

The internal origin of the west-east asymmetry of Antarctic climate change

Sang-Yoon Jun¹, Joo-Hong Kim¹, Jung Choi², Seong-Joong Kim¹,
Baek-Min Kim³, Soon-Il An⁴

¹Korea Polar Research Institute, ²Seoul National University,
³Pukyong National University, ⁴Yonsei University

Recent Antarctic surface climate change has been characterised by greater warming trends in West Antarctica than in East Antarctica. Although this asymmetric feature is well recognised, its origin remains poorly understood. Here, by analysing observation data and multi-model results, we show that there exists a west-east asymmetric internal mode amplification in austral winter that originates from the combination of two local factors: the ocean temperature over the Amundsen-Bellinghshausen seas and the Antarctic terrain. The warmer ocean temperature over the West Antarctic sector has positive feedback, with an anomalous upper-tropospheric anti-cyclonic circulation response centred over West Antarctica, in which the strength of the feedback is controlled by the Antarctic topographic layout and the annual cycle. The current west-east asymmetry of Antarctic surface climate change is undoubtedly of natural origin because no external factors (e.g., orbital and anthropogenic factors) contribute to the asymmetric mode.

Key words: Antarctic climate, Atmosphere-Ocean coupled model, Decadal variability, external forcing

※ 이 연구는 남극기후변화의 지역적 차이 원인 규명 사업 (KOPRI-PE19010)의 지원으로 수행되었습니다.

Dynamical control of the Tibetan Plateau on the East Asian summer monsoon

Jun-Hyeok Son^{1,2}, Kyong-Hwan Seo^{1,2}, Bin Wang³

¹Department of Atmospheric Sciences, Division of Earth Environmental System,
Pusan National University, Busan, Korea

²Research Center for Climate Science, Pusan National University, Busan, Korea

³Department of Atmospheric Sciences, IPRC, University of Hawaii, Honolulu, HI, USA

The origin of the East Asian summer monsoon (EASM) - the sole monsoon existing in the subtropics-midlatitude in the northern hemisphere - has long been recognized as an elevated heating and mechanical forcing of the Tibetan plateau, and the land-sea zonal heat contrast. However, the relative contribution of individual processes to the generation of the East Asian summer monsoon and, therefore, the underlying basic physics are unexplored. Here, we show that the EASM is mainly driven by the dynamical effect of the Tibetan plateau, in which forced topographic Rossby waves induce downstream southerlies, a crucial factor in EASM precipitation. From idealized general circulation model (GCM) simulations, the dynamical effect of mountains is revealed to account for $\sim 65\%$ of the total East Asian summer precipitation, whereas the elevated heating and land-sea heat contrast are only responsible for $\sim 15\%$ each and the mountain-drag effect accounts for less than 5%.

Key words: East Asian summer monsoon, Tibetan Plateau, dynamical effect

Stratospheric initial condition for skillful surface prediction in the ECMWF model

최 정, 손석우

서울대학교 지구환경과학부

최근 들어 S2S(subseasonal-to-seasonal) 시간규모에서의 기상 예측에 대한 관심이 증가 하고 있다. 이에 세계 기상기구(WMO)에서는 S2S 시간규모에서의 예측성 향상과 과학적 이해 증진을 위한 <S2S prediction project>를 시작하였다. 본 연구에서는 이 프로젝트에 참여한 ECMWF 앙상블 예측 시스템의 과거 19년(1998/99-2016/17년) 자료를 이용하여 북반구 겨울철의 해면기압에 대한 예측성을 분석하였다. 총 11개의 앙상블 멤버를 평균한 자료를 사용하였으며, 일주일에 2번씩 초기화된 자료의 3개월(12월-2월)치를 분석에 사용하였기 때문에 각 겨울마다 26개의 예보장이 존재한다(총 494개=26*19년). 예측성 진단을 위해 ERA-Interim과의 공간상관계수(Pattern Anomaly Correlation Coefficient)를 사용하였고, 이 계수가 0.6이 되는 날을 구하여 이를 P-day(predictable day)라고 정의하였다. 평균 P-day는 9.8일이었으나, P-day의 분포는 5일 이하부터 20일 이상까지 매우 다양하게 나타났다. 따라서 P-day가 8.5일 이하인 경우를 Low Skill(LS) 사례로 분류하였고(총 148개), P-day가 11일 이상인 경우를 High-Skill(HS) 사례(총 122개)로 분류하여 이들 간의 합성 평균된 초기장 차이를 살펴보았다. 두 사례 모두 다 성층권 아노말리의 공간구조가 Zonal Wave-1의 특성을 갖는 것으로 분석되었다. HS사례의 초기장은 LS사례에 비해 Wave-1의 상향 에너지 전파가 감소되는 연직 구조의 특성을 보였다. 따라서 본 발표에서는 기존 연구들이 제안한 동서방향 평균된 성층권의 구조적 특성(예: polar vortex의 강도) 뿐만 아니라, 성층권의 동서-비대칭(zonally-asymmetric) 구조 또한 wave의 에너지 전파나 반사(reflection) 과정을 통해 대류권 예측성에 영향을 미칠 수 있다는 내용을 다룰 예정이다.

Key words: S2S 예측, ECMWF 앙상블 예측 모델, 성층권 초기장

※ 이 연구는 한국연구재단 창의도전연구기반지원사업 (NRF-2019R1H1A1A01057039)의 지원으로 수행되었습니다.

Impact of tropical forcing on Arctic sea ice

Hyun-Ju Lee¹, Kyong-Hwan Seo^{1,2}

¹Research Center for Climate Sciences, Pusan National University, Pusan, Korea

²Department of Atmospheric Sciences, Division of Earth Environmental System,
Pusan National University, Pusan, Korea

Sea ice is an important part of the Earth system. The variability of sea ice influences the ocean, the atmosphere, and the marine ecosystem by modulating the ocean salinity, the heat flux exchange between the ocean and the atmosphere, the stratospheric polar vortex, the Earth surface albedo, and the polar environment. Many previous studies have found that the midlatitude weather and climate are affected by the sea ice variability through the planetary Rossby wave response which comes from the polar region. Hence, predicting and understanding the sea ice variability is essential.

It has been revealed that the high-latitude circulation anomaly is modulated by tropical forcings, such as the El Niño-Southern Oscillation (ENSO) and the Madden-Julian Oscillation (MJO), and the dynamical mechanisms have already been investigated. However, the impact of tropical forcing on Arctic sea ice and the related physical mechanism are not explicitly understood. In this study, we show that how tropical forcing affects Arctic sea ice using the Rossby wave theory.

Key words: Arctic sea ice, tropical forcing, tropical-extratropical teleconnection, Rossby wave theory

PDO와 IOBM의 non-stationary 상관관계 원인 분석

홍진실¹, 예상욱¹, 양영민²

¹한양대학교 해양융합과학과, ²International Pacific Research Center, Hawaii

많은 선행연구에서는 태평양과 인도양의 원격상관에 대해 밝혀왔다. 예를 들어 ENSO(El Niño-Southern Oscillation)나 IPO(inter-decadal Pacific oscillation)같은 태평양 SST 변동성이 대기의 원격상관을 통해 IOD(Indian Ocean Dipole)나 IOBM(Indian Ocean Basin Mode)같은 인도양 SST 변동성에 영향을 주는 것은 잘 알려져 있다(Alexander et al. 2002, Huang et al. 2019). 한편 PDO(Pacific Decadal Oscillation)와 IOBM은 일반적으로 양의 상관관계를 가지고 있는데, 시간에 따라 양의 상관관계가 약해지는 기간이 존재하는 것을 발견하였다. 그리고 이러한 상관관계의 약화에 따라 동아시아에 나타나는 대기 반응도 달라졌다. 따라서 두 변동성의 non-stationary 한 관계에 대해 이해하는 것이 동아시아 기후를 이해하는 데 도움을 줄 것이라 생각하였고, 본 연구에서는 PDO-IOBM 관계의 변화가 나타나는 원인을 찾고자 하였다. 분석을 위해서 HadISST(Hadley Centre Sea Ice and Sea Surface Temperature)와 NCEP-NCAR Reanalysis 1, 그리고 NOAA's Precipitation Reconstruction 자료를 사용하였다. 먼저 PDO와 IOBM의 상관관계가 높은 시기(P1)와 낮은 시기(P2)를 고른 뒤, 각 기간에서 PDO 위상에 따른 SST 합성 분석을 실시하였다. 그 결과 PDO 양의 위상일 때는 두 기간의 차이가 크지 않았으나, PDO 음의 위상일 때는 PDO 구조와 인도양 SST에서 눈에 띄는 차이가 있었다. 따라서 두 기간의 PDO 구조 차이로 인해 두 변동성의 관계가 달라졌다고 생각하고 모델 실험을 실시하였다. 모델은 NESM v3(The Nanjing University of Information Science and Technology Earth System Model version 3)를 사용하였고, 1900년부터 2014년까지 태평양의 관측(HadISST) 월별 자료를 처방한 Pacific pacemaker 실험을 실시하였다. 그 결과 관측과 동일한 PDO 구조에서 두 기간에 서로 다른 인도양 SST 반응이 나타났다. 즉 PDO 구조 변화에 따라서 인도양과의 관계가 달라졌음을 확인하였다. 한편 두 기간 PDO 음의 위상일 때, 열대 태평양 SST의 구조와 강도가 상당히 다르게 나타나 강수와 Walker circulation을 조사해보았다. 그 결과, 관측과 모델 결과 모두 두 기간 열대 태평양 convection center에 차이가 존재하였다. 따라서 PDO 구조에 따른 태평양 convection center의 변화가 Indo-Pacific teleconnection에 중요한 역할을 함을 파악하였다.

Key words: PDO, IOBM, Indo-Pacific teleconnection

Impact of autumn Arctic sea-ice on the interdecadal relationship between Arctic Oscillation, Siberian High, and East Asian winter monsoon

Jin-Ho Choi¹, Han-Kyoung Kim¹, Byung-Kwon Moon¹, Sang-Wook Yeh², Hye-Rim Kim²

¹Division of Science Education/Institute of Fusion Science, Chonbuk National University, Jeonju, Korea,

²Department of Marine Sciences and Convergence Technology, Hanyang University, Ansan, Korea

The Arctic has been undergoing an unprecedented global warming. In turn, the reduction of Arctic sea-ice cover has influenced the climate of Arctic and middle latitudes. In this study, we examine the interdecadal relationships among the winter Arctic oscillation (AO), Siberian High (SH), and East Asian winter monsoon (EAWM), and investigate how those relationship have been affected by the reduction in autumn Arctic sea-ice cover (ASIC). Through linear regression and correlation methods, before mid-1990s (1972-1993), the AO indirectly affects the EAWM through influencing the SH, maintaining statistically significant relationship among the AO, SH, and EAWM. A deepened Aleutian lows, enhanced East Asian trough, and East Asian jet stream are observed. However, after mid-1990s (1994-2015), the reduction of the ASIC in Kara-Laptev Seas has a robust positive feedback cycle with the winter SH and EAWM, which leads to expansion (toward northwest) of the SH and enhanced cooling effect in Eurasia and East Asia. Conversely, the AO caused by the reduction ASIC shows a significant pattern localized in the Greenland Sea and the Barents Sea. Due to the weakened variability of AO, it only contributes to temperature changes in Eurasia. Therefore, the relationship between the AO (SH) and EAWM has weakened (strengthened) due to the reduction of ASIC during 1994-2015.

Key words: Arctic Oscillation, Siberian High, East Asian winter monsoon, autumn Arctic sea-ice, SH expansion

※ This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (No. 2019R1A2C1008549).