

남한의 겨울철 주·야간 체감 온도의 공간적 분포 특성

최광용* · 강철성**

Spatial Distribution Patterns of Winter Daytime and Nighttime Apparent Temperature in South Korea

Gwang-Yong Choi* and Chul-Sung Kang**

요약 : 본 연구는 최근 30년 (1971-2000) 최한월 (1월) 평균 기온 및 풍속, 일사량 자료를 토대로 산출한 겨울철 주·야간 바람냉각지수의 분포를 바탕으로 남한의 겨울철 생리 기후지역을 구분하였다. 그 결과, 겨울철 주·야간 바람냉각지수는 기온, 풍속, 일사량 등의 기후요소뿐 아니라 해발고도, 해륙풍, 지형, 해류 등의 기후인자의 영향을 받아 남한은 크게 5개의 생리기후지역으로 세분되었다: 주간 서늘-야간 추움 지역, 주간 쌀쌀-야간 추움 지역, 주간 쌀쌀-야간 매우추움 지역, 주·야간 모두 추움 지역, 주간 추움-야간 극도로추움 지역. 특히, 남해안을 제외한 해안-도서지역은 계절풍 및 해륙풍의 영향으로 주간에는 싸늘함(Keen), 야간에는 매우 추움(Very Cold)의 체감도를 보였다. 또한, 해발고도가 높은 대관령 지역에서는 기온 감률 및 계절풍의 영향으로 주간에는 추움(Cold), 야간에는 극도로 추움(Extremely Cold)의 체감도를 보였다. 본 연구는 다양하게 나타나는 주야간 바람냉각지수의 분포를 바탕으로 남한의 겨울철 생리기후 지역을 구분함으로써 의복 및 건축 등의 단열에 관한 의사결정시 필요한 기초자료를 제공하고자 하였다.

주요어 : 겨울철 주야간, 바람냉각지수, 기후인자, 체감도, 생리기후 지역

Abstract : This study classified wintertime bioclimatic zones of South Korea based on daytime and nighttime distribution of wind chill index calculated from climate data during the coldest month for latest 30 years (1971-2000). The results show that the winter daytime and nighttime wind chill index were influenced by climatic factors such as elevation, land-sea breeze, topology, and sea currents etc. as well as climatic components such as temperature, wind speed, and sunshine, so that South Korea was divided into five bioclimatic zones; Cool day-Cold night zone, Keen day- Cold night zone, Keen day-Very Cold night zone, Cold day and night zone, and Cold day-Extremely Cold night zone. Especially, coasts and island areas, except for south coast of Korea, shows Keen bioclimatic response during daytime and Very Cold bioclimatic response during nighttime. This indicates that coasts and island areas, except for south coast of Korea are affected by moonson and land-sea breeze. In addition, highly elevated Daegwallyeong shows Cold bioclimatic response during daytime and Extremely Cold during nighttime due to the influence of adiabatic temperature lapse rate and monsoon. This study offers basic data necessary to make decisions concerning insulation such as clothing and architect etc. by classifying winter bioclimatic zones of South Korea based on various daytime and nighttime distribution of wind chill.

Key Words : winter daytime and nighttime, wind chill index, climatic factors, bioclimatic response, bioclimatic zones

1. 서론

한반도는 겨울철에 동북아시아 몬순체계에 속

하여 시베리아 고기압으로부터 불어오는 한랭 건조한 계절풍의 영향을 받고 있다. 이러한 북서쪽에서 불어오는 대륙적 규모의 강한 겨울철 계절풍은 인체가 일정 체온을 유지하기 위하여 형성하는 열

* 기상청 기상연구소 기후연구실 위촉연구원(Researcher, Climate Research Laboratory, Meteorological Research Institute, Korean Meteorological Administration).

** 서울대학교 교육종합연구소 특별연구원(Special Researcher, Center for Educational Research, Seoul National University)

층후군을 쉽게 파괴시켜 기온이 낮은 대기에 열 손실을 증가시킬 수 있는 환경을 조성한다(Tromp, 1980; Oke, 1987). 겨울철에 바람이 강하게 불면 기온이 많이 떨어지지 않아도 바람 냉각 효과로 인하여 실제 체감하는 온도는 현저하게 떨어진다. 따라서 겨울철 기온의 분포와 인체의 체감온도의 분포는 일치하지 않고, 지역마다의 풍속, 일사량 등의 기후요소뿐만 아니라 해발고도, 위도 등의 기후인자의 영향을 받아 다양하게 나타난다. 겨울철 한랭 건조한 계절풍에 의해 급격히 떨어지는 체감온도는 인간의 옥외 활동을 둔화시켜 생산활동을 위축하고, 심지어 건강에도 악영향을 주어 질병을 가진 사람들의 사망률을 증가시키기도 한다(Lerchi, 1998; McGregor, 2001). 이러한 겨울철 체감 온도에는 기온, 풍속, 일조시간, 일사량, 상대습도 등의 기후요소뿐만 아니라 성별, 연령, 건강상태, 기후순응, 피복 효과, 심리적 상태 등의 인체적 요소들이 복합적으로 영향을 미치고 있다(전경은, 1971). 특히, 주간에 공급되는 태양 복사에너지는 야간에 비해서 겨울철 체감기온을 상승시키는 데 중요한 역할을 하고 있다.

그러나 국내 겨울철 체감온도에 관한 기존 연구들(전경은 1971; 이종범 외 1982; 김혜정, 1988; 강철성, 1997)은 주로 기온과 풍속 두 기본요소만을 고려한 바람냉각지수(wind chill)를 사용하여 분석하여 왔다. 기존의 바람 냉각지수 방정식은 그늘이나 옥내에 있는 인체 모형을 전제로 하였기 때문에, 태양복사가 있는 실제 주간의 체감온도를 제대로 반영하지 못하고 있다. 겨울철 실제 외출 시 의복선택이나 단열 대책과 관련된 에너지 수급 정책 결정시 필요한 체감온도에 관한 기초 정보는 주간과 야간으로 나누어 제시되어야 그 효율성이 높아질 것이다. 따라서 본 연구는 최근 30년 평균(1971-2000) 최한월(1월) 기후 자료에서 산출한 바람냉각 지수를 주간과 야간으로 나누어 산출하고, 기후인자와 관련된 지역적 분포 특징을 살펴보았다. 또한, 이러한 겨울철 주·야간 체감온도의 분포도를 동시에 고려하여 남한에 나타나는 생리 기후 지역을 구분함으로써, 남한에서 겨울철 추위에 대비하기 위한 지역별 기초 자료를 제공하고자 하였다.

2. 연구 자료 및 연구방법

겨울철 체감 온도를 정량화 하기위해, 미국과 캐나다의 공동연구로 R.G. Steadman(1971)에 의해 최초로 개발된 체감온도(Apparent Temperature)를 개선한 새로운 바람냉각지수(New Wind Chill Index) 산출 방정식이 2001년 4월에 새롭게 발표되었으나, 아직은 적용 실험 단계에 머물고 있다(http://www.msc-smc.ec.gc.ca/windchill/Science_equations_e.cfm). 따라서, 본 연구에서는 겨울철 체감온도를 정량화하기 위한 다양한 지수 중에서 가장 유용하여(전경은, 1972), 현재까지 한국 기상청에서 보편적으로 사용하여온 Siple-Passel의 바람 냉각지수 공식을 이용하였다. Siple-Passel은 relative comfort thermometer를 고안하고 직달복사를 받지 않는 일반대기에 노출되었을 때 1m²에 상당하는 면적에서 발생하는 한 시간 동안의 열손실이 실제 인체의 열손실과 일치한다는 경험적 연구를 바탕으로 그 열손실율을 다음과 같은 공식을 통해서 나타냈다(Siple et al., 1945).

$$K_n = \sqrt{100v} + 10.45 - v(33 - T_a) \quad (\text{Eq.1})$$

K_n : 바람 냉각 지수 (kcal/m²h)

V : 풍속 (m/s)

T_a : 기온 (°C)

이 방정식 (Eq.1)은 그늘에 있는 신체 모형을 바탕으로 바람냉각효과를 나타낸 것으로, 태양복사가 없는 야간의 체감온도를 나타내는 데에는 적합하다. 그러나 태양복사에너지가 공급되는 주간에는 Siple-Passel 방정식 (Eq.1)에서 고려하지 못한 일사량과 일조시간에 의해 바람냉각정도가 완화될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 겨울철 야간 바람냉각 지수는 일최저기온과 풍속을 바탕으로 Siple-Passel이 제시한 기존의 방정식 (Eq.1)을 사용하여 산출하였고, 주간 바람 냉각 지수는 일최고기온과 풍속, 태양복사량과, 가조시간 등의 요소를 바탕으로 태양 복사량을 고려하여 Siple-Passel방정식 (Eq.1)을 보정한 방정식 (Eq.2)을 사용하였다.

$$K_d = \frac{k_n \times H_{ps} \times H_{rs} \times 200}{H_{ps}} \quad (\text{Eq.2})$$

- K_d : 태양복사량을 고려한 주간 바람냉각지수 (kcal/m²h)
- K_n : 태양복사량을 고려하지 않은 주간 바람냉각지수 (kcal/m²h)
- H_{ps} : 가조시간 (일출과 일몰사이의 시간)
- H_{rs} : 일조시간 (실제 태양복사가 있었던 시간)
- 200: 맑은 날의 평균 입사 복사량 (kcal/m²h)

특히 일년 중 최한월에 해당하는 1월의 바람냉각지수의 30년 평균을 살펴보기 위해, 기상청에서 발간한 한국기후표(1971-2000)의 1월 평균 일최저기온, 일최고기온, 풍속, 가조시간, 일조시간 자료를 이용하였다. 한국기후표에서 제시한 자료 중 2000년 이전에 관측이 중단된 지점을 제외한 61개의 기상대와 관측소 자료를 사용하였다(Fig. 1). 사용된 자료가 측정된 관측소의 이동은 30년간의 장기간의 보편적 생리 기후 특성을 살펴보기 때문에 큰 문제가 되지 않는다고 가정하였다.

이와 같이 산출된 30년 평균 주·야간 바람냉각지수 자료를 TM좌표계에서 1.0°×1.0(간격)의 Grid로 나누어 Kriging 기법을 사용하여 등치선도를 작성하였다. 남한의 61개 관측지점 자료를 이용한 생리기후 분포도는 일부 산악 지역의 관측 자료가 부족하여 왜곡을 포함하고 있으나, 대부분 인구가 밀집하여 사는 지역의 보편적인 겨울철 생리 기후도를 나타내는 데에는 무리가 없다. 주·야간의 바람냉각지수에 의한 남한의 겨울철 생리기후 지역구분을 하기위해, 한국 기상청에서 각 생리기후적 체감도의 임계치로 사용하는 바람냉각지수(Table 1)를 적용하였다. 이와 같이 작성한 주·야간의 등

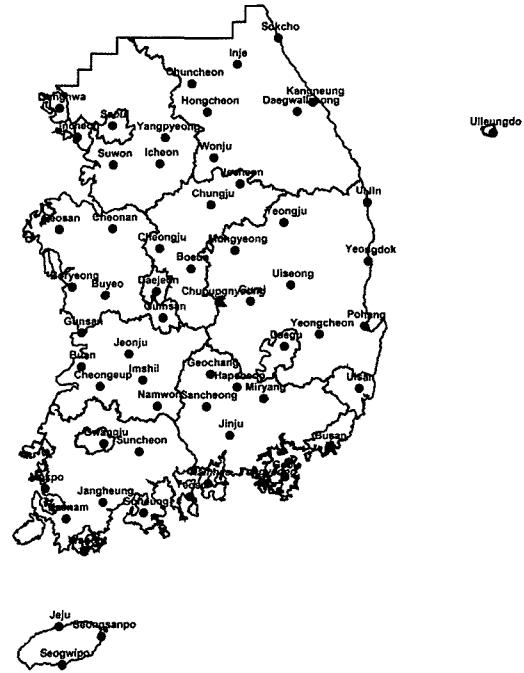


Figure 1. The distribution of 61 weather stations in South Korea (1971-2000).

치선도를 중첩시켜 남한의 겨울철 생리기후지역을 구분하고 그 공간분포 특성을 기온 및 풍속, 일사량 등의 기후요소 분포와 이에 영향을 미치는 다양한 기후인자와 비교하여 살펴보았다. 또한 본 연구 지역을 크게 남한의 북부, 중부, 남부로 나누고 동서지역을 해안과 내륙으로 나누어 살펴 보았다.

Table 1. Human bioclimatic response to wind chill index(<http://www.kma.go.kr/>) Unit : kcal/m²h

Wind chill index	Sensation response	Wind chill index	Sensation response
25-75	더움 (Sultry)	700-900	추움 (Cold)
75-150	따뜻함 (Warm)	900-1100	매우 추움 (Very Cold)
150-300	쾌적 (pleasant)	1100-1300	극도로 추움 (Extremely Cold)
300-500	서늘함 (Cool)	1300-1650	살이 얼게됨 (Flesh freezes)
500-700	쌀쌀함 (Keen)	1650-2100	1분 안에 살이 얼게됨 (Flesh freezes within a minute)

3. 주간 바람냉각지수의 분포 특성

남한의 겨울철 최한월30년 평균 주간 바람냉각지수는 400-710 kcal/m²h로 생리기후 체감도는 지역에 따라서 서늘함(Cool)-쌀쌀함(Keen)-추움(Cold)으로 다양하게 나타나고 있다(Fig. 2(a)). 주간 바람냉각지수가 높아서 추움(Cold)의 지역으로 분류되는 곳은 크게 해안-도서 일부지역과 해발고도가 높은 산악지역으로 양분된다. 주로 서해안 대부분지역, 동해안의 북부지역, 울릉도 및 제주도의 남부지역은 주간 바람냉각지수가 600kcal/m²h 이상으로 쌀쌀한(Keen) 체감도를 보인다. 왜냐하면, 해

안지역과 도서지역에서는 국지적 해륙풍 뿐만 아니라(박순웅, 1990), 주로 겨울철 계절풍의 영향으로 풍속이 강하여 바람냉각 효과가 강해지기 때문이다(Fig. 3(b)). 해안지역에서는 주로 주간에 쌀쌀함(Keen)-추움(Cold)의 체감도를 보이는데 특히 인천, 목포, 여수, 강릉, 속초 등의 해안지역은 평균 풍속이 2.5 m/s로 강하여 바람냉각지수가 높게 나타난다. 한편, 제주도를 포함한 도서지역의 경우에는 해륙풍보다는 강한 북서계절풍의 영향이 더욱 뚜렷하여 섬의 북서지역이 남동지역에 비해 바람냉각지수가 높게 나타나고 있다. 가령, 제주시의 경우에는 일최고기온은 8°C로 한반도 지역에 비해 훨씬 높지만, 풍속이 4.9 m/s로 남쪽의 서귀포 지역에 비해 강풍이 불고, 일사량도 46 kcal/m²h로 매우 적어, 주간 바람냉각지수는 638 kcal/m²h로 높게 나타나고 있다(Figs. 2-3). 또한 동해안상의 울릉도의 경우에도 일최고기온은 4.2°C로 동일위도상의 중부 내륙지역 보다 높은 반면, 일사량이 56kcal/m²h 이하로 적고, 풍속도 4 m/s의 강풍이 불어서 남한에서 주간 바람냉각지수가 705kcal/m²h로 가장 높은 추움(Cold)의 체감도를 나타내고 있다. 특히 울릉도와 제주도 두 지역은 남한 전체 평균 일사량 111

kcal/m²h의 1/2이하로 구름에 의한 태양복사 에너지 유입의 차단이 많은 지역적 특징을 보이고 있다(Fig. 3(a)). 한편 대관령, 추풍령 등의 산악 지역은 주간 바람냉각지수가 약 690kcal/m²h 이상으로 높게 나타난다. 특히 대관령은 일사량이 130kcal/m²h임에도 불구하고, 해발고도가 높아 일최고기온이 -2.5°C로 매우 낮고 풍속도 4.9 m/s로 강하여 주간 바람냉각 지수는 853kcal/m²h로 추움(cold)의 체감도를 보이는 지역이다. 그러나 실제 관측소가 없어서 바람 냉각지수를 산출할 수는 없지만 해발고도가 대관령보다 더 높은 설악산, 지리산, 한라산 정상에서는 바람냉각지수도 훨씬 더 높아 주간에도 극도로 추움(Extremely Cold)의 체감도를 보일 것으로 사료된다.

반면, 태백산맥과 소백산맥 사이에 위치한 남동부 내륙의 밀양, 함천에서는 주간 바람냉각지수가 435kcal/m²h 이하로 남한에서 체감온도로 가장 낮은 지역이다. 이 지역은 소백산맥의 바람의지사면에 위치하여 1.5 m/s 이하의 낮은 풍속을 보이며, 일최고기온도 4.5°C 이상으로 인접지역보다 높고, 일사량도 128kcal/m²h 이상으로 높게 나타나서 서늘함(Cool)의 체감도를 나타내고 있다. 또한 남한

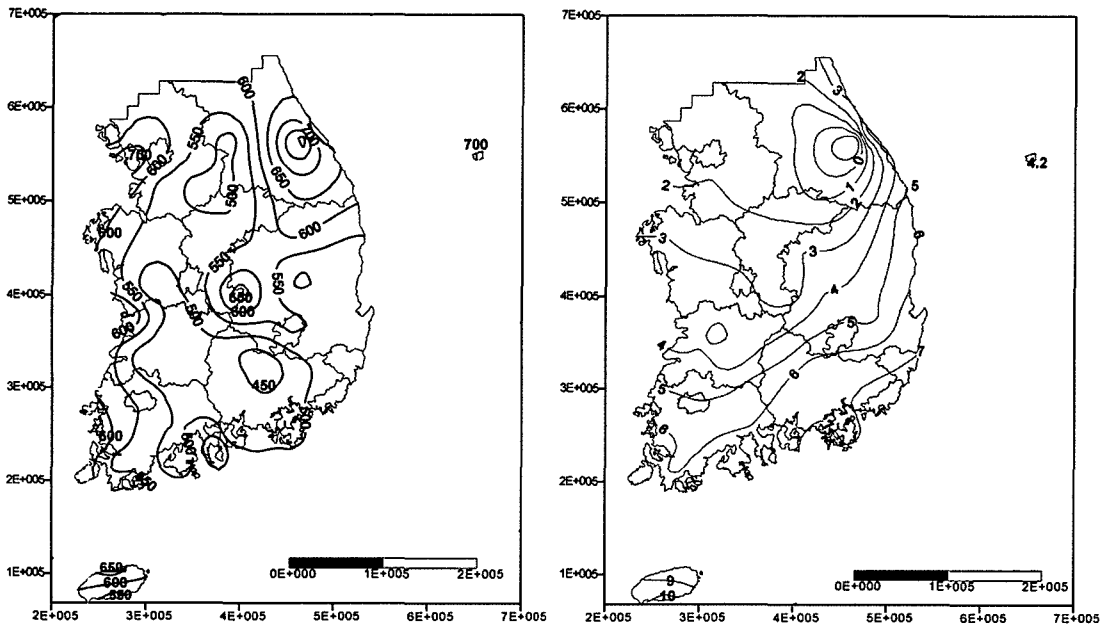


Figure 2. (a) Daytime wind chill (kcal/m²h) and (b) daily maximum temperature (°C) for January in South Korea (1971-1990).

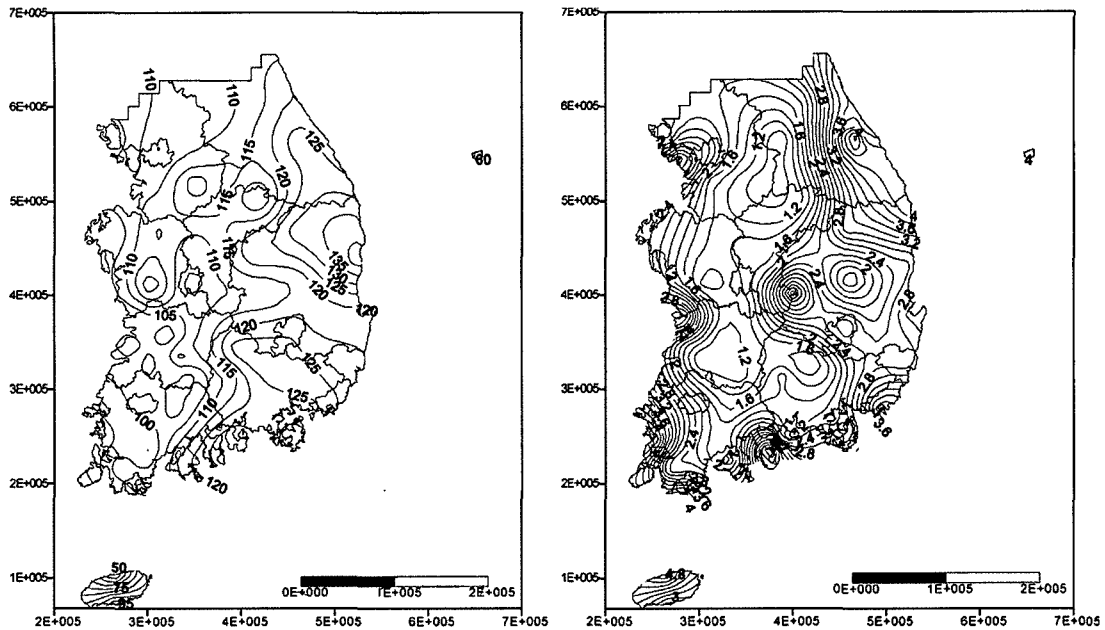


Figure 3. (a) Sunshine ($\text{kcal/m}^2\text{h}$) and (b) wind speed (m/s) for January in South Korea (1971-1990).

의 북부 내륙 일부지역에서도 겨울철 일최고기온은 3°C 이상 인접 지역보다 더 낮지만, 주변 산지 지형에 의해 북서계절풍이 약화되어 평균 풍속이 1 m/s 으로 매우 낮게 나타난다. 그 결과, 남한 북부 내륙의 양평, 이천, 원주 등의 지역에서는 주간 바람냉각 지수가 $500 \text{ kcal/m}^2\text{h}$ 이하로 서늘함(Cool)의 체감도를 보인다. 이러한 지형에 의한 풍속 저감으로 서늘함의 체감도를 나타내는 지역은 소백산맥 서북쪽의 부여, 전주, 정주, 임실, 남원 지역도 포함된다.

4. 야간 바람냉각지수의 분포 특성

남한의 겨울철 최한월 30년 평균 야간 바람냉각지수는 지역적으로 $800\text{--}1300 \text{ kcal/m}^2\text{h}$ 로 추움(Cold)-매우 추움(Very Cold)-극도로 추움(Extremely Cold)의 다양한 생리기후 체감도를 보인다(Fig. 4(a)). 특히 해발고도가 800m 이상인 산악 지역에서는 야간의 바람냉각지수는 $1100 \text{ kcal/m}^2\text{h}$ 이상으로 극도로 추움(Extremely Cold)의 체감도를 나타내고 있다. 그 중에서도 대관령 지역은

최저기온이 -12.5°C 이고, 풍속이 4.9 m/s 로 야간 바람냉각지수가 $1260 \text{ kcal/m}^2\text{h}$ 로 극도로 추움(Extremely Cold)의 체감도를 나타내는 지역이다. 물론 이보다 더 해발고도가 높은 지역에 대해서 본 연구에서는 관측소 자료의 부족으로 나타나지 않지만 훨씬 더 높은 야간 바람냉각지수를 보일 것으로 사료된다. 또한 남한의 북부 동해안 지역과 대부분의 서해안 지역에서는 야간 바람냉각지수가 $900 \text{ kcal/m}^2\text{h}$ 이상으로 나타났다. 특히 태백산맥 동쪽의 속초, 강릉 등의 지역은 난류의 영향으로 기온이 서해안에 비해 약 4°C 이상 높음에도 불구하고, 풍속이 3.6 m/s 이상으로 서해안에 비해 매우 강하여 야간 바람냉각지수도 높게 나타나고 있다. 이는 동해안 지역이 극지적인 해륙풍의 영향뿐 아니라 강한 북동풍의 영향을 받기 때문이다(이병설, 1979).

이와 대조적으로, 남동해안 지역은 남서해안 지역과 비슷한 -3°C 이상의 일최저기온을 나타내지만, 풍속은 남서해안에 비해서 약간 낮아서 바람냉각지수도 낮게 나타난다. 예를 들어 남동해안의 울산은 일최저기온은 -2.7°C 로 남서해안의 목포 일최저기온 -1.4°C 보다 낮다. 그러나, 남서해안 목포의

풍속은 4.8 m/s로 남동해안 울산의 풍속 2.6 m/s보다 커서 야간 바람냉각 지수는 남서해안의 목포가 948kcal/m²로, 남동해안 울산의 856 kcal/m²에 비해서 매우 높게 나타나고 있다. 이것은 남동해안에 비해서 남서해안 지역이 강한 북서계절풍의 영향을 많이 받고 있기 때문이다. 한편, 제주도의 경우에도 북쪽 제주시와 남쪽 서귀포시를 비교하면, 일최저기온은 약 3°C로 두 지역이 유사하나 풍속은 각각 4.9 m/s과 3 m/s으로 제주시가 훨씬 강하게 나타나고 있다. 북서쪽에서 불어오는 계절풍이 한라산에 의해 차단되어 서귀포시의 야간 바람냉각지수가 731kcal/m²로 제주시 831kcal/m² 값보다 훨씬 낮게 나타나게 된 것이다. 울릉도의 야간 바람냉각지수는 동해안 지역에 비해서 낮아서 주간과 마찬가지로 야간에도 추움(Cold)의 체감도를 나타낸다. 한국해양센터(<http://www.nfrda.re.kr/kodc/>)의 30년 평균 표층 0m 수온 분포도에 따르면, 울릉도 주변의 12월, 2월 평균 수온은 각각 14°C, 10°C로, 동일 위도상의 서해안 지역의 수온보다 약 5°C 가량 높게 나타나고 있다. 이는 울릉도 주변 지역이 야간에 주변 난류의 영향으로 위도가

훨씬 낮은 남해안지역과 유사한 -1°C 이상의 따뜻한 일최저기온을 갖기 때문이다

반면에, 태백산맥 서쪽의 경기도 남동부, 강원 영서, 충청 내륙지역의 겨울철 최한월 일최저기온은 -9°C 이하로 동해안 인접 지역보다 무려 -5°C 낮게 나타난다. 그러나 이 지역에서는 북북동-남남서 방향의 산맥에 의해 북서 계절풍이 유입되는 것이 둔화되어 최한월 풍속이 1 m/s이하로 급감하고, 야간 바람냉각지수도 850kcal/m²이하로 동해안 지역보다 낮게 나타난다. 이러한 850kcal/m²이하의 다소 낮은 야간 바람냉각지수는 남한의 중부 내륙의 충주, 소백산맥 북서사면의 전주, 정주, 남원, 소백산맥의 남동사면의 합천과 남부해안의 고흥 지역에까지 나타난다. 특히, 전주, 정읍, 남원 지역은 풍속이 1.2 m/s이하로 800kcal/m²이하의 낮은 야간 바람냉각지수를 보이는 지역이다. 또한 제주도의 서귀포 지역은 풍속이 3 m/s으로 전주, 정읍, 남원 지역보다는 강하지만, 일최저기온 3.2°C로 무려 8°C이상 따뜻하여 남한에서 가장 낮은 738 kcal/m²의 야간 바람냉각지수를 보인다.

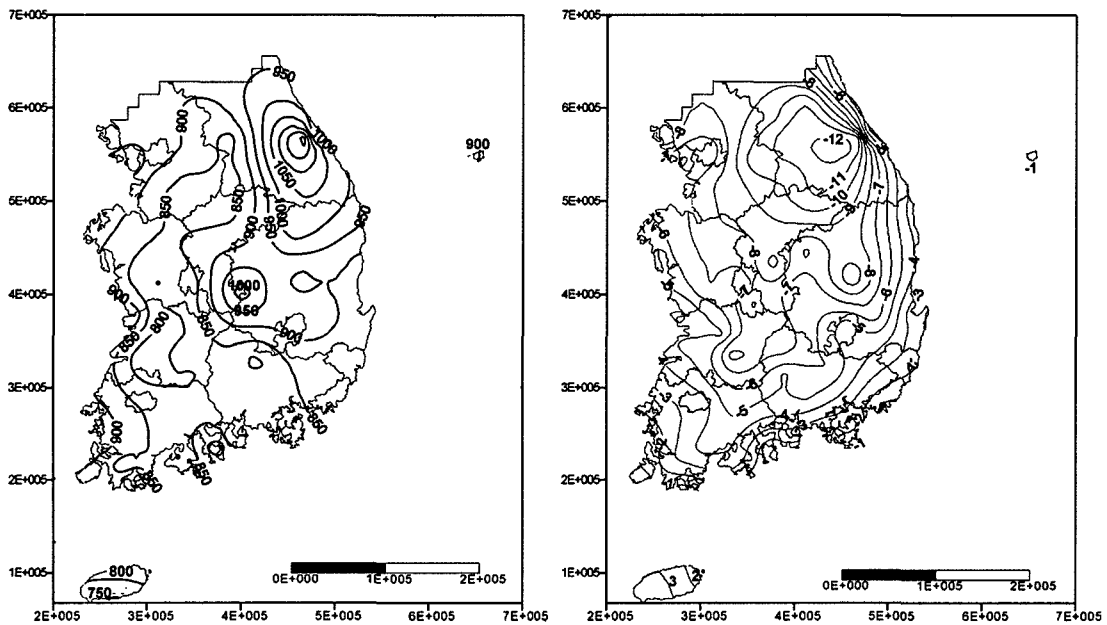


Figure 4. (a) Nighttime wind chill (kcal/m²h) and (b) daily minimum temperature (°C) for January in South Korea (1971-1990).

5. 주야간 바람냉각지수 비교에 따른 생리 기후지역 구분

Fig. 5(a)는 남한 61개 전체 지점의 야간 바람냉각지수에서 주간 바람냉각지수의 차를 구한 후, 다시 그 평균값을 중심으로 한 상대적 공간 편차도를 나타낸 것이다. 남한의 주야간의 바람냉각지수 차이의 평균값은 $332\text{kcal/m}^2\text{h}$ 로 기상청에서 제시한 생리체감도의 급간이 $200\text{kcal/m}^2\text{h}$ 인 점을 고려하면 일반적으로 남한의 주간과 야간사이의 체감도는 뚜렷하게 달라짐을 알 수 있다. 이 편차도에 따르면, 주간과 야간 사이의 체감도 차가 가장 심하게 나타나는 곳은 대관령 및 영주, 울진, 의성 등 경상북도 지역이다. 반면 이러한 주야간 사이의 체감도 차가 가장 적은 곳은 제주북부 지역과 울릉도로 나타난다. 이러한 주야간 사이의 체감도 차는 본 연구에서 고려한 주간의 일사량에 의한 바람냉각의 저감 효과와 밀접한 관련성을 가지고 있다. 일사량이 많은 대관령과 경상북도 북부지역은 주간과 야간 바람냉각지수의 차이가 약 $400\text{kcal/m}^2\text{h}$ 정도로 크게 나타나며, 일사량이 적은 울릉도와 제주도는 차이가 약 $200\text{kcal/m}^2\text{h}$ 로 변화가 작게 나

타난다. 이러한 지역들에서는 의복 선택, 난방 에너지 사용에 있어서 지역 자체의 주야간의 바람냉각 지수 자체도 중요하지만, 하루 중 주간과 야간의 변화도 고려해야 함을 알 수 있다.

Fig. 5 (b)는 기상청에서 제시한 바람냉각지수에 의한 체감도를 바탕으로 최한월 주야간 바람냉각지수 분포도(Figs. 2(a) and 4(a))를 중첩시켜 나눈 남한의 겨울철 생리 기후지역 구분도이다. 주야간의 체감도에 따라 남한에서는 크게 5가지의 생리 기후 유형이 나타났다(Table 2).: 주간 서늘-야간 추움형, 주간 쌀쌀-야간 추움형, 주간 쌀쌀-야간 매우 추움형, 주야간 모두 추움형, 주간 추움-야간 극도로 추움형.

남한의 남해안 해안 및 내륙지역을 제외한 대부분 지역에서 주간 바람냉각지수는 $500\text{-}700\text{kcal/m}^2\text{h}$ 로 쌀쌀함(Keen)을, 야간 바람냉각지수는 해발고도 약 300m 이하의 내륙 저지대에서는 $700\text{-}900\text{kcal/m}^2\text{h}$ 로 추움(Cold), 해안도서지역 및 태백산맥 및 소백산맥의 고산지역에서는 $900\text{-}1100\text{kcal/m}^2\text{h}$ 로 매우 추움(Very Cold)의 체감도를 보인다. 이러한 5개의 생리 기후 유형별 지역적 분포 특징을 기술하면 다음과 같다.

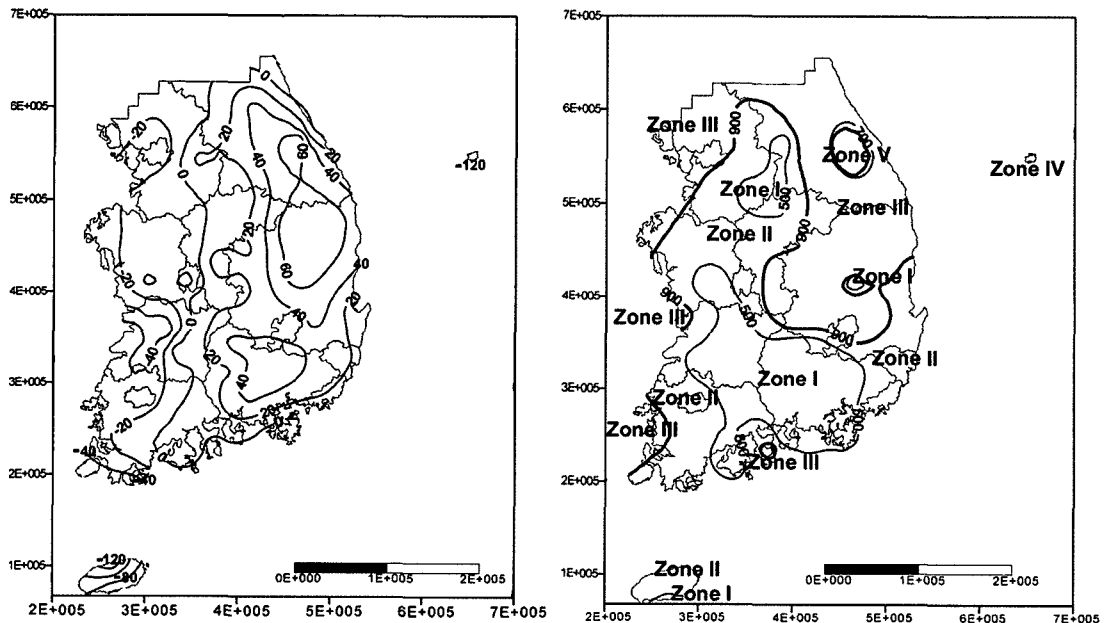


Figure 5. (a) Departure of wind chill index between daytime and nighttime for January ($\text{kcal/m}^2\text{h}$) and (b) wintertime bioclimatic zones in South Korea (1971-2000).

Table 2. Classified wintertime bioclimatic zones based on daytime and nighttime wind chill Index in South Korea Unit : kcal/m²h

Bioclimatic Zones	Daytime		Nighttime	
	Wind chill Index	Sensational Response	Wind chill Index	Sensational Response
Zone I	300-500	서늘함 (cool)	700-900	추움 (cold)
Zone II	500-700	쌀쌀함 (keen)	700-900	추움 (cold)
Zone III	500-700	쌀쌀함 (keen)	900-1100	매우추움 (very cold)
Zone IV	700-900	추움 (cold)	900-1100	추움 (cold)
Zone V	700-900	추움 (cold)	1100-1300	극도로추움 (extremely cold)

1) I지역: 주간 서늘-야간 추움형

이 지역은 최한월 바람냉각지수에 의하여 주간에는 서늘하고(300-500kcal/m²h), 야간에는 춥게 느껴지는(700-90kcal/m²h), 우리 나라에서 가장 겨울철 추위가 덜한 생리 기후 지역이다. 이 지역은 다시 남한의 북부 내륙과 중서부 내륙지역, 남부 내륙 및 해안지역의 세 지역으로 세분된다. 남한 북부 내륙의 홍천, 이천, 충주 등의 분지지역은 일최저기온이 -9°C미만으로 매우 낮지만 풍속도 1.2 m/s이하로 낮아 야간의 바람냉각지수가 낮게 나타난다. 유사하게 소백산맥을 경계로 북서쪽에 위치한 중서부 내륙의 부여, 전주, 정주, 임실, 남원 지역은 주로 주변 산지에 의해 북서계절풍이 다소 약해지는 지형적 특성을 가져서 풍속이 1.2 m/s이하이다. 또한 남부 내륙의 거창, 함천, 밀양, 산청, 진주 지역과 남해안의 고흥, 남해, 통영, 거제 지역은 주로 소백산맥의 남동쪽으로 단위 시간당 주간 평균 일사량이 120kcal/m²h로 높고, 바람의지 사면에 속하여 북서계절풍의 영향을 덜 받는 곳이다. 또한 주간에 예외적으로 경상도 북부 의성 지역도 주변지역에 비하여 풍속이 낮고, 특히 일최저기온이 높아서 이 생리기후 지역에 속한다.

2) II지역: 주간 쌀쌀-야간 추움형

이 지역은 최한월 바람냉각지수에 의하여 주간에는 쌀쌀하고(500-700kcal/m²h), 야간에는 춥게 느껴지는(700-900kcal/m²h) 지역이다. 이 유형은 크게 태백산맥과 소백산맥 서쪽에 위치한 내륙지역으로 I지역을 제외한 넓은 지역에 걸쳐 나타난다. 이 지역은 주로 해발고도 300m 이하로 I지역에 비하여 주변 산지에 의한 차단이 적어 평균풍속이 1.2 - 2 m/s로 증가하는 지역이다. 또한 이 생리기

후는 남서부 해안과 남동부 해안 및 제주도의 북부 지역에서도 나타난다. 특히 남동해안 지역은 풍속이 2.8m/s로 강하나 일최저기온이 동일 위도상의 내륙지역에 비해 3°C정도 더 높고, 일최고기온도 남서해안지역에 비하여 약 2°C더 높고, 평균 일사량도 115kcal/m²h로 높게 나타난다. 제주도 북서쪽의 경우에는 1월 일최저기온 평균이 2°C이상, 일최고기온이 8°C이상으로 높게 나타나지만 특히 북서쪽에서 불어오는 계절풍이 4 m/s이상으로 강하게 불고, 더 따뜻한 서해상을 지나오면서 구름이 자주 형성되어 일조량이 80 kcal/m²h로 매우 낮게 나타난다.

3) III지역: 주간 쌀쌀-야간 매우추움형

이 지역은 최한월 바람냉각지수에 의하여 주간에는 쌀쌀하고(500-700kcal/m²h), 야간에는 매우 춥게 느껴지는(900-1100kcal/m²h) 지역이다. 이 지역은 해발고도 50m 이하의 도시지역을 포함한 동해안과 서해안의 해안 인접 지역과 해발고도가 500m 이상-800m 이하의 다소 높은 태백산맥과 소백산맥을 중심으로 한 산악지역으로 크게 양분된다. 주로 대하천의 하류나 넓은 평야가 펼쳐져 있는 해안 인접 지역에서는 해륙풍 및 계절풍의 영향을 쉽게 받아 풍속이 2m/s이상으로 바람냉각지수가 높게 나타날 수 있는 환경이 조성된다. 특히 동해안은 서해안지역에 비해 일최고기온 및 일최저기온은 약 4°C 높게 나타나지만 풍속은 3.6 m/s 이상으로 높게 나타난다. 또한 해발고도 500-800m에서 지형에 의한 차단효과가 적은 상층풍의 영향으로 특히 야간에 매우 추운 태백(소백산맥 지역)과 남한의 북부지역이 이에 속한다. 단, III지역 중, 관측소가 없지만 1000m이상의 해발고도를 나타내는 고산지역에서는 주·야간 모두 극도로 추운 체

감도를 나타낼 것으로 예상된다.

4) IV지역: 주·야간 모두 추움형

이 지역은 최한월 바람냉각지수에 의하여 주간에 크게 느껴지고(700-900kcal/m²h), 야간에는 매우 크게 느껴지는(900-1100kcal/m²h) 지역으로 국지적으로 울릉도에서만 나타나는 생리기후이다. 이 지역은 동한 난류의 영향으로 일최저기온과 일최고기온이 서해안에 비하여 3-5°C높지만 풍속이 4 m/s 이상으로 매우 강하며, 특히 주간에는 일사량이 60kcal/m²h 정도로 경상북도 지역의 1/2에 지나지 않아 매우 추움의 체감도를 나타낸다.

5) V지역: 주간 추움-야간 극도로추움형

이 지역은 최한월 바람냉각지수에 의하여 주간에는 크게 느껴지고(700-900kcal/m²h), 야간에는 극도로 추운(1100-1300kcal/m²h) 생리기후학적으로 남한에서 극한지로 꼽을 수 있는 지역이다. 이러한 체감도는 주로 태백산맥과 소백산맥 및 제주도의 해발고도 800m 이상 높은 산악지역을 중심으로 전형적으로 나타나는 생리기후적 특징이다. 이 지역은 기온감률에 의하여 일최고기온이 0°C 이하, 일최저기온이 -12°C 이하로 평지에 비하여 매우 낮을 뿐 아니라 4 m/s의 강풍이 불어 특히 야간에 극도로 추운 생리기후를 보이는 지역이다. 특히 겨울철에 이 지역은 일사량이 120kcal/m²h 이상으로 많지만, 피복된 눈으로 인하여 반사율(albedo)이 높아 주간 기온 하강을 촉진시킨다. 본 연구에서는 사용된 자료에는 관측소가 없어서 정확한 고산지역의 생리기후를 결론짓기는 어렵지만 태백산, 지리산, 한라산 등의 해발고도 1000m이상의 높은 산 정상에는 주야간 모두 극도로 추운 체감도를 나타낼 것으로 예상된다.

6. 결론

본 연구는 남한의 30년 평균(1971-2000) 겨울철 최한월의 주간과 야간의 바람냉각 지수를 바탕으로 겨울철 생리 기후지역을 구분하여 지역별 기후요소 및 인자와의 관련성을 살펴 보았다. 그 결과 주간 일사량을 고려한 주간과 야간의 바람냉각

지수는 뚜렷한 차이를 보였으며, 다양한 기후요소와 기후인자의 영향을 받아 그 공간적인 분포도 다양하게 나타났다. 이러한 남한의 겨울철 최한월 주·야간 바람냉각지수에 나타난 생리기후 유형에 따라 크게 5개의 상이한 생리기후 지역이 구분되었다: 주간 서늘-야간 추움 지역, 주간 쌀쌀-야간 추움 지역, 주간 쌀쌀-야간 매우추움 지역, 주·야간 모두 추움 지역, 주간 추움-야간 극도로 추움 지역.

특히 남한에서 주간과 야간 모두 바람냉각 지수가 높아서 겨울철 체감온도가 낮은 곳은 대관령, 추풍령 등의 산악지역과, 서해안 대부분 지역과 동해안 북부 지역, 제주도, 그리고 울릉도를 포괄하는 해안-도서 지역 등 크게 두 지역으로 양분되었다. 또한 우리나라와 같이 삼면이 바다로 둘러싸인 해안-도서지역은 겨울철 강한 계절풍 및 해륙풍의 영향으로, 해발고도가 높은 산악지역은 기온감률 및 상층풍의 영향으로 주야간의 바람냉각지수가 낮게 나타나고 있다. 특히, 주변 산지의 풍속 저감 효과가 나타나는 강원 영서 내륙 분지지역, 소백산맥 북서부 내륙 지역, 소백산맥 남서부 내륙 지역에서는 풍속이 1.5 m/s이하를 보이면서 주야간 바람냉각지수도 낮게 나타났다. 이와 대조적으로, 주간과 야간의 바람냉각지수가 낮아서 체감온도가 높아 겨울철 추위가 덜한 곳은 주·야간에 따라서 다르게 나타났다. 주간에는 소백산맥 이남의 거창, 합천 지역이, 야간에는 제주도와 소백산맥 북서부의 전주, 정읍, 남원 지역이 바람냉각지수가 낮아서 다른 지역에 비해 체감기온이 높게 나타났다. 또한 대관령 및 영주, 울진, 의성 등 경상북도 지역은 주간 일사량이 많아서 주야간의 바람냉각 지수 차이가 많이 나는 반면, 제주도와 울릉도는 주간 일사량이 적어서 주야간 바람냉각지수의 차이가 적게 나타났다.

차후에는 이러한 주·야간 바람냉각 지수의 일별 혹은 시간별 시계열에서 나타난 경년 변동을 연구할 필요성이 제기된다. 더불어, 본 연구에서 밝혀진 주·야간 바람냉각지수에 의해 구분된 남한의 겨울철 생리기후 유형별 지역적 특성이 실제 인간 생활에 미치는 영향을 바탕으로, 지역별로 가장 적합한 의복 및 건축 단열 대책에 관한 지표 개발하는 일이 요구된다. 또한, 국지적으로 겨울철

산악등반과 관련하여 자동기상관측(AWS) 자료를 이용하여 해발 고도 1000m 이상의 고산 지역의 주·야간 바람냉각 지수의 변화도 연구할 필요성이 제기된다.

文 獻

강철성, 1997, “한국의 열감분포에 관한 생리 기후학적 연구”, 대한지리학회지, 32(2), 129-140.

김혜정, 1988, 남한의 wind chill에 관한 연구, 이화여자대학교 석사학위논문.

박순용, 1990, “한반도에서 3차원 해륙풍 수치 모델의 결과”, 한국기상학회지, 26(2), 78-103.

이병설, 1979, “남한의 강설분포에 관한 연구”, 지리학과 지리교육, 9, 224-235.

이종범, 전상호, “한국의 기후구분에 관한 연구-Comfort Index-에 의하여”, 한국기상학회지, 18(1), 39-52.

전경은, 1971, “Wind chill에 의한 남한 기후의 분석”, 한국기상학회지, 7(1), 33-39.

전경은, 1974, “한랭기후에서의 쾌감지수”, 지리학, 9, 37-41.

기상청, 2001, 한국 기후표(1971-2000).

Lerchl A., 1998, Changes in the seasonality of mortality in Germany from 1946 to 1995: the

role of temperature, *International Journal of Biometeorology*, 42(2), 84-88.

McGregor G. R., 2001, The meteorological sensitivity of ischaemic heart disease mortality events in Birmingham, UK., *International Journal of Biometeorology*, 45(3), 133-142.

Oke, T.R., 1987, *Boundary Layer Climate*(2nd ed.), Routledge.

Siple, P. A. and Passel, C. F., 1945, Measurement of dry atmospheric cooling subfreezing temperature, *Proceedings of American Philosophy Society*, 89, 17-99.

Steadman, R. G., 1971, Indices of wind chill of Clothed Persons. *Journal of Applied Meteorology*, 10(4), 674-683.

Tromp, S. W., 1980, *Biometeorology: The Impact of the Weather and Climate on Humans and Their Environment(Animals and Plants)*, London: Heyden.

<http://www.kma.go.kr/>

[http://www.msc-smc.ec.gc.ca/windchill/Science_ equations_e.cfm](http://www.msc-smc.ec.gc.ca/windchill/Science_equations_e.cfm)

<http://www.nfrda.re.kr/kodc/>

원 고 접 수 일 2002. 6. 3
 최종원고접수일 2002. 9. 2