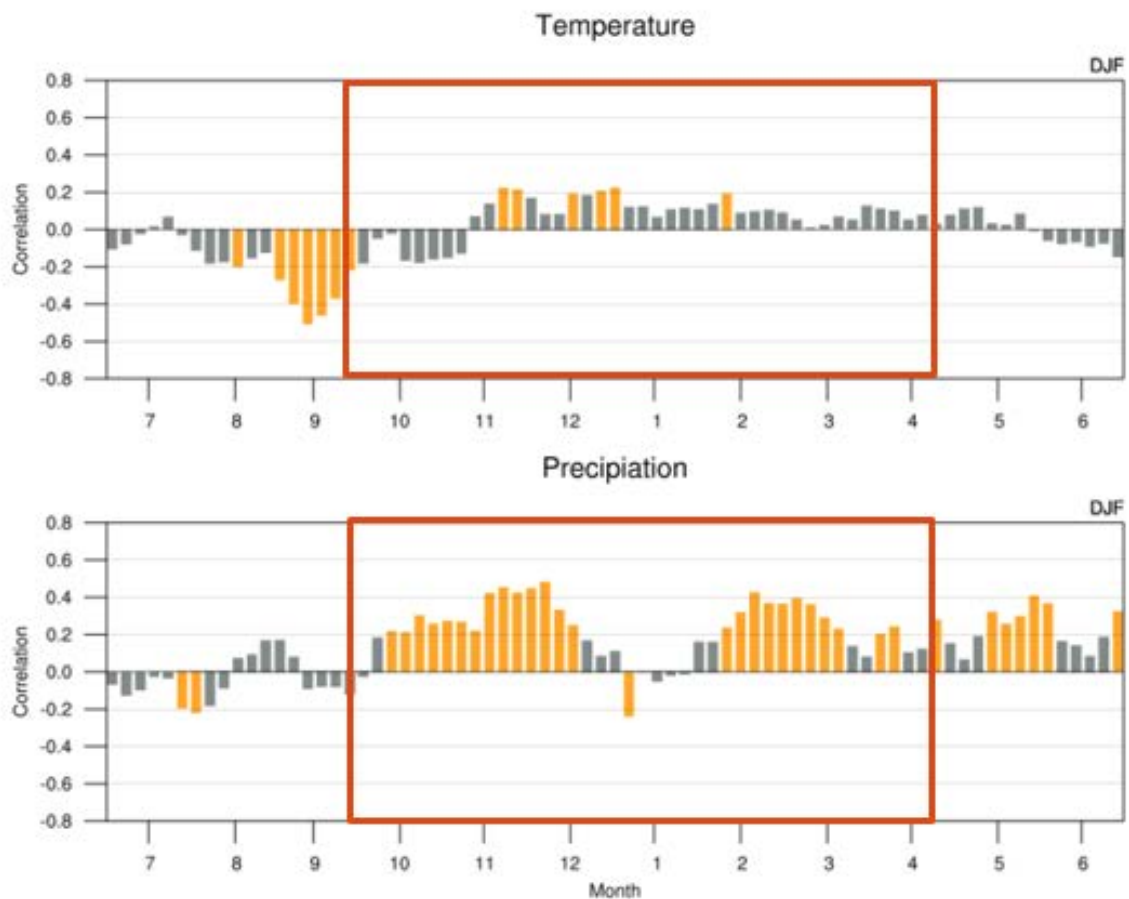


Fig. 3. DJF 상관관계 결과

## SON

엘니뇨백서 9월

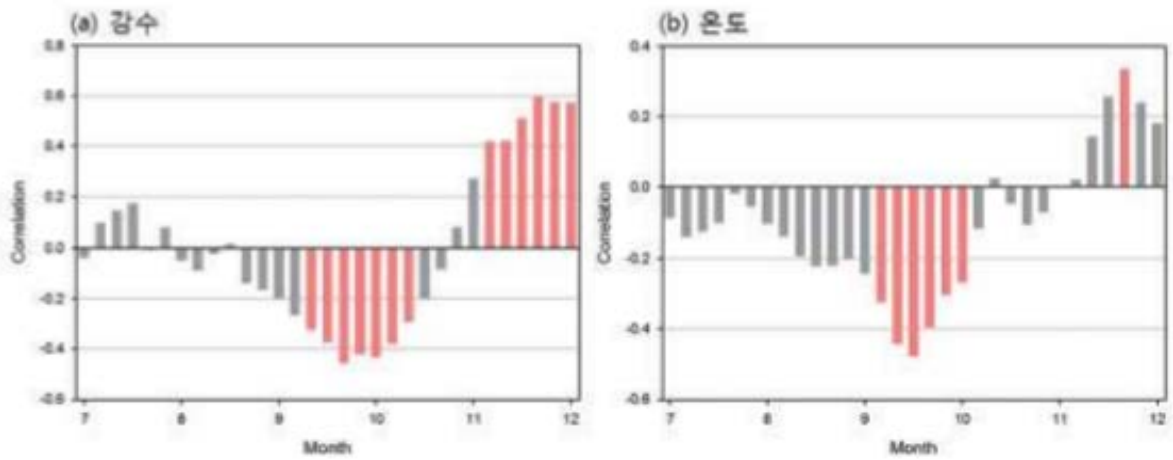


그림3-3-1. 한반도 강수와 온도의 NINO3.4 SST와의 상관관계.

북한

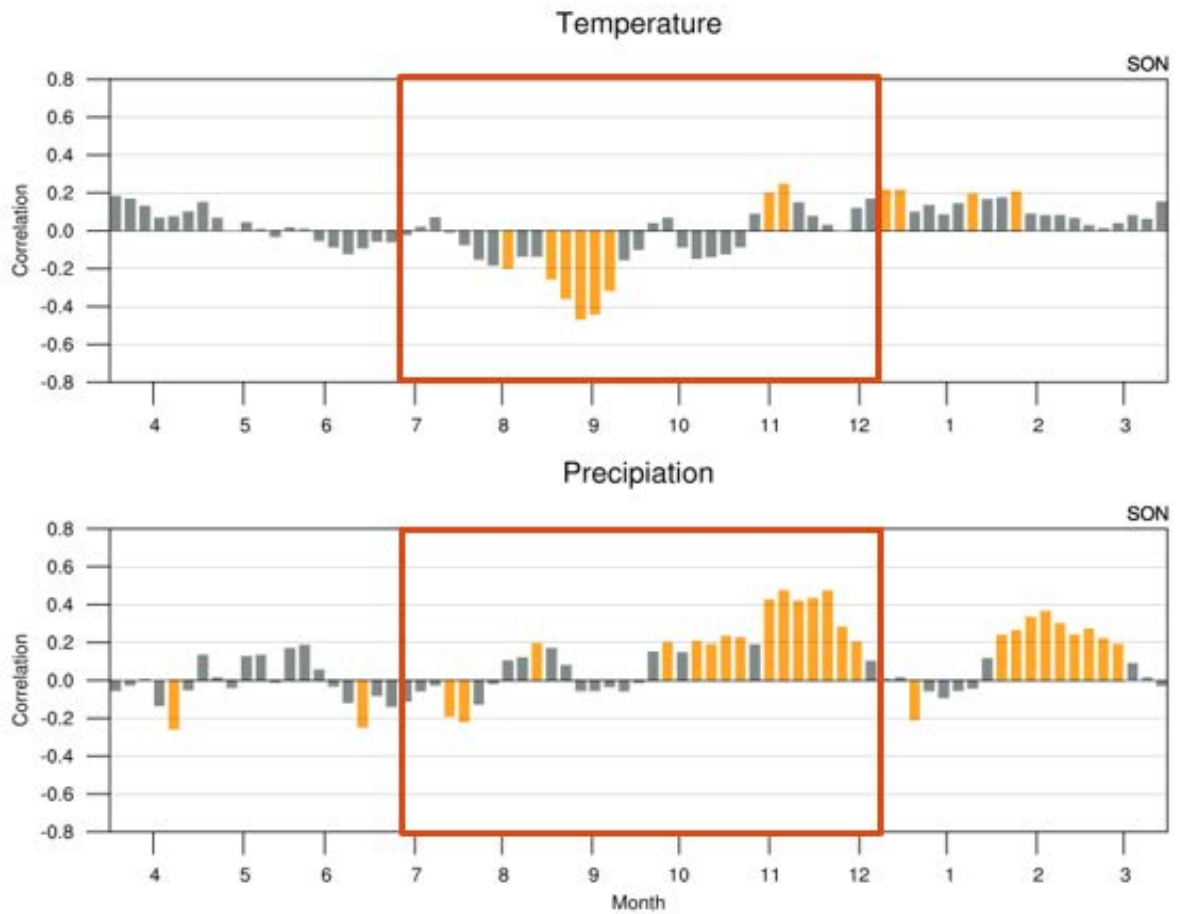
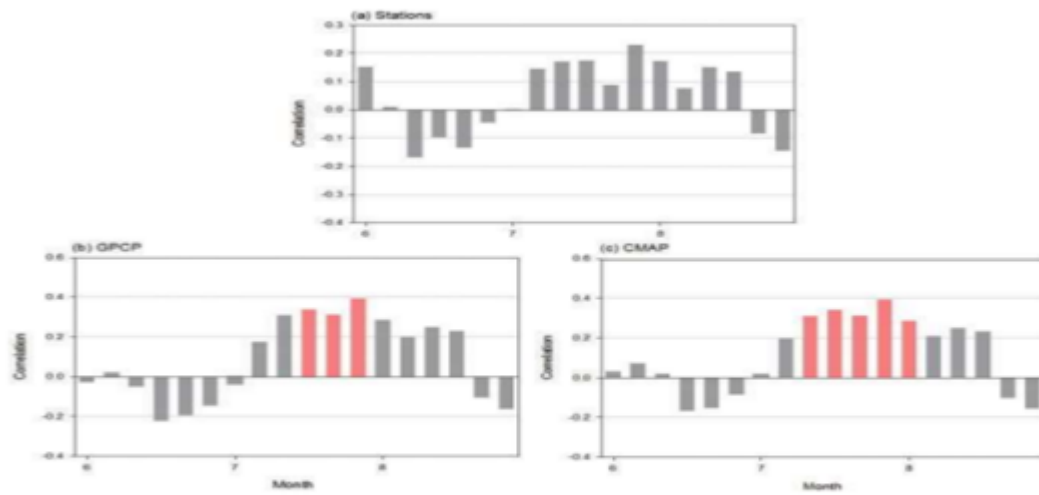


Fig. 4. SON 상관관계 결과

## JJA

엘니뇨백서 7 월 강수



북한

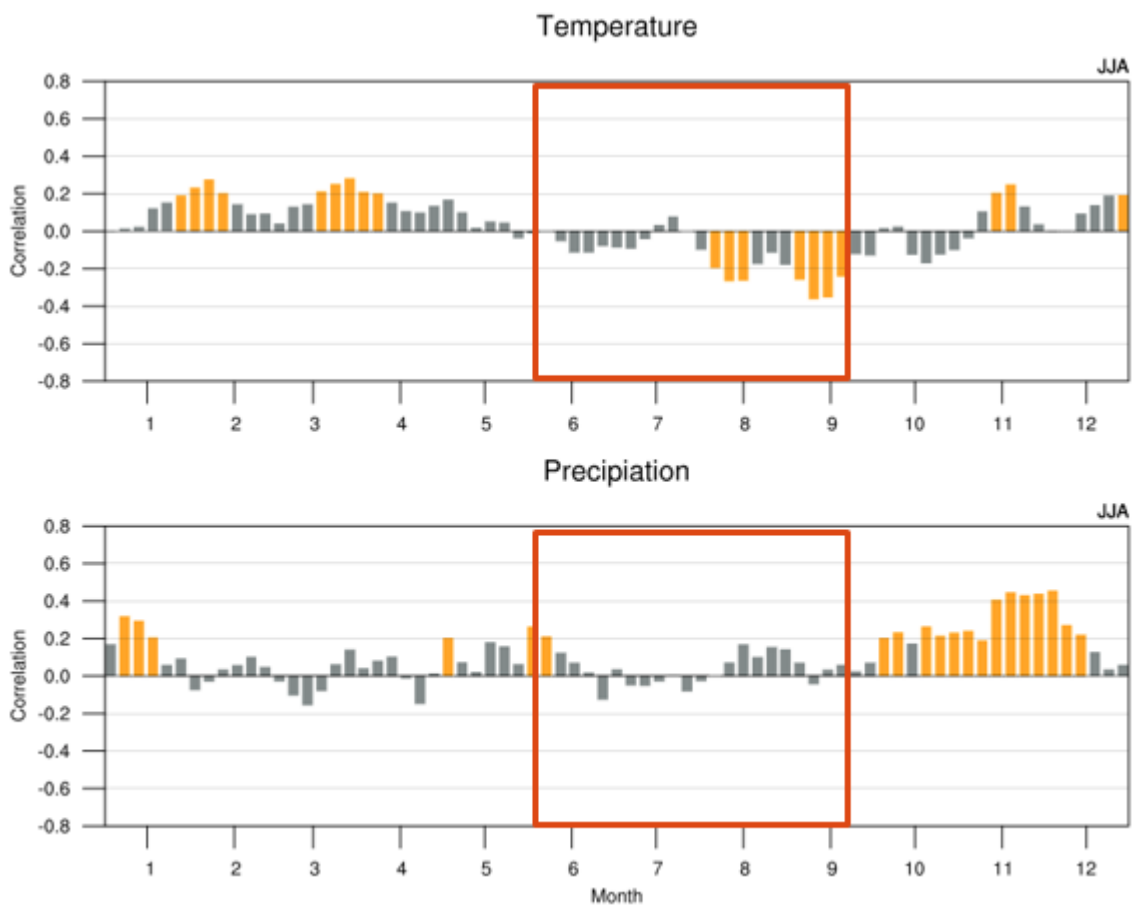


Fig. 5. JJA 상관관계 결과

# MAM

북한

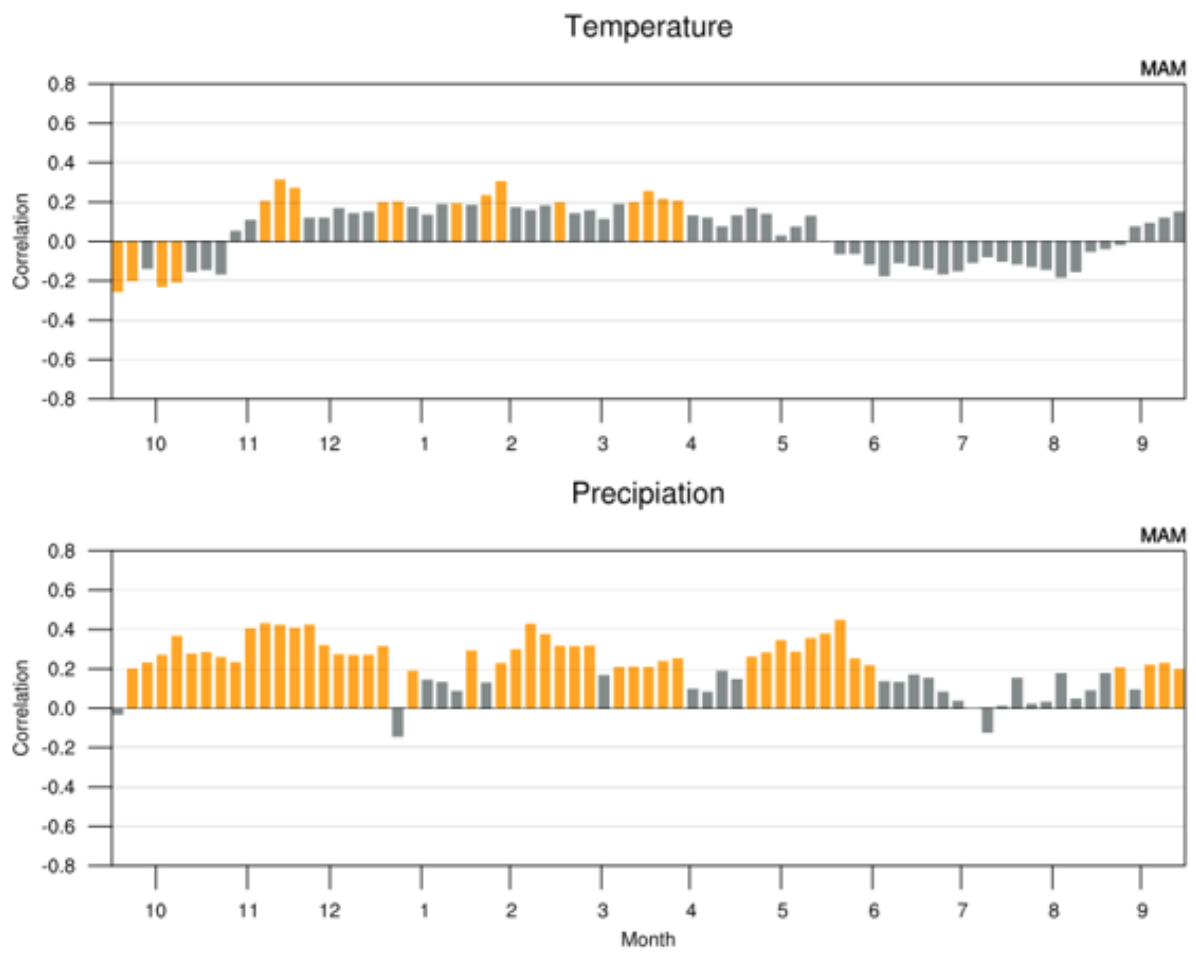


Fig. 6. MAM 상관관계 결과