

서남극 연안 기상 변동 특징

최태진, 김성중
극지연구소

1. 서론

선행연구들(예, Bromwich 등, 2013)에 의하면 서남극 지역의 변화가 대기, 해양, 해빙, 빙상 등 다방면에서 일어나고 있다. 서남극 빙상이 모두 녹으면 전지구 해수면이 약 6 m 상승할 것으로 예상되기 때문에 이 지역에서의 변화 속도와 크기, 원인, 방향 등에 대한 연구는 매우 중요하다. 하지만, 선행연구결과들은 서로 다른 결과를 낳기도 하는데 이는 남극에서의 지상 관측 자료 특히, 서남극 지역 관측 자료가 시간적으로 짧고, 공간적으로 큰 공백이 있기 때문이다.

서남극 지역 기후 변동에 중요한 역할을 하는 큰 규모의 대기 변동은 SAO (Semi Annual Oscillation), 남극진동(Southern Annular Mode), ENSO, 아문젠해 저기압(이하, ASL)이다. 특히, ASL은 남북방향 바람 조정을 통해, 기온, 강수, 해빙 등 서남극 기후에 상당한 영향을 미친다. Hosking et al.(2013)은 ASL 중심의 강도가 아닌 경도가 서남극 기후 변동에 중요한 역할을 함을 보였다. 지난 몇 십 년 동안 ASL 중심의 강도는 강해져왔으며, 이 추세는 서남극 빙상의 유실과 잘 일치한다. 즉, 저기압 강화로 강해진 바람은 해양 순환에 영향을 미치고(Thoma 등, 2008) 그로인해 따뜻한 심층수가 서남극으로 유입되어 빙방의 바닥부터 녹이기 때문이다 (예, Pritchard 등, 2009).

이 연구에서는 2008년부터 2014년까지 서남극 연안에서 운영된 극지연구소 무인자동기상 관측시스템(AWS), 연안과 내륙에서 운영된 미국 AWS, ERA-Interim과 MERRA2 재분석 자료 그리고 ASL 지수를 이용하여 지난 1980년부터 2014년까지 서남극 연안 기상 변동 특징과 추세 그리고 그에 대한 ASL 역할을 분석하였다.

2. 자료 및 분석

서남극 아문젠 해 연안의 린지섬(73.601S, 103.021W, 해발고도 약 37 m)에 무인자동기상 관측시스템이 2008년 2월에 설치되었다. 두 높이에서의 기온/상대습도, 풍향/풍속 그리고 한 높이에서의 상향 및 하향단파복사, 기압 측정 센서가 설치되었다. 1분마다 측정된 값들은 한 시간(2012년 2월부터는 30분) 그리고 두 시간 평균 자료들이 자료 집록기에 집록되는 한편, 두 시간 평균 자료는 아고스 위성을 통해 극지연구소로 보내졌다. 2012년 2월에 일부 관측장비 교체가 있었고, 관측시스템의 파손에 의해 2015년 초반부터 자료 수집이 중단되었다.

비교를 위해 2011년부터 서남극 연안에 다수의 AWS가 설치되었다. 이 자료들과 함께 내륙의 AWS 자료를 사용하여 린지 섬 자료와 비교하였다. 한편, 7년의 기상 자료의 특징이 보다 긴 시간 규모에서 어떠한 의미를 갖는가를 살펴보기 위해 1980년부터 2014년까지의 ERA-Interim 및 MERRA2의 월평균 재분석 자료가 이용되었다. 큰 규모의 대기 변동이 지상 기상에 미치는 영향을 이해하기 위해 1980년부터 2014년까지 ASL 지수가 분석에 사용되었다.

3. 결과

3.1. 7년의 기상 변동 특성

분석기간 7년에 대한 월평균 기압, 기온, 풍속 그리고 기압 변동을 살펴보았다. 월평균 기압의 크기는 960.7 hPa에서 993.9 hPa에서 변하였으며, 7년 평균된 기압은 반년 주기의 특성을 보였다. 이웃한 월평균 기압의 변동은 15 hPa까지 컸으며, 이 큰 변동은 계절에 무관하였다. 2008년부터 2011년까지 연평균 기압은 그 이후 기간에 비해 큰 경년변동을 보였다.

월평균 기온은 지표면에서 1.5 m 높이에서 측정된 값을 이용하였다. 그 크기는 -24.8°C에서 -0.3°C의 범위에서 변하였다. 두 시간 평균된 자료의 최저 기온은 -38.6°C, 최고 기온 4.6°C이었다. 기온의 변동은 여름에서 겨

올로 갈수록 커졌다. 평균적으로 7월이 가장 추웠지만, 7년 동안 월평균 최저 기온은 6월에서 9월 사이에 나타나는 큰 변동을 보였다. 겨울철 최저 기온의 변동은 풍향 변동과 관계가 있었다. 이 지역에서의 주풍향은 북동풍으로 이는 내륙으로부터 불어 나오는 활강풍의 영향 때문이다. 하지만 다른 해 보다 훨씬 낮은 기온은 그 달의 남풍의 빈도가 높아졌기 때문이다.

풍속의 경우, 이 지역의 강한 바람으로 인해 자료가 연속적이지 못하다. 월평균 풍속은 5 ms⁻¹ 이상이었으며, 최고 16 ms⁻¹이었다. 2008년부터 2010년까지 3월부터 다음 해 2월까지의 연평균 풍속은 8.6 ms⁻¹이상으로 매우 강하였다. 전반적으로 겨울 풍속이 가장 강하였다.

3.2. 타지역 AWS 자료와 비교

다섯 지역의 AWS 자료가 사용되었다. 내륙에 위치한 AWS는 2008년부터, 연안에 위치한 AWS는 2011년부터 자료를 이용하여 기온, 기압 및 풍속에 대한 계절별 상관계수를 계산하였다. 린지섬으로부터 300 km 이내의 상대적으로 가까운 연안지역 세 곳의 기온은 상관계수가 계절에 무관하게 0.8보다 컸으며, 상대적으로 봄철 상관계수의 값이 컸다. 기압의 경우 0.92 이상으로 계절에 상관없이 모두 컸다. 반면에 풍속의 경우 세 지역에서 가장 먼 Bear Peninsula의 풍속과 가장 좋은 관계를 보였다.

한편, 먼 내륙에 위치한 두 지역(820 ~ 1,620 km)의 경우, 상관계수가 상대적으로 낮았으나 봄철 기온의 경우 약 0.7 전후로 높았다. 이는 서남극 지역에서는 1950년대 말부터 봄철 온난화가 가장 뚜렷한데 봄철 온난화가 예상보다 넓은 지역에서 발생할 수도 있을 수 있음을 보여준다. 하지만 이에 대해서는 추가적인 연구가 필요하다.

4. 재분석 자료와의 비교 및 추세 분석

ERA-Interm과 MERRA2 재분석 자료를 이용하여 2008년부터 2014년의 월평균 기온, 기압 그리고 풍속(ERA-Interm만 해당)에 대한 선형회귀분석을 수행하였다. 린지섬에서 측정된 자료는 재분석 자료에 활용되지 않았지만 ERA-Interm (MERRA2) 재분석 자료와의 기온, 기압 및 풍속은 서로 잘 일치하여 r^2 는 각각 0.98(0.90), 0.96(0.90) 그리고 0.78의 매

우 좋은 상관성을 보여주었다.

린지섬에서 측정된 자료를 이용하여 2008년부터 2014년까지 계절별 추세를 살펴보았다. 기온의 경우 큰 경년 변동으로 인해 추세는 통계적으로 유의하지 않았으며, 기압의 경우 가을에만 감소하는 경향을 보였다 ($p < 0.05$). 풍속의 경우 유의한 추세를 찾아볼 수 없었다. 한편, ERA-Interm 재분석 자료를 이용하여 1980년부터 2014년까지 계절별 추세를 살펴보았다. 기온의 경우 뚜렷한 추세를 찾아볼 수 없었다. 기압의 경우 앞의 관측 자료와 마찬가지로 가을에 감소 경향이 통계적으로 유의하였다 ($p < 0.05$). 한편 풍속의 경우 역시 가을에 증가 추세를 보였다 ($p < 0.05$). 이는 가을에 이 지역의 기압이 낮아짐에 따라 풍속이 강해진 것과 일치한다. 2008년부터 2014년까지의 가을철 기압의 감소는 보다 큰 시간 규모에서의 감소 추세의 한 부분이었던 반면에 풍속의 경우 큰 경년 변동에 의해 단기간의 추세는 유의하지 않았다. 한편, 겨울철 큰 기온과 풍향의 변동은 이 계절 ASL 중심 기압의 위치 변동에 의한 것으로 나타났다.

5. 참고 문헌

- Bromwich, D. H., Y. Du, and T. R. Parish, 1994: Numerical simulation of winter katabatic winds from West Antarctica crossing Siple Coast and the Ross Ice Shelf, *Mon. Wea. Rev.*, **122**, 1417-1435.
- Hosking, J. S., A. Orr, G. J. Marshall, J. Turner, and T. Phillips, 2013: The Influence of the Amundsen - Bellingshausen seas low on the climate of West Antarctica and its representation in coupled climate model simulations, *J. Clim.*, **26**, 6633 - 6648.
- Pritchard, H. D., R. J. Arthern, D. G. Vaughan, and L. A. Edwards, 2009: Extensive dynamic thinning on the margins of the Greenland and Antarctic ice sheets. *Nature*, **461**, 971 - 975, doi:10.1038/nature08471.
- Thoma, M., A. Jenkins, D. Holland, and S. Jacobs, 2008: Modelling Circumpolar Deep Water intrusions on the Amundsen Sea continental shelf, Antarctica, *Geophys. Res. Lett.*, **35**, L18602, doi:10.1029/2008GL034939.

사사

이 연구는 극지연구소 주요사업(PE16010)의 지원으로 수행되었습니다.