

## 남한의 연 누적 온습도 지수에 따른 생리기후유형의 특성\*

강철성\*\*

### The Characteristics of Bioclimatic Types According to Annual Cumulative Temperature-Humidity Index in South Korea\*

Chulsung Kang\*\*

**요약** : 본 논문에서는 인간 생활에 기본이 되는 온도, 상대습도를 기초로 하여 인간의 온열감을 측정하여 남한의 온열감 분포의 특성과 기후유형을 파악하였다. 연구 방법은 설문지 검사를 통하여 온습도 지수 공식을 이용, 월별 온열감, 연 누적 온열감 지수를 계산하였다. 월별 온열감 지수 분석 결과 온열감의 지역적 차이는 위도 및 고도, 지형적 요인, 기단체계에 따른 영향으로 나타났다. 연 누적 온열감 지수분포는 대체로 남쪽에서 북쪽으로 갈수록, 해안에서 내륙으로 갈수록 기후 스트레스가 증가하였다. 이러한 원인으로 겨울의 추위 스트레스와 여름의 더위 스트레스가 높기 때문에 나타나는 현상으로 사료된다. 연 생리 기후유형은 쾌적함(M)기후유형, 극히 무더움(ES)유형, 쾌적함-극히 무더움(M-ES)유형, 쾌적함-무더움(M-S)유형, 더움-극히 무더움(W-ES)유형, 서늘함-극히 무더움(C-ES)유형, 서늘함-쾌적함(C-M)유형, 서늘함-쾌적함-극히 무더움(C-M-ES)유형으로 도합 8개의 기후유형으로 구분된다.

**주요어** : 온열감, 온습도 지수, 연 누적 온열감 지수, 기후 스트레스, 연 생리 기후유형

**Abstract** : The purpose of this paper is to analyze thermal sensation which is measured by human physioclimatic reactions in South Korea. Relationships between Temperature-Humidity Index(THI) and human thermal sensation scale are derived from a questionnaire, which investigates degree of volunteer's thermal sensation with respect to each biometeorological condition. Analyses of these empirical relationships make it possible to calculate thermal sensation indices and to classify bioclimatic types for individual weather stations based on long-term(1971-2000) averages of monthly temperature and humidity data. A generalized annual physioclimatic maps for each Annual Cumulative Thermal Sensation Index for the 68 stations are constructed to show men tend to feel in various areas. The Monthly thermal sensations are affected by latitude, altitude, orographic effects and systems of airmasses. The Annual Cumulative Thermal sensations are increasing towards northern areas and inland, and that the major factors are largely derived from cold stress in winter. The Annual Physioclimatic Types are grouped 8 climatic types(M, ES, M-ES, M-S, W-ES, C-ES, C-M, C-M-ES) according to climatic stress. Results of this study can be applied for evaluation of thermal environment in our daily activities, and for searching relevant sports training-sites, climotherapy etc.

**Key Words** : thermal sensation, temperature-humidity index, annual cumulative thermal sensation index, climatic stress, annual physioclimatic type

\* 이 논문은 2007학년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비에 의하여 연구되었음(This work was supported by the research grant of the Chungbuk National University in 2007).

\*\* 충북대학교 사범대학 지리교육과 조교수(Assistant professor, Department of Geography Education, Chungbuk National University), kangchul52@hanmail.net

## 1. 서론

인간생활과 자연과의 조화를 가장 잘 표현한 중국 최고의 의학서인 황제내경소문(黃帝內經素問)에 “하늘의 나쁜 기운이 인간의 오장(五臟)을 해하고, 물의 찬기는 육부(六腑)를 해한다. 땅의 습기를 받으면 곧 피육근맥(皮肉筋脈)이 상하게 된다”고 기록되어 있다(神山惠三, 1994). 이처럼 역사 이전부터 현대에 이르기까지 인간은 쾌적한 자연환경을 추구하기위해 많은 노력을 기울여왔지만, 이것이 과학적으로 체계화되고 생리기후학이라는 학문으로 자리 잡은 것은 비교적 최근의 일이다. 특히 1990년대 이후 세계 각국에서는 지구온난화로 인한 자연재해 및 인간생활에 대한 연구를 지속적으로 수행하여 왔다(Easterling *et al.*, 1997; Breiling and Charanza, 1999; Chao and Wood, 1999; Elsasser and Burki, 2002). 또한 온난화로 인한 주간과 야간의 높은 기온과 습도는 인체에 복사, 냉각 작용과 발한 작용으로 인해 육체 및 정신 활동을 저하시켜 피로감을 누적시켜 열 스트레스를 유발한다. 그리고 무더위로 인한 수면부족은 인간의 주간 경제생산 활동을 떨어뜨릴 뿐만 아니라 신경성 노이로제 및 불쾌감을 촉발시켜 사소한 분쟁 내지 심지어 범죄 발생율이 증가하고 있다. 근래에는 체감온도(Apparent Temperature)를 이용하여 높은 온도와 습도가 함께 나타날 때 위험을 예보할 수 있는 열지수가 개발되었고(Steadman, 1984), 날씨스트레스 지수(Weather Stress Index)라는 상대적인 기후지수의 이용 방안도 연구되었다(Kalkstein and Valimont, 1987). 또한 여름철에 기온과 상대습도를 이용하여 체감정도를 나타낸 순 유효온도(Net Effective Temperature)가 고안되었으며(Hentschel, 1987), 이것은 바람의 영향을 고려하여 겨울철에도 적용 가능한 대표적인 지수로 활용되었다.

국내의 생리기후학에 관한 연구는 쾌적 지수를 이용하여 한반도의 열 긴장도(heat stress) 분포를 제시한 연구(이종범·전상호, 1982), 체감온도(Apparent Temperature)를 이용하여 서울의 생활 쾌적도를 평가한 연구(윤진일·봉종현, 1987)등이 있다. 또한 쾌적 지수를 이용하여 생리기후유형 및 특성을 분석한 연구

(강철성, 1985)와 온도와 습도, 기류, 복사열, 착의량, 작업강도를 이용한 신유효온도(ET\*)를 중심으로 한국의 열감분포에 관한 생리기후학적 연구(강철성, 1997)도 있다. 최근에는 기온, 습도 바람 자료를 이용하여 날씨스트레스지수 값의 시공간적 분포 특성을 분석한 연구(허인혜 외, 2004), 기온과 습도를 동시에 고려한 열지수(Heat Stress)를 이용하여 여름철 높은 열지수 발생빈도의 분포를 분석한 연구(최광용 외, 2002), 우리나라 대도시의 주·야간 극심한 무더위가 심혈관 질병을 가지고 있는 노약자의 사망자 수를 증가시키고 있는 것으로 밝혀진 연구도 발표되었다(최광용 외, 2005).

체감기온을 나타내는 국내외의 대표적인 연구들은 정량적 기준에 의한 기온과 습도, 기온과 바람의 두 가지 변수를 이용하여 제한된 정보만을 제공해 주고 있다. 즉 열지수는 여름철에, 바람 냉각지수는 겨울철에만 유용하다. 그러나 본 연구에서는 기온과 습도 두 가지 변수이지만, 전 계절에 걸쳐 적용할 수 있는 온열감(thermal sensation)에 대한 설문조사 결과를 바탕으로 가장 적합한 지수로 온습도 지수를 활용하게 되었다. 오늘날 널리 알려진 온습도지수(불쾌지수)는 1957년에 Thom이 고안한 인체의 온열감을 나타내는 지수이다(中橋美智子·吉田敬一, 1994). 이 지수는 바람의 요소가 들어있지 않으므로 실외의 체감과는 부합되지 않는 면이 있으나 일반적으로 실내 무더위의 척도를 나타낼 수 있는 일상생활의 중요한 도구로 인식하고 기상청에서도 예보에 활용하고 있다(<http://www.kma.go.kr/>).

따라서 본 연구에서는 기온, 습도에 의한 온습도지수를 산출하여 월별 온열감, 연 누적 온열지수 분포 특성을 파악하고 온열감 척도에 의해 남한 지역을 생리기후유형으로 구분하였다.

## 2. 연구 자료 및 방법

인체는 전도, 대류, 복사, 증발 등에 의한 열의 출입이 원만하게 이루어져서 열평형을 유지할 때는 쾌적감을 느끼고, 그렇지 못할 때는 불쾌감을 느낀다.

체감의 표시를 물리량으로 다룰 수 있게 하기 위해 1919년이 Hill이 고안한 카타온도계가 있다. 또한 1930년에 Vernon이 고안한 특수 온도계인 흑구온도계(globe thermometer) 등이 있고, 생리반응에 기초한 지표로 1947년에 McArdle이 개발한 지표로 예측발한량(predicted sweat rate, PSR) 지표가 있다. 이는 고온 환경과 노동에 적응하여 단련된 청년이 4시간 동안에 흘릴 것으로 예상되는 발한량에 의해서 환경을 평가하는 지표이다(佐佐木隆, 1989). 주관적 경험 지표로는 1923년 Houghton and Yaglou가 기온, 습도와 바람 3요소를 조합하여 인간의 온열감을 나타내는 지수로 유효온도(effective temperature, ET)가 있는데, 이것은 냉난방 환경 등의 인공 환경의 평가에 사용된다. 또 1957년에 Yaglou and Minard에 의해 제안된 습구흑구 온도지수(wet-bulb globe thermometer index)는 사무실, 작업장의 열환경 평가나 고열환경 기준의 판정에 사용되고 있고, 옥스퍼드지수(Oxford index)는 고열환경에 대한 지수의 일종으로 고열의 인내의 허용 시간이나 열허탈 발생까지의 시간과 상관성이 높다고 알려져 있다(佐佐木隆, 1989). 다음으로 온습도 지수(불쾌지수)는 1957년 Thom이 제창한 것으로 기온과 습도의 조합으로 구성되어 있다. 이 지수는 여름철 실내의 무더위의 기준으로만 사용되고 있다. 따라서 본 연구에서는 이 지수를 사용하여 남한의 연누적 온열감 지수를 산출하여 그 공간적 분포 특성 및 연 생리기후 유형을 구하고자 하였다.

본 연구에 이용된 기상청 관측지점은 30년 내외의 평균값을 가지는 29개 지점의 기상대, 32개 지점의 측후소, 15년 내외의 평균값을 갖는 4개 지점의 기상대와 3개 지점의 측후소, 도합 68개 지점이다(그림 1). 이들 각 지점의 평균 기온과 평균 상대습도의 자료가 이용되었다. 연구에 이용된 자료는 기상청 발행 1971~2000 년간의 통계자료를 사용하였다. 통계 연수의 차이 문제는 평균치이기 때문에 큰 문제가 되지 않는다고 가정하고, 남한 68개 지점에 대한 월평균 기온과 상대습도를 이용하여 온습도 지수를 산출하였다.

본 연구에서는 서울시내 한 고등학교를 대상으로 온열감 측정을 실시하였다. 조사 집단의 표본 크기는 모비율(p)추정에서의 90% 추정, 오차한계 5%가 되기 위

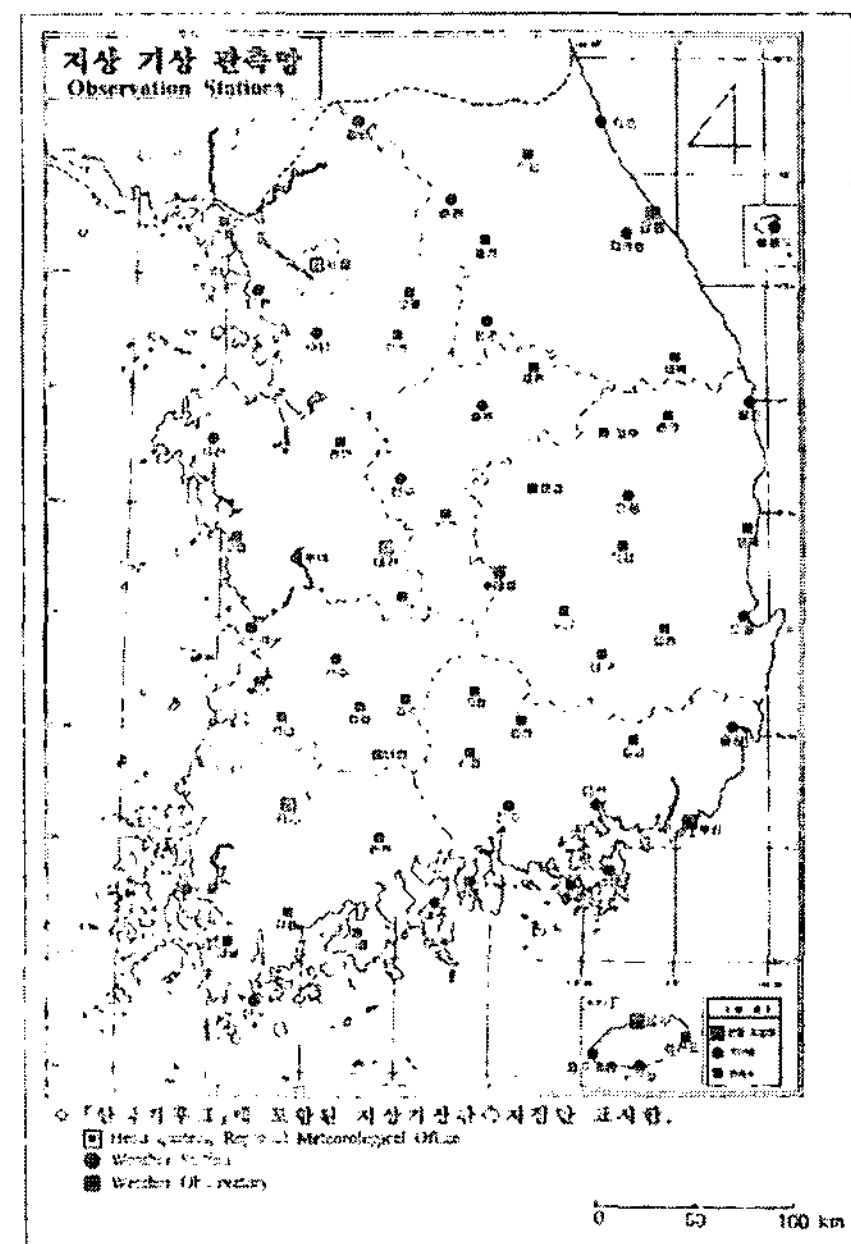


그림 1. 본 연구에서 이용된 68개 관측지점

한 18세 연령층의 남자 300명의 학생이다. 이들을 각각 50명씩 6개 집단으로 구분하고, 6개의 교실 공간(각 168m<sup>3</sup>)에서 건습계를 이용하여 1점 측정법으로 실내의 온도, 습도를 이용하여 온습도 지수를 계산하여 온열감을 측정하였다. 측정횟수는 1일 9회(08:30, 09:30, 10:30, 11:30, 12:30, 13:30, 14:30, 15:30, 16:30)에 걸쳐 실시하였다.

측정 기간은 하절기에는 6월 7일~6월 10일, 8월 7일~8월 10일까지, 동절기에는 12월 4일~12월 8일, 1월 7일~1월 10일까지 실시하여 온열감 반응에 대한 설문지 조사를 시행하였다. 실험 대상 학생들은 개인차, 의복 착용의 차이, 작업 활동량의 차이 등의 서로 다른 조건하에서 모든 사람을 만족시키는 온열감 측정은 있을 수 없으므로 실험 대상 학생들의 조건을 가능한 범위 내에서 같게 하였다. 즉 온도, 습도를 일정하게 유지하는 착의 상태(교복)로 설문 조사에 응하게 하였다.

설문 조사에는 인체가 느끼는 쾌적함을 중심으로 그보다 온난한 것을 3개의 구분으로, 그보다 한랭한 정도를 3개의 구분으로 도합 7개의 구분으로 하는 척도를 사용하였다.

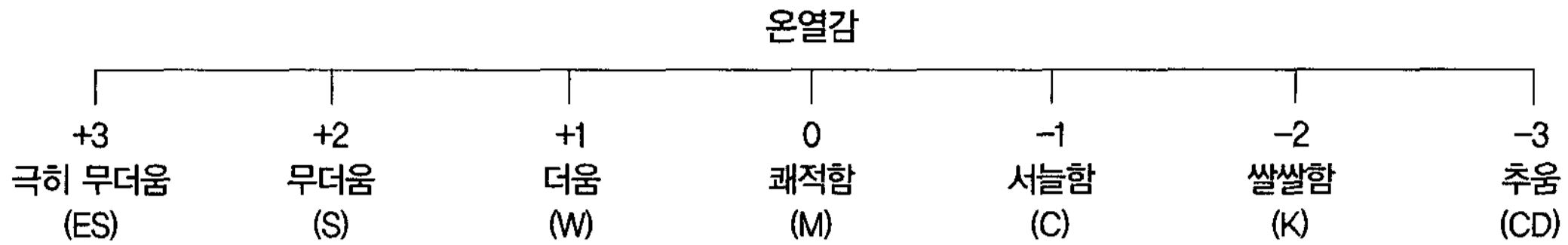


그림 2. 온열감 척도(thermal sensation scale)

위의 7개의 온열감 척도에 따른 온습도 지수의 범위는 미국 냉난방 환기 공학회(American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)에서 설정한 쾌적 환경 기준치인 만족도 80% 기준을 따랐다(ASHRAE, 1992). 위의 7개의 온열감 척도의 구분은 극히 무더움(extremely sultry; +3), 무더움(sultry; +2), 더움(warm; +1), 쾌적함(mild; 0), 서늘함(cool; -1), 쌀쌀함(Keen; -2), 추움(cold; -3)의 척도로 표현하였다(그림 2).

따라서 이에 해당하는 온습도 지수를 계산하는 방법은 다음과 같다.

(1) 온습도 지수(Temperature-Humidity Index): 온습도 지수는 원래 화씨 단위의 값으로 구하였으나 섭씨 단위로 환산하여 사용하고 있다.

$$THI=0.72(\text{건구온도}+\text{습구온도})+40.6$$

그러나 기온과 습도만으로 공식을 유도할 수 있는데 다음과 같다.

$$THI=1.8T_a-0.55(1-RH)(1.8T_a-26)+32$$

이 식으로 남한의 68개 지점의 온습도 지수를 구한 다음 온열감 척도를 이용하여 온열감 지수(Thermal Sensation Index: TSI)를 구하였다.

(2) 위의 온열감 지수를 기초로 하여 연 누적 온열감 지수(Annual Cumulative Thermal Sensation Index: ACTSI)를 다음과 같이 구하였다.

$$\text{연 누적 온열감지수: ACTSI}=\sum_1^{12}(TSI)^2$$

이상의 (1), (2)를 기초로 연 누적 온열감 지수의 지역적 분포를 지도로 나타내고, 월별 공간적 분포 특성 및 남한의 연 생리기후 유형을 구분하였다( 위의 9개 계급을 이하 ES, S, W, M, C, K, CD로 각각 정한다).

### 3. 한국인의 온습도 지수에 따른 월별 온열감 특성

#### 1) 온습도 지수와 월별 온열감 분포 특성

기후에 대한 인간의 쾌적감이란 기온, 복사량, 상대 습도 및 바람과 같은 기후요소와 개개인의 인체에 기인되는 심리적 요인, 개성, 문화적 특질 등에 의하여 결정되기 때문에 모든 기후에 공통적으로 적용될 수 있는 지표 설정은 어렵다.

본 연구에서는 고등학교 학생들을 대상으로 한 한국인의 온열감에 대한 설문 조사 결과 응답자 80.8%가 온습도 지수 61~75에서 쾌적감을 느끼고, 지수 값 76~80에서는 응답자의 72.2%가 덥다고 하였다. 지수 값 81~84에서는 80.1%가 무덥고, 85 이상에서는 98.8%가 몹시 무덥다고 응답하였다. 한랭감은 지수 값 55~60에서는 81%가 서늘함, 지수 값 51~54에서는 86%가 쌀쌀함, 지수 값 50 이하에서는 95%가 추움으로 응답하였다(표 1).

온열감 척도(그림 2)를 기준으로 남한의 68개 지점의 월별 온열감 지수와 연 누적 온열감 지수 및 기후유형을 각각 구하였다(표 2). 그 분포 지역을 월별로 살펴보면 다음과 같다.

온열감 분포는 1월에는 M, C, K, CD 지역으로 구분된다. 가장 쾌적한 M 지역으로 서귀포, C 지역으로는 울진, 포항, 울산, 마산, 부산, 통영, 목포, 완도, 제주, 제주 고층, 진주, 장흥, 해남, 고흥, 성산포, 영덕, 밀양, 거제, 남해 지역이다. K 지역은 속초, 강릉, 울릉도, 대전, 추풍령, 안동, 군산, 대구, 전주, 광주, 여수, 보령, 부여, 금산, 부안, 임실, 정읍, 남원, 장수, 순천, 춘양, 문경, 의성, 구미, 영천, 거창, 합천, 산청 지역이

표 1. 온습도 지수에 따른 온열감의 비율(%)

온열감 온습도지수	몹시 무더움 (ES)	무더움(S)	더움(W)	쾌적함(M)	서늘함(C)	쌀쌀함(K)	추움(CD)
50 이하	0	0	0	0	0	5	95
51~54	0	0	0	1	8	86	5
55~60	0	0	2.7	9.5	81	6.8	0
61~75	0	3.6	10.2	80.8	5.2	0.2	0
76~80	0	24	72.2	3.8	0	0	0
81~84	19.9	80.1	0	0	0	0	0
85 이상	98.8	0.2	0	0	0	0	0

자료: 설문조사

다. 가장 추운 지역인 CD 지역은 철원, 대관령, 춘천, 서울, 인천, 원주, 수원, 충주, 서산, 청주, 강화, 양평, 이천, 인제, 홍천, 태백, 제천, 보은, 천안, 영주 등이다. 2월은 1월과 유사한 지역 분포를 보이나 M 지역이 서귀포, 제주, 성산포, 밀양 지역이고, CD 지역은 대관령 뿐, 그 외 지역은 대체로 CD 지역이 K 지역, K 지역이 C 지역으로 바뀌었다.

3월은 C, M 지역으로 구분되며, C 지역으로 대관령, 인천, 울릉도, 태백 지역이고 나머지는 모두 M 지역이다. 4월은 M, W 지역으로 구분되며, W 지역으로 안동, 포항, 대구, 전주, 홍천, 금산, 정읍, 남원, 영덕, 의성, 합천 지역이고, 나머지는 M 지역으로 나타난다. 5월은 M, W, S 지역으로 구분되며, S 지역이 두드러지게 나타나는 것으로 춘천, 강릉, 충주, 울진, 안동, 포항, 대구, 전주, 울산, 진주, 양평, 홍천, 부여, 정읍, 남원, 순천, 춘양, 문경, 영덕, 의성, 구미, 영천, 거창, 합천, 밀양, 산청 등이다. M 지역으로 대관령, 울릉도, 완도 지역이고, 그 외 나머지는 W 지역이다.

6월은 W, S, ES 지역으로 구분된다. 극히 무더운 ES 지역이 출현되며, 춘천, 강릉, 원주, 충주, 청주, 대전, 안동, 포항, 대구, 전주, 울산, 광주, 진주, 양평, 이천, 인제, 홍천, 부여, 금산, 정읍, 남원, 순천, 춘양, 영주, 문경, 영덕, 의성, 구미, 영천, 거창, 합천, 밀양, 산청 등이다. W 지역으로 대관령, 울릉도, 부산, 통영, 여수, 완도, 제주 고층, 서귀포 지역이고 나머지는 무더운 S 지역으로 나타난다. 7월은 S, ES 지역으로 구분된

다. S 지역으로 대관령, 울릉도, 태백 지역만이 무더운 지역이고 나머지는 모두 극히 무더운 지역이다. 7월은 남한의 모든 지역이 불쾌감이 매우 높은 지역으로 나타난다. 8월 역시 7월과 같은 분포 패턴이다.

9월은 M, W, S, ES 지역으로 구분되나, 오직 대구 지역만이 ES 지역, M 지역은 대관령, W 지역으로 속초, 울릉도, 태백, 장수, 그 외 나머지는 S 지역이다. 10월은 M, W 지역을 구분되며, W 지역으로 서산, 청주, 포항, 대구, 전주, 울산, 마산, 광주, 목포, 서귀포, 진주, 부여, 금산, 부산, 임실, 정읍, 남원, 순천, 장흥, 해남, 고흥, 성산포, 영덕, 의성, 구미, 영천, 거창, 합천, 밀양, 산청, 남해 등이며, 그 외 지역은 M 지역이다. 11월은 M, C 지역으로 구분되고, C 지역으로 대관령 지역 뿐, 나머지는 M 지역이다.

12월은 1월과 유사한 패턴을 보이나 대관령만 CD 지역이고, 나머지 지역은 CD 지역이 K 지역, K 지역이 C 지역, C 지역이 M 지역으로 한 단계 낮게 표현된다. 12월에 쾌적감 분포를 보이는 M 지역으로는 포항, 울산, 마산, 부산, 통영, 목포, 제주, 제주 고층, 서귀포, 순천, 장흥, 해남, 고흥, 성산포, 밀양 등이다.

이러한 월별 온열감의 지역적 차이는 위도 및 고도, 지형적 요인에 의한 영향, 계절별 기단체계의 유형(기류의 유입 방향)등으로 나타나고, 특히 7월, 8월경의 온열감 지수가 높게 나타나는 원인은 장마기의 높은 습도와 장마가 끝난 후 성하기의 높은 고온현상으로 기인된다. 뿐만 아니라 하계와 동계의 온열감 지수가

표 2. 남한 각 지점의 온열감지수와 연 누적 온열감 지수 및 연 생리기후유형

월 지점	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	ACTSI	APT
속초	-2 K	-1 C	0 M	0 M	1 W	2 S	3 ES	3 ES	1 W	0 M	0 M	-1 C	30	<sup>212</sup> M4 21
철원	-3 CD	-2 K	0 M	0 M	1 W	2 S	3 ES	3 ES	2 S	0 M	0 M	-2 K	44	<sup>122</sup> M4 021
대관령	-3 CD	-3 CD	-1 C	0 M	0 M	1 W	2 S	2 S	0 M	0 M	-1 C	-3 CD	38	<sup>12</sup> M4 203
춘천	-3 CD	-2 K	0 M	0 M	2 S	3 ES	3 ES	3 ES	2 S	0 M	0 M	-2 K	52	<sup>023</sup> M4 021
강릉	-2 K	-1 C	0 M	0 M	2 S	3 ES	3 ES	3 ES	2 S	0 M	0 M	-1 C	41	<sup>023</sup> M4 210
서울	-3 CD	-2 K	0 M	0 M	1 W	2 S	3 ES	3 ES	2 S	0 M	0 M	-2 K	44	<sup>122</sup> M4 021
인천	-3 CD	-2 K	-1 C	0 M	1 W	2 S	3 ES	3 ES	2 S	0 M	0 M	-2 K	45	<sup>122</sup> M3 121
원주	-3 CD	-1 C	0 M	0 M	1 W	3 ES	3 ES	3 ES	2 S	0 M	0 M	-2 K	46	<sup>113</sup> M4 111
울릉도	-2 K	-2 K	-1 C	0 M	0 M	1 W	2 S	3 S	1 W	0 M	0 M	-1 C	20	<sup>22</sup> M4 22
수원	-3 CD	-1 C	0 M	0 M	1 W	2 S	3 ES	3 ES	2 S	0 M	0 M	-1 C	38	<sup>122</sup> M4 201
충주	-3 CD	-1 C	0 M	0 M	2 S	3 ES	3 ES	3 ES	2 S	0 M	0 M	-1 C	46	<sup>023</sup> M4 021
서산	-3 CD	-2 K	0 M	0 M	1 W	2 S	3 ES	3 ES	2 S	1 W	0 M	-1 C	42	<sup>222</sup> M4 111
울진	-1 C	-1 C	0 M	0 M	2 S	2 S	3 ES	3 ES	2 S	0 M	0 M	-1 C	33	<sup>032</sup> M4 3
청주	-3 CD	-1 C	0 M	0 M	1 W	3 ES	3 ES	3 ES	2 S	1 W	0 M	-1 C	44	<sup>12</sup> M4 213
대전	-2 K	-1 C	0 M	0 M	1 W	3 ES	3 ES	3 ES	2 S	0 M	0 M	-1 C	38	<sup>113</sup> M4 21
추풍령	-2 K	-1 C	0 M	0 M	1 W	2 S	3 ES	3 ES	2 S	0 M	0 M	-1 C	33	<sup>113</sup> M4 210
안동	-2 K	-1 C	0 M	1 W	2 S	3 ES	3 ES	3 ES	2 S	0 M	0 M	-1 C	42	<sup>122</sup> M4 210
포항	-1 C	-1 C	0 M	1 W	2 S	3 ES	3 ES	3 ES	2 S	1 W	0 M	0 M	39	<sup>12</sup> M3 ES3 21
군산	-2 K	-1 C	0 M	0 M	1 W	2 S	3 ES	3 ES	2 S	0 M	0 M	-1 C	33	<sup>122</sup> M4 21
대구	-2 K	-1 C	0 M	1 W	2 S	3 ES	3 ES	3 ES	3 ES	1 W	0 M	-1 C	48	ES4 12221
전주	-2 K	-1 C	0 M	1 W	2 S	3 ES	3 ES	3 ES	2 S	1 W	0 M	-1 C	43	ES4 22221
울산	-1 C	-1 C	0 M	0 M	2 S	3 ES	3 ES	3 ES	2 S	1 W	0 M	0 M	38	<sup>123</sup> M4 2
마산	-1 C	-1 C	0 M	0 M	1 W	2 S	3 ES	3 ES	2 S	1 W	0 M	0 M	30	<sup>222</sup> M4 2

표 2. 계속

월 지점	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	ACTSI	APT
광주	-2 K	-1 C	0 M	0 M	1 W	3 ES	3 ES	3 ES	2 S	1 W	0 M	-1 C	39	21 M3 ES3 21
부산	-1 C	-1 C	0 M	0 M	1 W	1 W	3 ES	3 ES	2 S	0 M	0 M	0 M	26	212 M5 2
통영	-1 C	-1 C	0 M	0 M	1 W	1 W	3 ES	3 ES	2 S	0 M	0 M	0 M	26	212 M5 2
목포	-1 C	-1 C	0 M	0 M	1 W	2 S	3 ES	3 ES	2 S	1 W	0 M	0 M	30	222 M4 2
여수	-2 K	-1 C	0 M	0 M	1 W	1 W	3 ES	3 ES	2 S	0 M	0 M	-1 C	30	212 M4 2
완도	-1 C	-1 C	0 M	0 M	0 M	1 W	3 ES	3 ES	2 S	0 M	0 M	-1 C	26	112 M5 3
제주	-1 C	0 M	0 M	0 M	1 W	2 S	3 ES	3 ES	2 S	0 M	0 M	0 M	28	122 M6 1
제주 고층	-1 C	-1 C	0 M	0 M	0 M	1 W	3 ES	3 ES	2 S	0 M	0 M	0 M	25	112 M6 2
서귀포	0 M	0 M	0 M	0 M	0 M	1 W	3 ES	3 ES	2 S	1 W	0 M	0 M	24	212 M7
진주	-1 C	-1 C	0 M	0 M	2 S	3 ES	3 ES	3 ES	2 S	1 W	0 M	-1 C	39	12 C3N3 ES3
강화	-3 CD	-2 K	0 M	0 M	1 W	2 S	3 ES	3 ES	2 S	0 M	0 M	-2 K	44	122 M4 021
양평	-3 CD	-1 C	0 M	0 M	2 S	3 ES	3 ES	3 ES	2 S	0 M	0 M	-2 K	49	023 M4 111
이천	-3 CD	-1 C	0 M	0 M	1 W	3 ES	3 ES	3 ES	2 S	0 M	0 M	-2 K	46	113 M4 111
인제	-3 CD	-2 K	0 M	0 M	1 W	3 ES	3 ES	3 ES	2 S	0 M	0 M	-2 K	49	113 M4 021
홍천	-3 CD	-1 C	0 M	1 W	2 S	3 ES	3 ES	3 ES	2 S	0 M	0 M	-2 K	50	21 M3 ES3 021
태백	-3 CD	-2 K	-1 C	0 M	1 W	2 S	2 S	2 S	1 W	0 M	0 M	-2 K	32	2 M3 S3 121
제천	-3 CD	-2 K	0 M	0 M	1 W	2 S	3 ES	3 ES	2 S	0 M	0 M	-2 K	44	122 M4 021
보은	-3 CD	-1 C	0 M	0 M	1 W	2 S	3 ES	3 ES	2 S	0 M	0 M	-1 C	38	122 M4 201
천안	-3 CD	-1 C	0 M	0 M	1 W	2 S	3 ES	3 ES	2 S	0 M	0 M	-1 C	38	122 M4 201
보령	-2 K	-1 C	0 M	0 M	1 W	2 S	3 ES	3 ES	2 S	0 M	0 M	-1 C	33	122 M4 21
부여	-2 K	-1 C	0 M	0 M	2 S	3 ES	3 ES	3 ES	3 ES	1 W	0 M	-1 C	47	ES4 11321
금산	-2 K	-1 C	0 M	1 W	1 W	3 ES	3 ES	3 ES	2 S	1 W	0 M	-1 C	40	1 W3 ES3 221
부안	-2 K	-1 C	0 M	0 M	1 W	2 S	3 ES	3 ES	2 S	1 W	0 M	-1 C	34	222 M3 21

표 2. 계속

월 지점	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	ACTN	APT
임실	-2 K	-1 C	0 M	0 M	1 W	2 S	3 ES	3 ES	2 S	1 W	0 M	-1 C	34	<sup>222</sup> M3 21
정읍	-2 K	-1 C	0 M	1 W	2 S	3 ES	3 ES	3 ES	2 S	1 W	0 M	-1 C	43	ES3 22221
남원	-2 K	-1 C	0 M	1 W	2 S	3 ES	3 ES	3 ES	3 ES	1 W	0 M	-1 C	48	ES4 12221
장수	-2 K	-1 C	0 M	0 M	1 W	2 S	3 ES	3 ES	1 W	0 M	0 M	-1 C	30	<sup>212</sup> M4 21
순천	-2 K	-1 C	0 M	0 M	2 S	3 ES	3 ES	3 ES	2 S	1 W	0 M	0 M	41	<sup>123</sup> M4 11
장흥	-1 C	-1 C	0 M	0 M	1 W	2 S	3 ES	3 ES	2 S	1 W	0 M	0 M	30	<sup>222</sup> M4 2
해남	-1 C	-1 C	0 M	0 M	1 W	2 S	3 ES	3 ES	2 S	1 W	0 M	0 M	30	<sup>222</sup> M4 2
고흥	-1 C	-1 C	0 M	0 M	1 W	2 S	3 ES	3 ES	2 S	1 W	0 M	0 M	30	<sup>222</sup> M4 2
성산포	-1 C	0 M	0 M	0 M	1 W	2 S	3 ES	3 ES	2 S	1 W	0 M	0 M	29	<sup>222</sup> M5 1
춘양	-2 K	-1 C	0 M	0 M	2 S	3 ES	3 ES	3 ES	2 S	0 M	0 M	-1 C	41	<sup>123</sup> M4 21
영주	-3 CD	-1 C	0 M	0 M	1 W	3 ES	3 ES	3 ES	2 S	0 M	0 M	-1 C	43	<sup>113</sup> M4 201
문경	-2 K	-1 C	0 M	0 M	2 S	3 ES	3 ES	3 ES	2 S	0 M	0 M	-1 C	41	<sup>023</sup> M4 21
영덕	-1 C	-1 C	0 M	1 W	2 S	3 ES	3 ES	3 ES	2 S	1 W	0 M	-1 C	40	<sup>222</sup> C3 ES3
의성	-2 K	-1 C	0 M	1 W	2 S	3 ES	3 ES	3 ES	2 S	1 W	0 M	-1 C	43	ES3 22221
구미	-2 K	-1 C	0 M	0 M	2 S	3 ES	3 ES	3 ES	2 S	1 W	0 M	-1 C	42	<sup>12</sup> M3 ES3 21
영천	-2 K	-1 C	0 M	0 M	2 S	3 ES	3 ES	3 ES	2 S	1 W	0 M	-1 C	42	<sup>12</sup> M3 ES3 21
거창	-2 K	-1 C	0 M	0 M	2 S	3 ES	3 ES	3 ES	2 S	1 W	0 M	-1 C	42	<sup>12</sup> M3 ES3 21
합천	-2 K	-1 C	0 M	1 W	2 S	3 ES	3 ES	3 ES	2 S	1 W	0 M	-1 C	43	ES3 22221
밀양	-1 C	0 M	0 M	0 M	2 S	3 ES	3 ES	3 ES	2 S	1 W	0 M	0 M	37	<sup>123</sup> M5 1
산청	-2 K	-1 C	0 M	0 M	2 S	3 ES	3 ES	3 ES	2 S	1 W	0 M	-1 C	42	<sup>12</sup> M3 ES3 21
거제	-1 C	-1 C	0 M	0 M	1 W	2 S	3 ES	3 ES	2 S	0 M	0 M	-1 C	30	<sup>122</sup> M4 3
남해	-1 C	-1 C	0 M	0 M	1 W	2 S	3 ES	3 ES	2 S	1 W	0 M	-1 C	31	<sup>222</sup> C3M3



높게 나타나는 지역은 대체로 내륙 분지에 위치하고 있으며, 하계에는 고온 다습한 북태평양 기단의 영향으로, 동계에는 시베리아 기단의 북서 기류의 영향을 직접 받는 내륙 산지 지역에 위치하고 있기 때문이다. 해안 지역은 내륙지역보다 비교적 온열지수가 한 단계 낮게 나타난다. 이는 겨울에 온화하고 여름에 고온 현상이 나타나지 않는 해양성 기후의 특색을 보이기 때문이라 사료된다.

#### 4. 연 누적 온열감 지수에 따른 온열감 분포

인간에 미치는 기후 스트레스는 지역마다 다르기 때문에 1년간 기후 스트레스의 정도를 측정하여 생리적 기후 특성을 살펴보는 것이 필요하다. 연 누적 온열감 지수는 다음 식으로 표시된다.

$$ACTSI = \sum_{1}^{12} (TSI)^2, \text{ (TSI는 온열감 지수)}$$

이 지수는 상대적 기후 스트레스를 측정하는데 이용되고 또 온열감 지수에 기준을 두기 때문에 그 지점의 기후적 온열감을 나타낸다. 여기서 연 누적 온열감 지수 값이 클수록 추위 스트레스(cold stress)나 더위 스트레스(heat stress)가 큰 것을 의미한다. 이 식에 의하여 남한 각 지점의 온열감 지수를 산출하여 연 누적 온열감 지수를 산출하였다(표 2). 또 표 2의 ACTSI 지수 값에 의해 연 누적 온열감 지수의 지역적 분포를 지도로 나타내었다(그림 3).

남한의 연 누적 온열감 지수 분포의 특성을 보면 대체로 남쪽에서 북쪽으로 갈수록, 해안에서 내륙으로 갈수록(추풍령, 임실, 장수 지역은 제외) 기후 스트레스가 증가함을 알 수 있다. 특히 춘천, 홍천, 인제를 중심으로 강원 영서 지역과 경기도 양평, 경북 내륙분지인 대구, 호남 내륙 분지인 남원 지역 등이 높은 기후 스트레스를 나타내는 지역이다. 기후 스트레스가 높은 원인으로 대륙성 기후의 특성으로 볼 수 있는데, 겨울은 한랭 건조하여 추위 스트레스가 높고, 여름은 고온 다습하여 열 스트레스가 높기 때문이다. 가장 낮은 기후 스트레스 지역은 울릉도, 그리고 서산 이남의 서해안 지역, 남해안 지역, 제주도 지역, 속초 이남의 동해

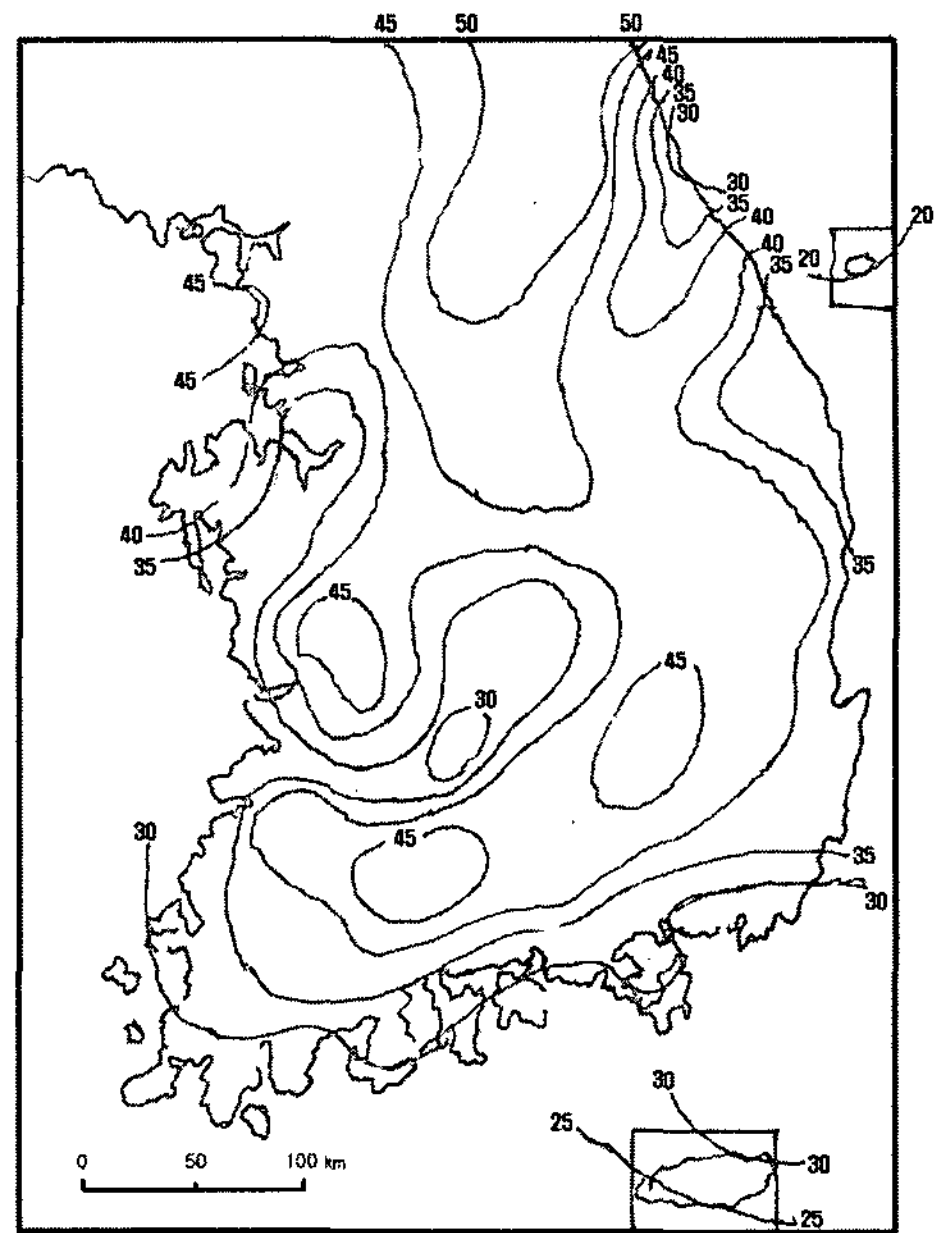


그림 3. 68개 지점의 연 누적 온열감 지수 분포

안 지역이 비교적 기후 스트레스가 낮은 지역이다. 추풍령과 전북 내륙 지역인 임실, 장수 지역도 기후 스트레스가 낮은 지역으로 볼 수 있다. 이는 겨울에 온화하고 여름에 고온현상이 뚜렷하게 나타나지 않는 해양성 기후의 특성과 내륙 산간 분지인 지형적 영향으로 간주할 수 있다. 기후 스트레스가 높은 지역은 착의량 조절, 실내 냉난방 온도조절로 쾌적감을 유지하고, 무더위에 발병하는 질병을 예방할 수 있으며 열 스트레스에 의한 사망률을 감소시키는 등에 적절한 조치를 취할 수 있다. 특히 기후 스트레스가 낮은 지역은 앞으로 관광 및 휴양, 전지 요양, 스포츠 전지훈련 등 생태적으로 지속 가능한 개발이 기대될 수 있는 지역이다.

#### 5. 연 생리 기후 유형

(Annual Physioclimatic Type: APT)

기후 유형은 '무엇'을 기준으로 분류하는 것이 중요하다. 지금까지 소지역의 기후유형은 해당 국가나 지역의 특성을 고려하여 지형, 식생, 토양 등의 특성에

따라 기후 구분이 행해 지는 것이 일반적이다. 특히 기후 유형을 구분하기 위한 주요 기후요소에 대한 연구 방법은 다양하다. 즉 증발량, 유효 강수량, 연교차 등을 이용하여 기후 유형이 시도되었고, 이 외에도 통계적 기법을 이용하여 기상 유형, 대륙도와 해양도, 기단 등의 복합된 기후요소도 고려되었다. 그러나 인간의 온열감도 기후유형의 지표가 될 수 있다. 따라서 본 연구에서 실제 생활에 적용할 수 있는 온습도 지수를 활용하여 사람이 느끼는 온열감, 즉 체감지수로 기후 유형 구분을 시도하였다.

연 누적 온열감 지수는 기후적인 스트레스 분포 파악에는 필수적이나 장기간에 걸친 평균적인 공간분포 패턴을 알 수 없기 때문에 다음과 같이 연 생리기후 유형으로 구분할 수 있다.

첫째로 지배 형은 하나의 기후 유형이 다른 유형보다 가장 많이 나타나는 형이며, 이에는 ES(Extremely type), S(Sultry), W(Warm), M(Mild), C(Cool), K(Keen), CD(Cold)가 있다.

둘째로 점이 형은 여러 유형의 기후가 같은 월수로 결합되어 있는 형이며, 이에는 2중형, 3중형으로 구분한다. 분석한 결과 남한에서는 2중형, 3중형도 나타나고 있다. 일반적으로 적용의 예를 들면 다음과 같다.

1) 한랭, 온난의 순으로 연속적으로 표기한다. 즉 CD-K-C-M-W-S-ES의 순서이다.

2) 지배 형 개월 수 위의 작은 숫자는 온난 개월 수를 나타내고, 아래의 작은 숫자는 한랭 개월 수를 나타낸다. 예를 들면 M이 4개월, W가 1개월, S가 1개월, ES가 3개월, C가 1개월, K가 1개월, CD가 1개월 이면  $M4_{111}^{113}$

3) 연속성이 이어지지 않을 때는 0을 적는다. 예를 들면  $M4_{012}^{122}$

4) 점이형인 경우에 W가 6개월, S가 6개월이면 W6S6, C가 3개월, M이 3개월 W가 1개월, S가 2개월, ES가 3개월이면 C3M3<sup>12</sup>ES3이다.

구체적인 예를 2)의 예에서 들면 가장 개월 수가 많은 M이 지배 형이므로 M4가 된다. 다음에 위의 작은 숫자는 M을 기준으로 온난 개월 W-S-ES 순으로 개월 수인 1,1,3이 되고, 아래의 작은 숫자는 M을 기준으로 한랭 개월 수가 C-K-CD 순으로 1, 1, 1이 된다. 따라서

$M4_{111}^{113}$ 으로 표시된다.

이러한 방법으로 남한 68개 지점별로 연 생리기후 유형을 나타내었다(표 2). 표 2에 의하면 남한은 가장 뚜렷한 지배형인 M 유형이 48개 지역, 그 다음으로 ES 유형이 7개 지역으로 분포한다. 다음으로 2중형인 M-ES 유형이 7개 지역, M-S 유형이 1개 지역, W-ES 유형이 1개 지역, C-ES 유형이 1개 지역, C-M 유형이 1개 지역으로 분포하고, 3중형인 C-M-ES 유형도 1개 지역으로 모두 8개의 기후 유형으로 구분된다. 월별 온열감 지수에 의한 8개의 기후 유형을 지점별로 나타내면 다음과 같다.

- (1) M 기후 유형(49) : 속초, 철원, 대관령, 춘천, 강릉, 서울, 인천, 원주, 울릉도, 수원, 충주, 서산, 울진, 청주, 대전, 추풍령, 안동, 군산, 울산, 마산, 부산, 통영, 목포, 여수, 완도, 제주, 제주 고층, 서귀포, 강화, 양평, 이천, 인제, 제천, 보은, 천안, 보령, 부안, 임실, 장수, 순천, 장흥, 해남, 고흥, 성산포, 춘양, 영주, 문경, 밀양, 거제
- (2) ES 기후 유형(7): 대구, 전주, 부여, 정읍, 남원, 의성, 함천
- (3) M-ES 기후 유형(7): 포항, 광주, 홍천, 구미, 영천, 거창, 산청
- (4) M-S 기후 유형(1): 태백
- (5) W-ES 기후 유형(1): 금산
- (6) C-ES 기후 유형(1): 영덕
- (7) C-M 기후 유형(1): 남해
- (8) C-M-ES 기후 유형(1): 진주

## 6. 요약 및 결론

본 논문에서는 인간 생리 및 생활에 기본이 되는 기후요소인 온도, 상대습도를 기초로 하여 인간의 온열감을 측정하여 남한의 온열감 특성과 기후 유형을 분석하였다.

월별 온열감 지수 분포의 분석 결과는 위도 및 고도, 지형적 요인에 의한 영향, 계절별 기단체계 등으로 나타나고, 특히 7월, 8월의 온열감 지수가 높게 나타나는

원인은 장마기의 높은 습도와 장마가 끝난 후 성하기의 높은 고온현상으로 기인된다. 또한 하계(6, 7, 8월)와 동계(12, 1, 2월)의 온열감 지수가 높게 나타나는 지역은 대체로 내륙 분지에 위치하고 있으며, 하계에는 고온다습한 북태평양 기단의 영향으로, 동계에는 시베리아 기단의 북서기류의 영향을 직접 받는 내륙 산지 지역에 위치하고 있기 때문이다. 해안 지역은 내륙 지역보다 온열지수가 한 단계 낮게 나타난다. 이는 겨울에 온화하고 여름에 고온현상이 나타나지 않는 해양성 기후의 영향을 받는 지역이기 때문이다.

연 누적 온열감 지수 분포의 특성은 대체로 남쪽에서 북쪽으로 갈수록, 해안에서 내륙으로 갈수록 기후 스트레스가 증가하는 경향을 보이고 있다. 기후 스트레스가 높은 원인으로 겨울은 한랭 건조하여 추위 스트레스가 높고, 여름은 고온다습하여 열 스트레스가 높기 때문이다. 기후 스트레스가 낮은 지역은 울릉도, 서산 이남의 서해안 지역, 남해안 지역, 제주도 지역, 속초 이남의 동해안 지역이고, 추풍령과 전북 내륙 지역인 임실, 장수 지역도 기후 스트레스가 낮은 지역이다. 전자는 겨울에 온화하고 여름에 고온현상이 뚜렷하게 나타나지 않는 해양성 기후의 특성 때문에, 후자는 내륙 산간 분지인 지형적 영향으로 나타나는 현상으로 볼 수 있다.

연 생리 기후유형은 M 기후유형, ES 기후유형, 2중형인 M-ES 기후유형, M-S 기후유형, W-ES 기후유형, C-ES 기후유형, C-M 기후유형, 3중형인 C-M-ES 기후유형으로 총 8개 기후유형으로 구분된다.

이러한 연구 결과는 실제 생활에 응용할 수 있는 계량적 연구에 기초를 제공할 뿐 아니라 기후 스트레스가 높은 지역에서는 착의량 조절이나 실내 냉난방 온도조절로 쾌적감을 유지할 수 있다. 또한 무더위에 발생하는 각종 질병을 예방, 조치할 수 있으며, 열 스트레스에 의한 고령자나 노약자의 사망률을 감소시킬 수 있는 적합한 지표로 활용할 수 있다. 특히 기후 스트레스가 낮은 지역은 앞으로 관광 및 휴양, 전지 요양, 스포츠 전지훈련 등 생태적으로 지속가능한 개발이 기대되는 지역이다.

## 文獻

- 강철성, 1985, "남한의 생리기후적 쾌적도와 생리기후 유형에 관한 연구," 지리학과 지리교육, 16, 1-13.
- 강철성, 1997, "한국의 열감분포에 관한 생리 기후학적 연구-신유효온도를 중심으로-", 대한지리학회지, 32(2), 129-140.
- 윤진일 · 봉종현, 1987, "Apparent Temperature에 의한 서울 지방의 여름철 생활 쾌적도 평가," 기상연구소 간행물, 79-87.
- 이종범 · 전상호, 1982, "쾌적 지수에 의한 한국의 기후구분에 관한 연구," 한국기상학회지, 18, 48-52.
- 최광용 · 최종남 · 김종욱 · 손석우, 2002, "남한의 체감 무더위의 기후학," 대한지리학회지, 37(4), 385-402.
- 최광용 · 최종남 · 권호장, 2005, "높은 체감온도가 서울의 여름철 질병 사망자 증가에 미치는 영향 1991-2000," 예방의학회지, 38(3), 283-290.
- 허인혜 · 최영은 · 권원태, 2004, "한반도의 날씨 스트레스 지수 분포의 특성," 대한지리학회지, 39(1), 13-26.
- 新山惠三, 1994, 氣象と人間, 紀伊國屋書店.
- 佐佐木隆, 1989, 健康と氣象, 朝倉書店.
- 中橋美智子 · 吉田敬一, 1994, 新しい衣服衛生, 南江堂.
- ASHRAE, 1992, *ASHRAE Handbook-1992 Fundamentals*, Atlanta.
- Breiling, M. and Charanza, P., 1999, The impact of global warming on winter tourism and skiing: A regional model for Austrian snow conditions, *Regional Environmental Change*, 1, 4-13.
- Chao, P. and Wood, A.W., 1999, Water management implications of global warming, *Institute for Water Resources, U.S. Army Corps of Engineers*, 7, 102.
- Easterling, D.R., Horton, B., Jones, T.C., Karl, T.R., Parker, D.E., Salinger, M.J., Razuvayev, V., Plummer, N., Jamason, P., and Folland, C.K., 1997, Maximum and minimum temperature trends for the globe, *Science*, 277, 364-367.
- Elsasser, H. and Burki, R., 2002, Climate change as a threat to tourism in the Alps, *Climate Research*, 20, 253-257.
- Hentschel, L.S., 1987, A human biometeorology

classification of climate for large and local scales, *In Proc. WMO/HMO/UNEP Symposium on Climate and Human Health*, Leningrad 1986, I, WCPA-no.1, WMO.

Kalkstein, L.S. and Valimont, K.M., 1987, An evaluation of winter weather severity in the United States using the weather stress index, *Bulletins of American Meteorological Society*, 68(12), 1535-1540.

Steadman, R.G., 1984, A universal scale of apparent temperature, *Journal of Applied Meteorology*, 23, 1274-1282.

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

교신: 강철성, 청주시 흥덕구 개신동 12번지, 충북대학교 사범  
대학 지리교육과(이메일: kangchul52@chungbuk.ac.kr)

Correspondence: Chul-Sung Kang, Assistant Professor,  
Department of Geography Education, Chungbuk  
National University, Cheonju 361-763, Korea(e-mail:  
kangchul52@chungbuk.ac.kr)

최초투고일 08. 03. 17

최종접수일 08. 06. 04