기후 분과 / 기후 3-1

Pacific Decadal Oscillation이 동아시아 겨울 표면 온도에 미치는 역할 변화

이두영[1], 예상욱[1,2]

[1]한양대학교 해양·대기과학연구소
[2]한양대학교 해양융합공학과

Pacific Decadal Oscillation (PDO)과 동아시아 겨울 기온 사이의 복잡한 상호작용은 아직 명확하게 규명되지 않았습니다. 본 연구는 2000년대 초반 이후, 동아시아에서 음의 PDO 단계 동안 알류샨 저기압과 시베리아 고기압이 강화되면서 동아시아 겨울 몬순 (East Asian winter monsoon, EAWM)과 관련된 대기순환이 강화된 것을 밝혀냈습니다. 시베리아 고기압과 알류샨 저기압 사이의 기압 차이가 증가한 것은 음의 PDO 단계와 관련된 서태평양의 온난화에 의해 촉진되었으며, 이는 2000년대 초반 이후 동아시아에서의 기온 하락에 중요한 역할을 한다는 것을 확인했습니다. 2000년대 전환기에 음의 PDO 단계에서 알류산 저기압 강화의 근본적인 원인이 서태평양 열대 지역의 대류 활동이라는 것을 입증하기 위해, 열대 해수면 온도 (SST) 강제에만 초점을 맞춘 해양-대기 결합 모형의 모의실험이 사용되었습니다. 관측과 모형 실험은 음의 PDO 단계에서 서태평양의 열대 대류가 강화되고, EAWM과 관련된 대기 순환이 2000년대 초반 이후로 강해졌다는 증거를 제공합니다. 비록 시베리아 고기압의 모의에는 한계가 있었지만, 서태평양 열대지역의 따뜻한 SST로 유도된 대류 활동과 알류산 저기압 강화 사이의 연결성을 보여주는 증거가 제시되었습니다. 본 연구는 PDO 외에도 다양한 기후 현상 간의 상호작용 및 역학을 이해하는 것이 동아시아 겨울 기온 예측을 개선하는 데 중요하다는 점을 강조합니다.

Key words: Pacific Decadal Oscillation, 동아시아 겨울 표면 온도, 알류산 저기압

※ 본 연구는 2023년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구 사업입니다. (RS-2023-00242438)

기후 분과 / 기후 3-2

우리나라 여름철 폭염 발생과 관련된 대기 순환 변화 진단

오새윤, 예상욱

한양대학교 해양융합과학과

본 연구에서 우리나라 여름철 폭염과 관련된 대기 순환 패턴을 조사하고, 그 변화를 분석하였다. 1958년부터 2020년까지 여름철 동아시아 지역의 일별 500hPa 지위 고도장을 11개의 대기 순환 패턴으로 분류한 결과, 그중 5~6개의 순환이 우리나라 폭염과 밀접하게 관련되어 있으며, 공통적으로 우리나라에 고기압성 순환의 영향을 받는 것을 확인했다. 과거 30년(1961년~1990년)과 비교하여 최근 30년(1991년~2020년)에 각 대기 순환이 우리나라 폭염에 미치는 기여도를 분석한 결과, 두 기간에 걸쳐 꾸준히 높은 기여도를 보이는 두 개의 대기 순환 패턴과, 최근 30년 동안 기여도가 증가한 네 개의 대기 순환 패턴을 확인하였다. 두 기간 동안 우리나라 폭염에 영향을 미친 두 개의 주요 대기 순환 패턴은 시베리아 지역에 저기압성 순환이 위치하고, 남서쪽으로는 우리나라를 포함한 동아시아 지역에 고기압성 순환이 형성되는 것이 특징이다. 반면, 최근 들어 우리나라 폭염에 기여도가 급격히 증가한 대기 순환 패턴들은 각각 고유한 특징을 보였다. 특히, 시베리아 지역에 뚜렷한 고기압성 순환이 나타나는 패턴은 최근 63년간 발생빈도가 증가하며 우리나라 폭염 증가와도 상관관계를 보였다. 또한, 최근 폭염과의 상관성이 가장 높아진 패턴은 시베리아 지역에서 우리나라까지 고기압-저기압-고기압의 파동 패턴이 나타나며, 과거와 비교해 파동의 주기가 감소하는 경향을 보였다. 추가적으로, 우리나라 폭염과 관련된 대기 순환 패턴에 대한 해수면 온도 변화의 강제력을 조사하여 향후 폭염 발생에 영향을 미치는 요인들에 대해 분석하였다.

Key words: 우리나라 폭염, 대기 순환 패턴

※ 이 연구는 한국기상산업기술원 “기후 및 기후변화 감시·예측정보 응용 기술개발”의 연구개발을 통해 창출되었습니다.

기후 분과 / 기후 3-3

Extended Changma season due to typhoon influence

Hee-Ae Kim[1], Chang-Hoi Ho[1,2], Minhee Chang[3]

[1]School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University
[2]Department of Climate and Energy Systems Engineering, Ewha Womans University
[3]Environmental Planning Institute, Graduate School of Environmental Studies, Seoul National University

In Korea, the Changma rainy season is characterized by two distinct rainfall peaks. The second peak, which lasts for a month from mid-August to mid-September, is particularly important because it coincides with the intensive period of crop and fruit harvesting. Since 2000, an increase in rainfall during late September has been observed, extending the duration of the second rainy season. This study identifies the increased frequency of typhoons as the primary cause of this extension. A comparison of data from the recent period (2001-2020) and the earlier period (1954-2000) shows a significant increase in the number of typhoons affecting Korea after September 20. In the earlier period, the average was 0.5 typhoons per decade, while in the recent period it has increased to 3 per decade. The end of the typhoon season, defined as the day on which 95% of the typhoons affecting Korea have occurred, has also shifted. Before 2000, this day was September 20, while since 2001 it has been October 5, extending the typhoon season by 15 days. The main factor contributing to this extended typhoon season is the persistent summertime intensity of the western North Pacific subtropical high (WNPSH). This sustained intensity appears to influence the northward shift of the typical path of typhoons affecting Korea. As a result, although the total number of typhoons forming in the western North Pacific has decreased, the number of typhoons reaching Korea during late September and early October has increased. Climate models predict that as global warming continues, the influence of the WNPSH will become more prolonged, resulting in a delayed end to the typhoon season. The end of the second rainy season in Korea is also expected to be delayed.

Key words: Changma, typhoon, western North Pacific subtropical high

※ This work was funded by the Korea Meteorological Administration Research and Development Program under Grant RS-2023-00236880.

기후 분과 / 기후 3-4

2018년의 기록적 폭염에 대한 원인 분석: 대기 원격상관 패턴의 동시 효과

김혜린[1,2], 탁선래[1], 이명인[1,2]

[1]울산과학기술원 지구환경도시건설공학과
[2]울산과학기술원 탄소중립대학원

이 연구는 2018년 한국에서 역사상 가장 많은 폭염일수와 강도를 기록한 극심한 폭염의 원인을 분석했다. 2018년 폭염 기간 동안 대기의 원격상관 패턴이 관측되었으며, 이는 이전 연구에서 밝혀진 태평양-일본 패턴(Pacific-Japan, PJ), 환지구 원격상관 패턴(Circum-global Teleconnection, CGT), 북극 진동 패턴(Arctic Oscillation, AO)과 유사함을 확인했다. 2018년에는 이 세 가지 패턴 모두 강한 양의 위상을 나타냈고, 특히 PJ와 AO 지수는 분석 기간 중 가장 높은 값을 기록하여 폭염의 발생에 큰 영향을 미친 것으로 보인다. 다중 회귀 분석(Multi-linear Regression, MLR)을 통해 이 세 가지 패턴이 폭염에 미치는 영향을 정량적으로 분석한 결과, PJ, CGT, AO 패턴 모두 한국 폭염에 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났으며, MLR로 재구성된 폭염일수(HWD) 시계열은 연간 변동성의 51%를 설명했다. 특히 2018년 발생한 대부분의 폭염일수는 이 세 가지 지수를 통해 복원할 수 있었다. 또한 두 번째로 강력한 폭염이 발생했던 1994년에도 세 지수가 높은 값을 기록했으며, 반대로 낮은 폭염 일수(0.1일)이 발생했던 1993년에는 세 지수가 낮은 값을 기록했다. 이 연구는 2018년의 대규모 폭염이 PJ, CGT, AO라는 대규모 대기 패턴의 영향으로 크게 증가했음을 정량적으로 검토하였으며, 앞으로도 이 세 가지 독립적인 대기 패턴이 동시에 나타나면 극심한 폭염이 다시 발생할 수 있음을 시사한다.

Key words: Heatwave, Pacific-Japan (PJ), Circum-global teleconnection (CGT), Arctic oscillation (AO) pattern, Atmospheric pattern

기후 분과 / 기후 3-5

태평양도서국 기후예측서비스: Achievements and Lessons learned over the last 10 years

유진호[1], 정다은[1], 한정민[1], 이현주[1], 이윤영[1], 손수진[1], 김원무[2], 국종성[3], 이종화[3], 오상명[4]

[1]APEC 기후센터 기후사업본부
[2]국가녹색기술연구소 정책연구본부
[3]서울대학교 지구환경과학부
[4]기상청 수치모델링센터

태평양 도서국은 기후변화 및 기후변동의 위험에 가장 크게 노출된 국가이다. 태평양 도서국가들의 사회경제적 활동은 주변 자연환경과 밀접하게 관련되어 있어 극한 기후조건이 발생하는 경우 매우 큰 피해와 회복력의 상실을 경험하게 된다. 적은 인구가 멀리 떨어져 생활하는 사회가 많은 지역적 특성, 부족한 사회적 인프라와 재정여건으로 인해 기후변화 대응에 국제사회의 기여와 협력은 필수적이다.

열대태평양 지역은 ENSO의 영향이 뚜렷하게 나타나는 지역으로 ENSO phase에 따라 가뭄과 홍수가 주기적으로 발생하며 피해를 입히고 있다. 한편 기후예측모델의 계절예측성능이 가장 우수한 지역이기도 해서 적절한 기후예측정보의 전달만으로도 이상기후의 피해에 대해 효과적으로 대응할 가능성이 높다.

APEC기후센터는 2014년부터 포항공과대학교(POSTECH) 및 남태평양환경계획(SPREP) 등과 함께 태평양 14개 도서국을 대상으로 기후예측서비스 사업을 수행해 왔으며, 태평양 도서국 맞춤형 계절예측도구인 PICASO (Pacific Island Countries Advanced Seasonal Outlook)를 개발, 제공하였고 현재까지 현지에서 운영하고 있다. PICASO는 전지구 기후예측정보를 재해석하여 Bayesian Regression을 통해 지점별 예측으로 전환하며, 타 기후예측과의 객관적 병합을 위한 CoCO(Consensus Climate Outlook) 기능을 추가탑재하여 활용성을 향상시켜 왔다. 또한 기후예측 정보가 사회적 의사결정에 활용되기 위한 분야별 응용정보로의 확장을 시도하고 있다.

본 발표에서는 기후예측서비스 수행 성과를 소개하고 그 과정에서 얻어진 과학적 및 실무적 교훈을 공유하여 사회적 효용성이 높은 기후과학 정보의 생산과 유통에 관해 논의하고자 한다.

Key words: 태평양 도서국, 기후예측, 엘니뇨, 기후서비스

기후 분과 / 기후 3-6

1979년~2020년 동안 동아시아 3월 일일 기온 변동

김소희[1], 안중배[2]

[1]포항공과대학교 환경공학부
[2]부산대학교 대기환경과학과

극한 기온 현상은 통계적으로 평균 기온보다 기온변동의 변화에 더 민감하게 반응할 수 있으므로 기후변화를 이해함에 있어 기온변동도 함께 고려하는 것이 중요하다. 따라서 동아시아의 봄철 일일 기온 변동(daily temperature variation, DTV)의 최근 변화를 조사하고자 하였다. 본 연구에서는 JRA-55 재분석 자료를 사용하여 대기 순환 및 지구 온난화가 동아시아의 DTV에 미치는 영향을 분석하였다. 1979년부터 2020년까지 40년간의 봄철 기온 자료를 분석한 결과, 다른 월과 달리 3월의 DTV가 통계적으로 유의미한 증가 추세를 보였다. 3월 DTV의 증가에 대한 대기 순환의 영향을 살펴보고자 선형추세를 제거한 뒤 합성분석을 수행하였다. 그 결과, 평년 이상의 3월 DTV가 러시아의 저기압성 순환 아노말리 및 북태평양의 고기압성 순환 아노말리와 관련있음을 확인하였다. 각 순환 아노말리는 대류권 하층에서 북극의 찬 공기와 아열대의 따뜻한 공기를 동아시아 내륙으로 유입시켜, 지역적으로 지상 기온의 남북 경도(meridional gradient)를 강화시킴으로써 해당 지역의 3월 DTV를 증가시키는 것으로 나타났다. 또한 다양한 동아시아 겨울 몬순(East Asian winter monsoon, EAWM) 및 기후 지수와의 동시 상관 분석은 전반적으로 EAWM 시스템이 약할수록 3월 DTV가 증가하는 경향이 있음을 보여주었다. 특히 동아시아 제트기류(East Asia Jet Stream, EAJS) 지수는 동아시아 3월 DTV와 높은 음의 상관 관계를 가지므로, 연구 기간 동안 나타난 EAJS의 약화 추세는 3월 DTV의 증가에 상당한 영향을 미친 것으로 보인다. 더불어 연구 기간 동안 동아시아 지역에서 나타난 비균질적인 온난화 속도와 국지적인 토양 건조도 3월 DTV 증가에 일부 기여했을 가능성이 있다.

Key words: 일 기온, 기온변동, 동아시아 겨울 몬순, 지구 온난화