

우리나라의 겨울철 기온 변화 및 한파 발생빈도 분석

전미정* · 조용성**†

*고려대학교 기후환경학과, **고려대학교 식품자원경제학과

An Analysis of a Winter-time Temperature Change and an Extreme Cold Waves Frequency in Korea

Jeon, Mi Jeong* and Cho, Yongsung**†

*Dept. of Climate Environment, Korea University, Seoul, Korea

**Dept. of Food and Resource Economics, Korea University, Seoul, Korea

ABSTRACT

To compare changes in winter temperature over South Korea, 30-year average climate data and climate data of recent 10 years (2004~2014) such as mean temperature, daily maximum temperature and daily minimum temperature were analyzed. Also, we set analysis extreme cold waves frequency related to winter such as freezing days, snow days, days with temperature of below -5 , and days with temperature of below -10 . This process enabled the comparative analysis of winter temperature changes and extreme cold waves frequency related to winter. This study estimated that winter temperature has gradually increased throughout the last five decades, however, the frequency of extreme weather, such as cold waves has also increased.

Key words : Cold Waves, Mean Temperature, Daily Minimum Temperature, Daily Maximum Temperature

1. 서 론

이상기후 현상으로 인한 피해가 세계 곳곳에서 속출하고 있어 전 지구적인 문제로 부각되고 있다. 2014년 1월 미국 중서부와 동부지역에 극심한 한파가 발생하여 16명이 사망하고, 5천여 편의 항공기가 지연되거나 결항되었다. 같은 해 베트남에서는 대설 및 한파로 인하여 가축이 폐사하는 피해가 발생하였다(재해연보, 2014). 우리나라의 경우, 최근 10년간 유례없는 이상기후 발생으로 2013년 1월과 2월에 기온이 큰 폭으로 떨어졌으며, 전국에 한파가 발생하였다(재해연보, 2013). 이러한 이상기후의 발생은 재산손실이나 인명피해 등과 같은 직접적인 피해와 간접적인 비용 발생의 원인이 된다. 우리나라의 경우, 2012년도 자연재해로 인하여 16명의 인명 피해와 약 13조원의 재산 피해를 입었으며(재해연보, 2013), 2013년에도 4명의 인명 피해와 1,721억 원의 재산 피해를 입었다(재해연보, 2014).

다양한 기후변화 현상 중 하나인 한파(cold waves)는 겨울철 나타날 수 있는 이상기후 현상으로, 기상청에 따르면 “뚜렷한 저온의 한랭기단이 위도가 낮은 지방으로 몰아닥쳐 급격한 기온의 하강을 일으키는 현상”으로 정의한다(소방방재청, 2009). 지구온난화로 인하여 전 세계 연평균 기온이 상승하는 경향성을 보이고는 있지만(IPCC, 2007), 향후 대규모 한파가 우리나라뿐만 아니라, 세계 곳곳에서 발생할 가능성이 있기 때문에, 한파의 분포 및 변화 경향에 대한 정확한 분석이 필요하다. 특히, 한파를 비롯하여 극한기후현상은 한번 발생하게 되면 그 피해의 정도가 크고, 단기간에 출현하여 직접적인 영향을 미치기 때문에 해외에서는 이상기온을 포함한 극한 기온에 관한 연구가 활발하게 이루어지고 있다(Eastering *et al.*, 2000). 한파에 대한 국내 연구로는 허인혜와 권원태(2007), 최영은과 박창용(2010), 이승호와 허인혜(2011), 문자연 외(2014) 등이 대표적이다. 허인혜와 권원태(2007)는 한파를 일최저기온이 0°C 이하이며, 전날 일최저기온보다 10°C 이상 하강하였을 때로 정

† Corresponding author : E-mail: yscho@korea.ac.kr

Received April 20, 2015 / Revised May 20, 2015 / Accepted June 8, 2015

의한 후, 1961~2005년 기간 동안 15개 관측지점의 한파출현 빈도를 분석하였다. 아울러 일최저기온이 -10°C 이하인 날을 극한 저온으로 분류하여 동 기간동안의 변화 경향을 분석하였다. 최영은과 박창용(2010)은 1971~2000년 동안 우리나라 중부지방의 한파 분포와 변화의 특성을 분석하기 위하여 한파와 관련된 다양한 극한기후지수(서리일수, 결빙일수, 최대 한파지속기간, 혹한일수, 한파발생일수)를 설정하여 분석을 하였다. 한편, 이승호와 허인혜(2011)는 도시화와 극한기온의 관계를 규명하기 위하여 기상청에서 관측한 총 60개 관측지점의 일별기온을 이용하여 극한기온지수(일 최고기온의 월 최저값, 일 최저기온의 월 최저값, 참겨울 일수, 서리 일수, 한랭기 지속일, 한랭일 비율, 한랭야 비율, 한파 지속일)의 변화 경향을 분석하였다. 문자연 외(2014)는 우리나라 전체 지역에 대한 겨울철 기온의 계절 내 변동 특성 및 변화에 대해 알아보기 위하여 1973~2012년 기간 동안의 겨울철 변화경향과 최근 10년 기간 동안(2003~2012년)의 겨울철 변화경향을 비교·분석하였다. 이와 같이 우리나라 겨울철 기온에 관한 기존의 연구들은 대부분 전국에 걸쳐 분석이 이루어지고 있으며, 장기변동에 집중하고 있다.

기존의 연구들과 달리, 본 논문에서는 우리나라 25개 관측소를 대상으로 겨울철 기온의 변화 경향성을 살펴보기 위하여 과거 평년값(1981~2010년) 대비 현재(2004~2014년) 겨울철 기온의 변화를 평균기온, 최저 및 최고 기온의 변화를 통해 변화량을 살펴보았으며, 이 중 기온의 변화가 가장 심하다고 판단되는 두 지역(춘천, 대관령)을 설정하여 최근 43년(1971~2014년)간의 겨울철과 관련된 다양한 극한기온지수(-5°C 이하 일수 및 -10°C 이하 일수)와 아침최저기온을 기준으로 하는 한파발생빈도 일수를 분석하였다. 이를 통해 겨울철 기온의 변화를 살펴보고, 한파 발생빈도를 분석하여 우리나라 겨울철의 기온 경향을 분석하고자 하였다.

2. 분석방법

본 연구에서는 기상청에서 제공하는 기상자료를 이용하여 최근 10년(2004~2014년)동안의 겨울철의 기온지수, 즉 일평균기온, 일평균최고기온, 일평균최저기온, 결빙일수, 적설일수 등을 분석하였다. 이와 관련하여 연구 대상지를 25개 관측지점으로 설정하여 기상데이터를 수집하였다(Fig. 1). 이외에 과거 대비 최근 10년 동안의 겨울철 기온의 변화 경향을 분석하

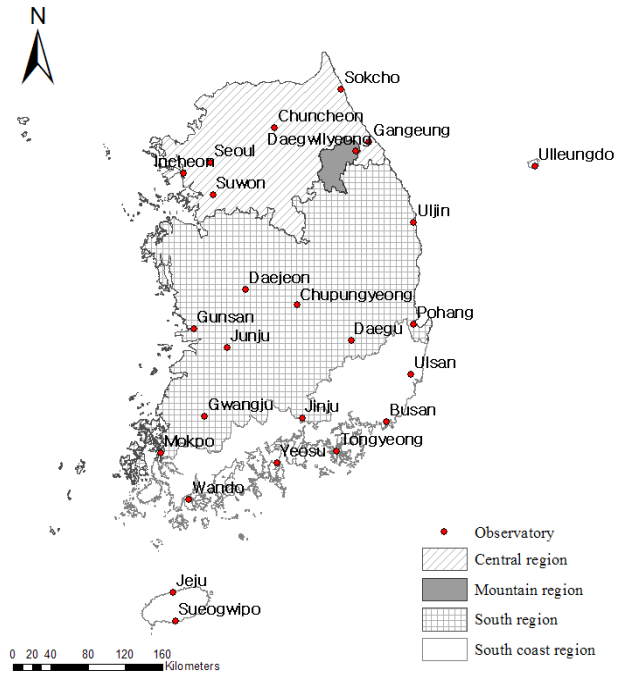


Fig. 1. Location of observation.

기 위하여 1981~2010년 기간 동안의 주요 기온지수 자료를 수집·분석하였다. 겨울철 기온 관련 현상일수는 결빙일수, 적설일수, 한파일수, 영하 5°C 이하인 날, 영하 10°C 이하인 날 등으로 구분하여 분석하였다.¹⁾ 이전 연구들에서는 영하 10°C 이하 일수를 극한기온지수의 한 기준으로 설정하여 분석을 실시해왔다. 그러나 전 세계적으로 전반적인 기온의 상승과 더불어 겨울철 기온도 함께 상승하면서 영하 10°C 이하 일수가 현저히 줄어들고 있음을 확인하였다. 따라서 본 연구에서는 영하 5°C 이하 일수를 겨울철 기온지수로 설정하여 그에 따른 분석을 실시하였다. 겨울철은 12월과 다음 년도 1월과 2월로 구분하였다. 한편, 2004년부터 2014년까지의 시간에 따른 지역별 겨울철 기온 변화를 파악하기 위하여 기상연구소(2001)의 기후지역 구분에 따라 25개 관측지점을 4개의 지역 즉, 중부 지역(6개 관측소; 속초, 춘천, 강릉, 서울, 인천, 수원), 남부 지역(10개 관측소; 울진, 대전, 추풍령, 포항, 군산, 대구, 전주, 광주, 목포, 진주), 남해안 지역(8개 관측소; 울산, 부산, 통영, 여수, 완도, 제주, 서귀포, 울릉도), 산지 지역(대관령)으로 구분하였다.

지역별 과거 30년 동안의 평년값 대비 최근 10년 동안의

1) 결빙이란 옥외에 있는 물이 동결하는 현상을 의미하며, 이는 편의상 노장 내에 설치한 소형증발계 물을 기준으로 결빙일수를 확인한다. 적설은 고체상의 강수(눈, 싸락눈 등)가 지면에 내려 쌓여 있는 수직 깊이를 의미하며, 눈이 노장 또는 노장 주위의 지면에 반 이상을 덮었을 때를 적설일수로 기록한다(국가기후데이터센터, 2015).

기온변화를 파악한 뒤 내륙지역과 산간지역은 다른 지역에 비해 낮은 기온 값을 갖기 때문에(고정용 외, 2006), 한파의 영향력이 상대적으로 클 것으로 예상하였으며, 그 중에서도 수집한 기상데이터를 통해 춘천과 대관령은 가장 낮은 최고기온 및 최저기온을 나타내고 있어, 다음의 두 지역을 대상으로 삼았다. 춘천과 대관령 지역을 대상으로 1971년부터 2014년까지 최근 43년간의 겨울철(12월/1월/2월)의 아침 최저기온(기준시각은 03:01~09:00) 자료를 수집하였다.

기상청은 한파관련 기상특보 발표기준을 Table 1과 같이 정해두고 있다. 본 연구에서는 이를 반영하여 한파의 기준을 “아침 최저기온이 -12°C 이하가 2일 이상 지속되는 경우”로 정의하였고, 이를 토대로 관련 자료를 수집하였다. 한파주의보 발표일수는 과거 50년간(1965~2014년) 편차는 존재하나, 점차 증가하는 추세를 보이고 있다. 2001년부터 2009년까지 9년 동안 총 50회의 한파주의보가 발표되었다. 경기도와 강원도는 과거 9년 동안 각각 37회와 38회가, 충청도와 경상도에서는 각각 22회가, 그리고 서울지역에서는 20회의 한파주의보가 발표되었다(소방방재청, 2009). 반면, 한파경보(영하 15°C 이하가 2일 이상 지속되는 경우) 발령일 수는 한파주의보에 비해 현저히 적게 나타났다.

3. 결과 및 고찰

3.1 기온변화 경향분석 결과

3.1.1 최근 10년 동안의 연평균기온과 평년값 비교

2004년부터 2014년까지 최근 10년간의 겨울철 평균기온(mean temperature)과 1981년부터 2010년까지의 겨울철 평년값(climatological standard normal)의 변화를 지역별로 살펴본 결과가 Fig. 2에 나타나 있다. 연평균기온과 평년값은 거의 비슷한 추세를 보이고 있다. 과거 30년과 비교했을 때 거의 차

이가 없음을 확인할 수 있다. 서울, 인천, 춘천, 수원, 대관령, 추풍령은 겨울철 평균기온과 평년값이 모두 -0°C 이하를 보이고 있으며, 이들 지역을 제외한 나머지 지역은 겨울철 평균기온과 평년값이 모두 영상의 값을 나타내고 있다. 특히 대관령은 겨울철 평균기온과 평년값이 각각 -5.55°C 와 -5.87°C 로 가장 낮은 기온을 나타내는 반면, 서귀포는 겨울철 평균기온과 평년값이 영상 8.29°C 와 영상 7.97°C 로 가장 높은 기온 분포를 보이고 있음을 알 수 있다.

25개 관측 지점을 중부(central region), 남부(south region), 남해안(south coast), 산간지역(mountainous region)으로 분류하여 10년간(2004~2014년) 겨울철 평균기온과 과거 30년간(1981~2010년)의 평년값을 분석한 결과가 Table 2에 나타나 있다. 남부지역의 경우, 과거 30년 동안의 겨울철 평년값과 최근 10년 겨울철 평균기온의 변화가 없음을 알 수 있다. 중부 지역은 평년값 -0.19°C 와 비교하여 최근 10년간 평균기온이 -0.12°C 로 0.07°C 증가하는 추세를 보였다. 남해안과 산지의 경우, 역시 지난 30년 간의 겨울철 평균기온과 비교하여 최근 10년 동안 겨울철 기온이 0.02°C 와 0.31°C 증가하는 추세를 나타냈다. 이는 과거 30년의 평균기온 대비 최근 10년간 평균기온이 점차 증가하고 있음을 시사한다.

3.1.2 최근 10년 평균최고기온과 평년값 비교

25개 관측 지점별 2004년부터 2014년까지 최근 10년간 겨울철 평균최고기온(maximum temperature)과 1981년부터 2010년까지 겨울철 30년간 평년값을 비교한 결과가 Fig. 3에 나타나 있다. 평균최고기온이 영하인 대관령의 경우를 제외하고, 모든 지역이 영상의 기온을 기록하고 있으며, 최근 10년간 기온과 평년값은 거의 비슷한 경향을 보이고 있다. 서울, 인천, 춘천, 수원 등의 중부지역은 통영, 부산, 제주, 서귀포 등의 남해안 지역에 비해 상대적으로 낮은 평균최고기온을 나타내고

Table 1. Weather special report standard of cold surges

Cold waves watch	Cold waves warning
October to April, If one of the following, ① Morning minimum temperature is under 3°C , 10°C lower than 1 day before and It low 3°C than climatological standard normal ② Lowest morning when the temperature is below -12°C expected to last for more than 2 days ③ When the expected significant damage to sudden cold symptoms	October to April, If one of the following, ① Morning minimum temperature is under 3°C , 15°C lower than 1 day before It low 3°C than climatological standard normal ② Lowest morning when the temperature is below -15°C expected to last for more than 2 days ③ When the expected significant damage over a wide area to sudden cold symptoms

Source: Korea Meteorological Administration (2015)

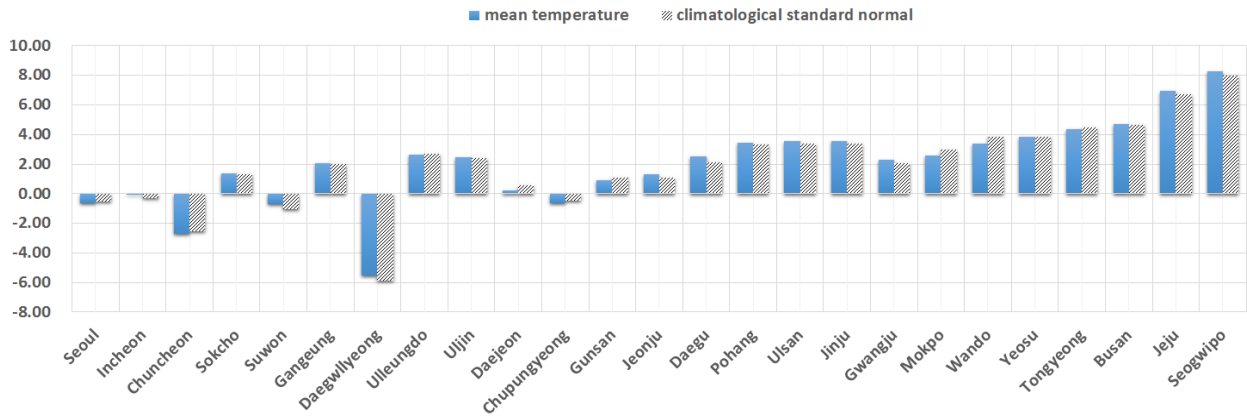


Fig. 2. Comparison between mean temperature and climatological standard normal (unit:℃).

Table 2. Temperature changes by regions

	Central region	South region	South coast region	Mountainous region
Mean temperature	-0.12℃	1.86℃	4.72℃	-5.55℃
Climatological standard normal	-0.19℃	1.86℃	4.70℃	-5.87℃
Temperature change	0.07℃(▲)	0.00℃(-)	0.02℃(▲)	0.31℃(▲)

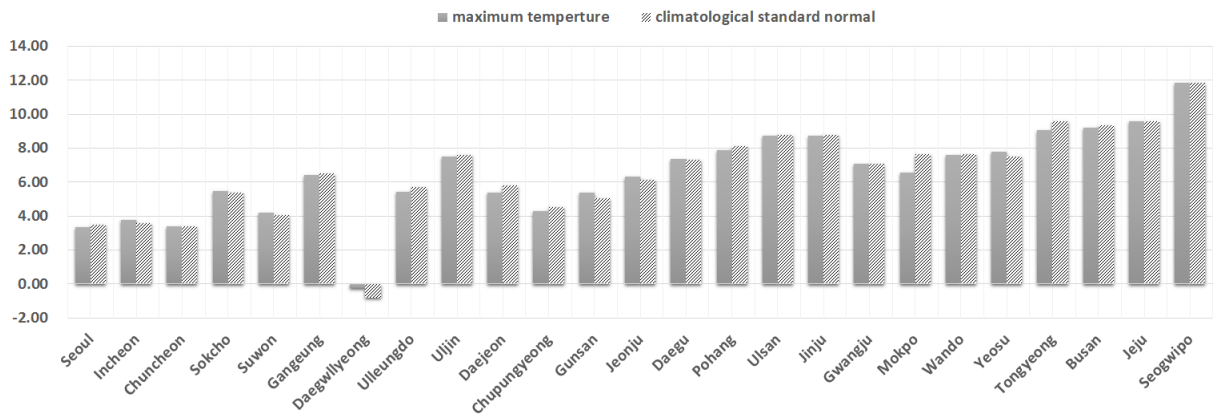


Fig. 3. Comparison between maximum temperature and climatological standard normal (unit:℃).

있다. 산간지역으로 분류되는 대관령은 영하의 평균 최고 기온을 나타낸다.

Table 3에 나타나 있듯이, 25개 관측 지점을 중부, 남부, 남해안, 산간지역으로 분류하여 10년간(2004~2014년) 겨울철 평균 최고기온과 과거 30년간(1981~2010년)의 평년값의 변화를 분석한 결과, 중부지역과 산간지역은 평년값 대비 최근 10년 평균최고기온이 각각 0.02℃와 0.53℃ 상승한 것으로 나타났다. 상대적으로 산간지역이 중부지역에 비해 기온이 다소 상승하였음을 확인할 수 있었다. 반면, 남부지역과 남해안

지역은 평년값 대비 각각 -0.15℃와 -0.09℃씩 기온의 감소를 보이고 있는 것으로 나타났다. 중부지역과 산간지역은 최근 상승하고 있으며, 남부지역은 감소하는 경향을 보이고 있으나, 그 기온의 변화가 극히 적음을 확인하였다.

3.1.3 최근 10년 평균최저기온과 평년값 비교

Fig. 4에 나타나 있듯이, 25개 관측 지점별 2004년부터 2014년까지 최근 10년간 겨울철 평균 최저기온(minimum temperature)과 1981년부터 2010년까지의 30년간 평년값의 변화를

Table 3. Maximum temperature changes by regions

	Central region	South region	South coast region	Mountainous region
Maximum temperature	4.43℃	6.65℃	8.67℃	-0.27℃
Climatological standard normal	4.41℃	6.80℃	8.76℃	-0.80℃
Temperature change	0.02℃(▲)	-0.15℃(▼)	-0.09℃(▼)	0.53℃(▲)

확인하였다. 울릉도, 완도, 여수, 통영, 부산, 제주, 서귀포의 경우, 10년간 평균최저온도와 평년값이 모두 영하의 기온을 나타내고 있으며, 산간지역인 대관령의 경우, 최근 10년의 평균최저기온이 -11.8℃, 과거 평년값이 -10.73℃를 기록하여 겨울철 극한기온의 영향을 많이 받을 것으로 예측된다. 주로 남해안으로 분류되는 지역은 평균 최저기온과 평년값이 영상의 기온을 보이고 있으며, 해양과 접해 있는 지형적 특성으로 인하여 겨울철에도 영상의 기온을 유지하는 것(Ko et al., 2006)을 확인할 수 있다.

25개 관측 지점을 중부, 남부, 남해안, 산간지역으로 분류하여 최근 10년간 겨울철 평균최저기온과 과거 30년간의 평년값의 변화를 확인한 결과, 평년값 대비 최근 10년간의 평균최저기온을 살펴보면 산간지역을 제외한 중부지역과 남부지역, 남해안지역은 평균최저기온이 각각 0.07℃, 0.04℃, 0.05℃

씩 상승하였음을 확인할 수 있다(Table 4). 산간지역의 경우, 최근 10년간 평균최저기온이 다소 감소하였음을 확인하였으며, 이는 산간지역은 타 지역에 비해 극한저온의 영향이 큰 지역으로 나타났다.

3.2 겨울철 한파발생빈도 분석 결과

3.2.1 영하 5℃ 이하 일수 및 영하 10℃ 이하 일수 비교 분석 결과

대관령(Daegwallyeong)과 춘천(Chuncheon)의 최근 43년(1971~2014년)간의 -5℃ 이하 일수 및 -10℃ 이하 일수 변화를 분석하였다. Fig. 5를 살펴보면 대관령과 춘천 두 지역 모두 영하 10도 이하인 일수가 영하 5도 이하인 일수에 비해 상대적으로 미비한 증가 추세를 보이고 있으나, 영하 5도 이하

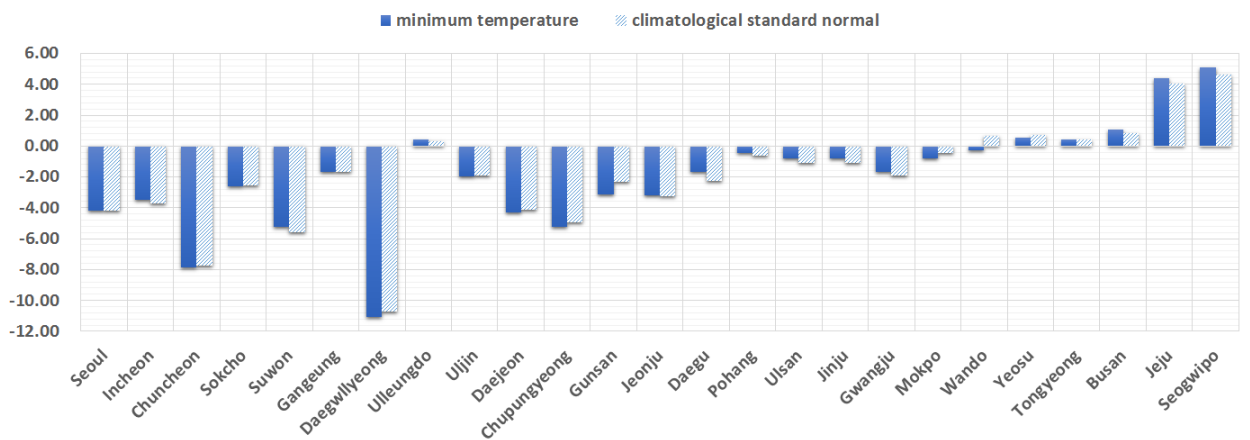


Fig. 4. Comparison between minimum temperature and climatological standard normal.

Table 4. Minimum temperature changes by regions

	Central region	South region	South coast region	Mountainous region
Minimum temperature	-4.17℃	-2.33℃	1.36℃	-11.08℃
Climatological standard normal	-4.24℃	-2.29℃	1.31℃	-10.73℃
Temperature change	0.07℃(▲)	0.04℃(▲)	0.05℃(▲)	-0.35℃(▼)

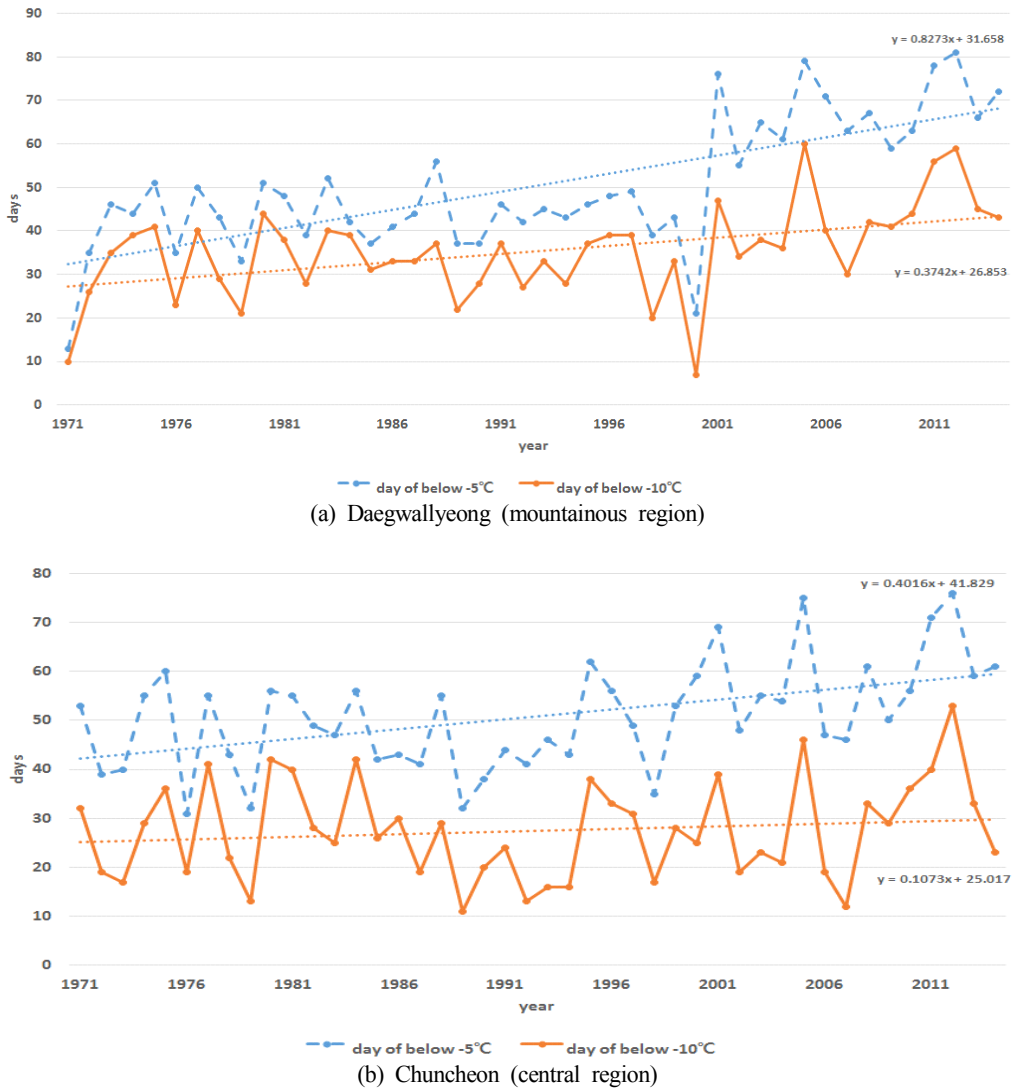


Fig. 5. Days of below - 5°C and - 10°C.

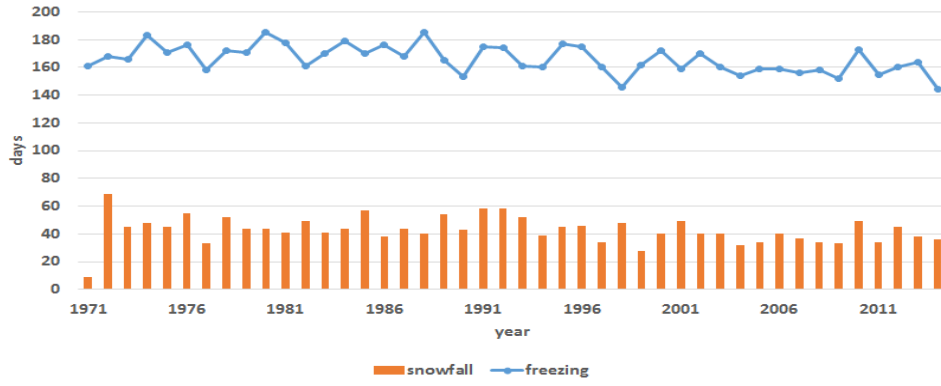
인 일수와 영하 10도 이하인 일수가 점차 증가하는 경향을 보이고 있다.

3.2.2 적설일수 및 결빙일수 비교 분석 결과

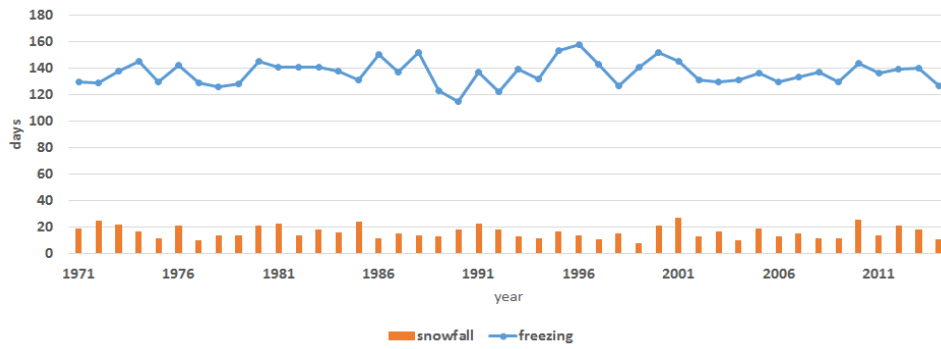
Fig. 6은 대관령과 춘천의 결빙일수(freezing) 및 적설일수(snowfall)를 최근 43년(1971~2014년)의 자료를 통해 나타낸 것이다. 대관령과 춘천의 결빙일수와 적설일수를 비교한 결과, 대관령의 전반적인 기온이 낮기 때문에 춘천에 비해 상대적으로 높은 결빙일수와 적설일수를 보이고 있는 것으로 나타났다. 지난 43년 동안 대관령과 춘천의 결빙일수 및 적설일수는 크게 변화가 없으며, 거의 일정한 패턴을 나타내고 있음을 확인하였다.

3.3 겨울철 한파발생 경향 및 일수 분석 결과

한파 발생의 경향을 분석하기 위하여 1971년부터 2014년까지 43년간 대관령과 춘천의 아침 최저기온(기준시각은 03:01~09:00)자료를 이용하여 분석하였다(Fig. 7). 대관령과 춘천 두 지역 모두 1971년부터 2014년 최근까지 평균 아침최저기온은 연도별로 편차가 발생하지만, 전반적으로는 아침 최저기온의 평균값이 증가하는 경향을 보이고 있음을 알 수 있다. 이는 점차 우리나라에서 한파가 발생할 수 있는 가능성은 감소하고 있다는 것을 시사한다. 하지만, 춘천과 대관령의 1971년부터 2014년까지 한파발생일수를 나타낸 Fig. 7의 (a2)와 (b2)를 살펴보면 춘천과 대관령 모두 한파 발생일수는 증가 추세를 나타내고 있음을 알 수 있다.

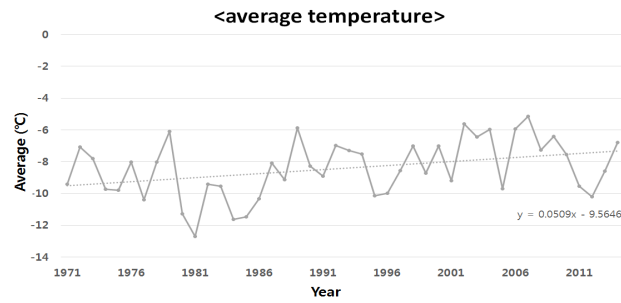


(a) Daegwallyeong

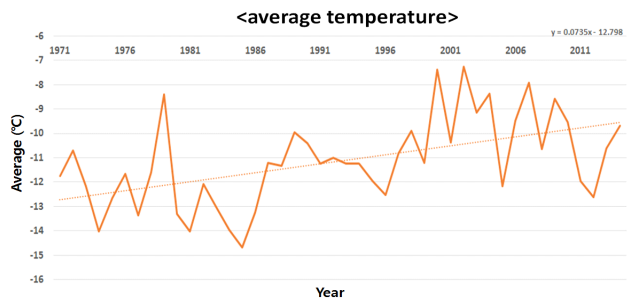


(b) Chuncheon

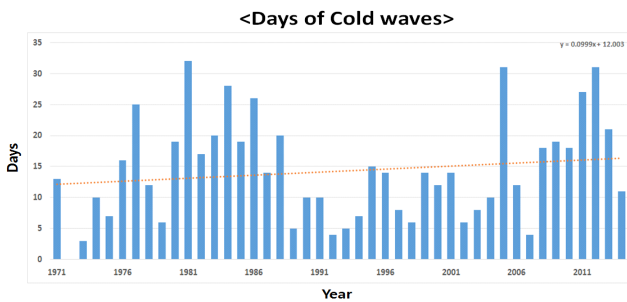
Fig. 6. Trend of freezing and snowfall days.



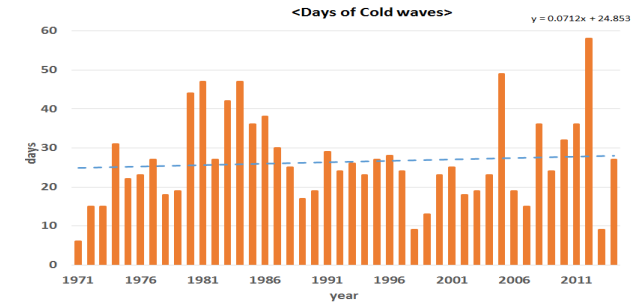
(a1) Chuncheon



(b1) Daegwallyeong



(a2) Chuncheon



(b2) Daegwallyeong

Fig. 7. Tendency of cold waves in Daegwallyeong and Chuncheon.

이러한 점은 두 지역의 평균 아침최저기온은 점진적으로 높아지고 있으며, 한파 발생 일수 또한 증가하는 추세를 보이고 있다. 이는 결국, 전반적으로는 기온이 상승하지만, 겨울철 한파의 발생빈도는 증가하고 있다는 것을 시사한다.

4 요약 및 결론

첫째, 최근 10년간 겨울철 평균기온과 과거 30년 겨울철 평년값을 비교한 결과, 남부지역을 제외한 중부, 남해안, 산간 지역에서 평균기온이 더 높게 나타났으며, 최근 10년간 겨울철 평균최고온도와 평년값을 비교한 결과, 남부지역을 제외한 중부와 남해안, 산간지역에서 평균최고온도가 더 높은 것으로 확인되었다. 또한 최근 10년간 겨울철 평균최저기온과 평년값을 비교한 결과, 산간지역을 제외한 중부, 남해, 남해안 지역에서 최근 10년의 겨울철 평균최저기온이 더 높게 나타났다.

둘째, 춘천과 대관령 지역을 중심으로 겨울철 한파 발생빈도 분석결과, 영하 5℃ 이하일수, 영하 10℃ 이하일수는 증가하는 경향을 보이고 있으나, 결빙일수 및 적설일수는 다소 감소하거나 거의 일정한 경향을 보이고 있음을 확인하였다.

셋째, 한파의 경향성 분석에 따라 대관령과 춘천의 1971년부터 2014년까지 겨울철 평균아침최저기온과 한파일수를 분석한 결과, 평균아침최저기온은 상승하는 반면, 한파일수는 점차 증가하고 있다. 즉, 전반적인 기온은 상승하는 추세를 보이고 있으나, 겨울철 한파 발생빈도는 점차 증가하여 결국 기온의 극단적 현상은 점차 심각해질 것으로 예상된다.

기후변화로 인한 지구 온난화 현상으로 인하여 전 세계뿐만 아니라, 우리나라 역시 지속적인 기온 상승의 현상으로 보이고 있다. 이에 따라 우리나라는 지역에 따라 다소 차이가 있으나, 전반적인 겨울철 기온 상승이 확인되었다. 반면, 겨울철 극한기후 현상 빈도는 대체로 증가하고 있는 것을 확인하였으며, 이로 인해 향후 극한기온현상 발생빈도의 증가로 인하여 다양한 문제가 발생할 수 있을 것으로 추측된다. 따라서 겨울철 극한기후현상에 대한 구체적인 연구가 필요하다.

사 사

본 연구는 환경부의 기후변화특성화대학원 사업의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Choi YE, Park CY. 2010. Distributions of cold surges and their changes in the Joongbu region, the republic of Korea. The Korean Association of Professional Geographers 44 (4):713-725.
- Easterling DR, Evans JL, Groisman PY, Karl TR, Kunkel KE, Ambenje P. 2000. Observed variability and trends in extreme climate events: A brief review. Bulletin of the American Meteorological Society 81(3):417-425.
- Heo IH, Kwon WT. 2007. Temperature change of recent 10 years (1996-2005) in Korea(in Korean with English abstract). Journal of Climate Research 2(2):70-93.
- Heo IH, Lee SH. 2006. Changes of unusual temperature events and their controlling factors in Korea 4(1):94-105.
- Ko JW, Baek HJ, Kwon WT, Park JY. 2006. The characteristics of spatial distribution of temperature and regionalization in Korea. Journal of Climate Research 1(1):3-14.
- Korea Meteorological Administration. <http://sts.kma.go.kr>
- Lee Sh, Heo IH. 2011. The impacts of urbanization on changes of extreme events of air temperature in South Korea (in Korean with English abstract). Korea Geographical Society 45(3):257-276.
- Moon JY, Park CY, Choi YE. 2014. Recent change in the intraseasonal characteristics of winter temperature over South Korea. Journal of Climate Research 9(3):167-180.
- National Emergency Management Agency. 2009. Institutionalization study about damage calculation standard.
- National Emergency Management Agency. 2013. Disaster annual report.
- National Emergency Management Agency. 2014. Disaster annual report.
- Office for Government Policy Coordination. 2013. Abnormal weather report.
- Office for Government Policy Coordination. 2014. Abnormal weather report.
- Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Miller HL. 2007. IPCC, 2007: Climate change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.