

# 한국의 열감분포에 관한 생리 기후학적 연구\*

- 신유효온도를 중심으로 -

강 철 성\*\*

## A Physioclimatic Study on the Thermal Sensation in Korea\*

Chul-Sung Kang\*\*

**요약 :** 본 논문에서는 인간 생리 및 생활에 가장 기본이 되는 온도, 상대습도를 기초로 하여 인간의 열긴장도를 측정하여 우리나라의 열감분포의 특성을 파악하였다.

연구 방법은 열지수 분석을 중심으로 하였다. 열지수는 습도계산도에서, 월별 열지수 및 연누적 열지수를 계산하여 한국의 연누적 열지수 분포도를 작성하였다.

연누적 열지수 분포의 분석 결과는 우리 나라의 대부분 지역이 한랭긴장도가 나타나는 지역이고 남쪽에서 북쪽으로, 해안에서 내륙으로 갈수록 한랭긴장도가 높아지고 있다. 특히 삼지연, 풍산, 장진을 중심으로 한 개마고원 지역이 높은 한랭긴장도 지역이고, 제주와 서귀포를 포함한 제주도 지역이 가장 낮은 긴장도를 보이고 있다. 전자는 겨울에 시베리아 기단의 영향을 직접 받고, 고도가 매우 높은 내륙 산지 지역이기 때문이고, 후자는 위도와 바다의 영향으로 특히 겨울에 온화한 지역이기 때문이다.

주요어 : 열감, 열지수, 습도계산도, 한랭긴장도, 생리 기후, 신유효온도

**Abstract :** The purpose of this paper is to analyze thermal sensation which is measured by human physioclimatic reactions in Korea. Human physiological reactions to temperature and relative humidity are analyzed to produce a nomogram from which average human reactions to the climatic factors can be deduced.

Thermal - Indices for each regular stations in both South (1961-1990) and North Korea(1973 -1994) are calculated based on monthly meteorological data. A generalized annual physioclimatic maps for each Annual Cumulative Thermal Index for the 52 stations are constructed to show how men tend to feel in various areas.

Results of this study can be applied for evaluation of thermal environment in our daily activities, and for searching relevant sports training-sites.

**Key Words :** thermal sensation, annual cumulative thermal index, cold stress, new effective temperature, psychrometric chart

### 1. 序 言

#### 1) 研究目的

지금까지 인간 생리 및 생활에 가장 기본이 되는 쾌적감이나 정신적 긴장도(stress)를 고려한 기

후구분에 대한 연구는 매우 적었다. Landsberg<sup>1)</sup> 지금까지의 기후 구분에 의한 방법은 별로 유용하지 못한 것이라고 주장하고, 일반적으로 기후와 식생 또는 기후와 인간의 쾌적감과의 연관성을 규명하여 기후 구분이 시도될 때 그 효용성이 인정될 수 있다고 강조하였다. Bailey(1964)도 열 환경이

\* 본 논문은 박사 학위 논문의 일부를 발췌한 것임.

\*\* 서울대학교 지리교육과 시간강사 (Part-time Lecturer, Department of Geography Education, Seoul National University)

생물체의 활동과 관계있을 때만 온화함에 의미를 부여할 수 있다고 하였다. 이와 같이 20세기의 과학적 실증주의에 입각하여 생기상학(生氣象學)에 관한 연구가 활발해져 많은 업적을 올리는 학자들이 배출되기 시작하였다. 이에 따라 인간 생리 및 생활에 관한 가장 기본이 되는 쾌적감(thermal comfort)이나 정신적 긴장도를 고려한 연구가 행해졌는데 그 중 대표적인 것이 Terjung(1966)에 의해 시도된 생리 기후 구분에 관한 연구이다.

생리기후학(physioclimatology) 또는 생기상학(biometeorology)이라 함은 “지구의 대기 및 지구 바깥 환경의 생리적, 화학적 환경 및 이들의 미소 환경 및 거대 환경이 직접 또는 간접으로 일반 물리학적 특히 생물체에 미치는 영향을 탐구하는 학문”<sup>2)</sup>이라고 국제 생기상학회에서는 정의하고 있다. 다시 말하자면 생기상학은 대기에서의 변화 과정과 생리적·생물학적 변화 과정과의 상호 관계를 탐구하는 과학이다. 특히 인간에게 미치는 기후나 날씨의 영향을 연구 대상으로 하는 것을 의학 생기상학이라 하며, 그 중 정상적인 건강한 사람의 생리기능에 미치는 날씨와 기후의 영향을 대상으로 할 때 생리 생기상학 또는 생리기후학이라 한다(Tromp, 1963).

인간은 기상이나 기후가 인체에 미치는 영향에 대하여 옛날부터 큰 관심을 기울여 왔지만 이것이 과학적으로 체계화되고 생리기후학이라는 학문으로 자리잡은 것은 비교적 최근의 일이다. 또 과학적 지식 및 기술의 발달과 역사적 문화적 환경의 다양화에 따라 생기상학 요소를 간결하게 수식화할 수 있는 기준을 설정하여 연구하게 되었다.

본 연구의 목적은 생리기후학 요소를 분석하여 한국인이 느끼는 열감(thermal sensation) 분포의 특성을 파악하는 것이다. 구체적으로 이 연구는 정상인의 생리 기능에 미치는 날씨나 기후의 영향을 연구대상으로하여 각 지역의 기온과 습도의 두 요소를 기초로 분석한 열지수를 얻는다. 이 지수를 이용한 연누적 열감지수를 산출하여 우리나라의 지리적 열감 분포도를 작성하는 데 있다.

## 2) 資料 및 研究方法

본 연구 자료에 이용된 기상청 관측 지점은 남한에서는 서울, 속초, 대관령, 대구, 부산 등 26개

지점<sup>3)</sup>과, 북한에서는 기상청 자료인 신의주, 원산, 평양, 개성 등 26개 지점<sup>4)</sup>이다(이하 이들을 합하여 52개 지점이라 한다)(그림1). 이들 각 관측 지점의 평균기온, 평균 상대습도, 평균 최저기온과 평균 풍속 등의 자료가 이용되었다. 연구에 이용된 자료는 기상청 발행 1961~1990년간의 남한 통계자료와 1973~1994년간의 북한 기상 20년보 자료를 사용하였다. 통계연수는 남한 관측 지점 중 15개 지점은 30년 평년값과 11개 지점은 20년 평균값이다. 북한 관측지점 중 13개 지점은 20년 평균값, 13개 지점은 13년 평균값을 사용하였다. 이러한 통계연수의 차이 문제는 평균치이기 때문에 그다지 문제가 되지 않는다. 우리나라 52개 지점에 대한 월별 평균기온과 평균 상대습도를 이용하여 신유효온도(New Effective Temperature : ET\*)를 산출하였다.

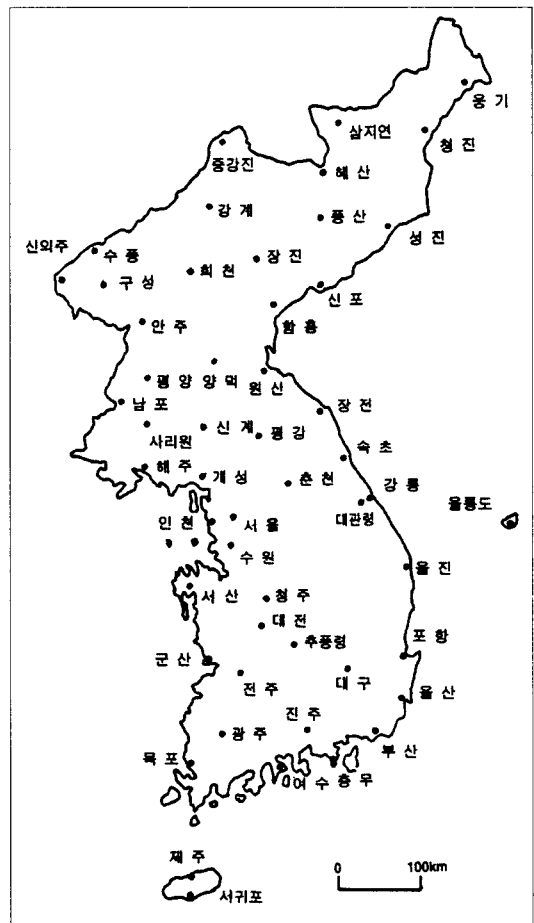


그림 1. 본 연구에서 이용된 52개 관측 지점

본 연구에서는 서울시내 한 고등학교를 대상으로 열감 측정을 실시하였다. 조사 대상은 18세 연령층의 남자 300명<sup>5)</sup>의 학생이다. 이들을 각각 50명씩 6개 집단을 구분하고, 6개의 교실 공간(각 168 m<sup>3</sup>)에서 건습계를 이용하여 1점 측정법으로 실내의 온도, 습도를 이용한 신유효온도를 계산하여 신유효온도 15°C에서 30°C 범위에서 열감을 측정하였다. 측정횟수는 1일 9회에 걸쳐 실시하였다.<sup>6)</sup>

측정기간은 하절기(0.6 clo<sup>7)</sup>)에는 6월 7일~6월 10일까지, 동절기(1.0 clo)에는 12월 4일~12월 8일까지 실시하였고 열감 반응에 대한 설문지 조사를 실시하였다. 실험 대상 학생들은 개인차, 의복 착용의 차이, 작업 활동량의 차이 등의 서로 다른 조건하에서 모든 사람을 만족시키는 쾌적 온도는 있을 수 없으므로 실험 대상 학생들의 조건을 가능한 범위내에서 비슷하게 하였다. 열감 측정에서는 같은 연령층의 남자학생들을 대상으로 하여 의복이 형성하는 온도조건을 일정하게 유지할 수 있는 착의상태(교복)로 온도와 습도에 따른 열감상태를 측정하여 설문조사에 응하게 하였다.

설문 조사에는 인체가 느끼는 열감을 온화함(mild)를 중심으로 그 보다 온난한 것을 3개의 구분으로, 그 보다 한랭한 정도를 3개의 구분으로 포함 7개의 구분으로 하는 열감 척도를 사용하였다(표 1).

각 열감에 대한 신유효온도의 범위는 미국 냉난방 환기공학회(American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers : ASHRAE)에서 설정한 쾌적 환경 기준치인 만족도 80% 기준을 따랐다(표 2).

위의 7개의 열감척도에 따라 채감지수를 9개로 구분하였다. 즉 극히 무더움(extremely sultry ;+3), 무더움(sultry ;+2), 더움(warm ;+1), 온화함(mild ;0), 서늘함(cool ;-1), 쌀쌀함(keen ;-2), 추움(cold ;-3), 매우 추움(very cold ;-4), 극히 추움(extremely cold ;-5)의 척도이다. 이에 해당하는 열

지수를 계산하는 방법은 다음과 같다.

- (1) 열지수(thermal index) : 우리 나라 52개 지점의 월별 평균 기온과 평균 상대습도를 습도계산도(psychometric chart)에서 신유효 온도(ET\*)를 구한 다음 열지수 계산도(thermal index chart)에서 열지수를 구하였다.
- (2) 위의 열지수를 기초로 하여 연누적 열지수를 다음과 같이 구하였다.

• 연누적 열지수 :  $ACTI = \sum_{1}^{12} T^2$ , T는 열지수

다음으로 이상의 지수를 기초로 월별 공간적 패턴을 이해하기 위해 극히 무더움-무더움-더움-온화함-서늘함-쌀쌀함-추움-매우 추움-극히 추움의 생리기후형을 설정한다. (위의 9계급을 이하 ES, S, W, M, C, K, CD, VC, EC로 각각 부른다.)

### 3) 研究 動向

최근에 이르러 생리기후학자들은 주관적, 경험적 범칙에서 탈피하여 과학적 계량적 방법으로 생리기후 요소들을 간결하고 수식화 할 수 있는 기준을 설정하여 연구하게 되었고, 기상현상과 인체의 건강이나 질병과의 관계를 과학적 방법을 사용하여 규명하기 시작하였다. 특히 생기상학을 인간 생활의 응용면에 입각하여 분석되어 연구되고 있다.

본 연구의 중심 주제와 관련하여 熱指標의 종류와 그 특징에 대한 기존의 연구 경향을 크게 4가지로 나누어 살펴보면 다음과 같다. 첫째로 작업 환경에 적용한 습구온도, 환경의 냉각력의 평가를 위한 카타냉각력, 복사, 기온, 기류의 3인자의 종합평가를 위해 고안된 글로브온도, 복사, 기온, 기류의 종합평가 외에 착의량, 작업량, 습도의 조건을 부여한 예측 평균 온냉감(PMV: predicted mean vote)에 관한 연구 등이 있다.

둘째로 생리 반응에 따른 지표로는 耐暑限界의 예측을 위해 고안된 Mc Ardle(1947)의 P<sub>4</sub>SR방법이 있다. 이것은 발한량의 예측을 기온, 복사, 습도, 기류, 작업량을 변수로 하여 노모그램을 이용하여 구하는 방법이다.

셋째로 주관적 경험적 지표로서 Houghten과 Yaglou(1923)는 기온, 습도, 기류를 조합하여 피험

표 1. 열감 척도(thermal sensation scale)

열 감						
+3	+2	+1	0	-1	-2	-3
극히 무더움	무더움	더움	온화함	서늘함	쌀쌀함	추움

자의 주관적 판단에 기초하여 등가온도의 노모그램을 구성한 유효온도(ET)의 개념을 도입하였다.

넷째로 열평형식에 근거한 지표로, 열스트레스 지수가 있다. 이 지수는 Belding과 Hatch(1955)가 제안한 지수로서 어떤 임의의 환경 조건 아래에서 기대할 수 있는 최대 증산량에 대하여 신체를 열평형상태로 유지시키기 위한 필요증산량의 백분율로 나타낸 것으로 고온작업환경의 평가나 내열한계 예측에 이용된다.

마지막으로 본 연구에 이용된 신유효온도가 있다. Gagge(1971)는 열쾌적감을 합리적으로 판단하는 온도 지수로서 작용온도(operative temperature), 즉 온도  $T^{\circ}C$ , 상대습도 100%에서의 무풍의 환경을 기준으로 같은 감각을 나타내는 기온, 습도, 기류를 조합하여 기존의 열지수인 유효온도(Effective Temperature, ET)를 개선하였다. 그는 신유효온도(ET\*)의 개념을 도입하여 앉은 자세에서, 착의량 0.6clo 상태로, 무풍일 때를 기준으로 습도 계산도(psychrometric)상의 상대습도 50%선 상의 온도

열 환경의 평가를 객관화하였다. 신유효 온도는 일본의 공기조화 위생공학회, 미국의 냉 난방 환기공학회(ASHRAE)에 의해 채택이 되어 현재까지 이 용해 오고 있다.

우리 나라에 대한 생리기후 연구로는 Buskirk(1919)가 일본자료를 기초로 등치선도가 포함된 기후 요소의 계절 변화에 대한 개관을 발표하고 Huntington의 영향을 받아 한국의 기후가 인체에 미치는 영향에 관하여 고찰하였다 한다. 최근에는 전경은(1974)의 "Windchill에 의한 남한의 기후 분석"에 관한 연구와 쾌적 지수에 따른 이상범 전상호(1982)의 "한국 기후 유형에 관한 연구", 강철성(1985)의 "남한의 생리적 쾌적도와 생리기후 유형에 관한 연구"등 소수가 있다.

이종범 전상호 연구와, 강철성 연구에서는 쾌적 지수의 개념을 도입하여 기후구분 및 기후유형의 분류를 시도하였는데, 이 분석기법은 유효 온도의 산출을 근거로 하였다. 그러나 1960년대까지 널리 사용해진 유효온도가 1970년대에 들어서면서 많은 비판을 받게 되었다. 즉 습도 영향이 저온역에서는 과대하게, 고온역에서는 과소하게 평가되고 있다는 지적을 받게되어 이러한 단점을 보완할 수 있는 신유효온도의 개념이 미국 냉 난방 환기 공학회에서 채택되어 오늘날까지 전세계적으로 사용되고 있다.

신유효온도는 기온, 습도, 기류, 복사열, 착의량, 작업강도 등 열 평형에 크게 영향을 미치는 인자를 고려한 종합적인 열지수이다. 즉 실제의 일상생활 환경에서는 포화된 습도 환경에 노출되는 일이 드물기 때문에 동일한 피부온도, 동일한 열방출량을 공급하는 온도, 습도의 조합 중에서 상대습도 50%일때의 경우를 신유효온도로 정하였다. 이는 일상생활에서의 경험과 잘 일치하고 있다.

따라서 본 연구에서는 신유효온도를 이용한 열지수를 산출하여 우리 나라의 생리기후형과 열감 분포 특성 파악을 究明하였다.

## 2. 한국인의 열감에 따른 열지수

### 1) 新有效溫度

전술한 바와 같이 유효온도는 오랜 기간동안 사용되어 왔으나, 이에 대한 비판과 그 이후의 많은

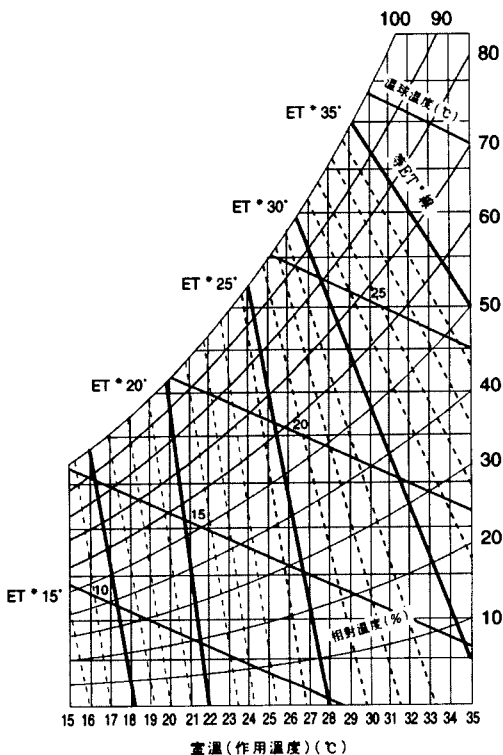


그림 2. 습도계산도(Psychrometric Chart)  
(출전: 일본건축학회, 1988, p.56)

연구 결과 Gagge(1971) 등에 의해 신유효온도가 제안되었다. 이것은 輕裝의 앉은 자세로 있는 인체에 적응시키는 것으로, 다음해 ASHRAE에 의해 채택되었다.

이러한 신유효온도는 땀이 남으로 인한 체온 조절 기능을 포함한 열평형 모델에 근거하였다. 즉, 기온, 복사, 습도, 바람, 착의량, 작업강도, 기압, 인공공기 등의 환경 바로미터로부터 생리인자로서의 피부온도, 체내온도, 발한량, 저장열 등의 종합적인 평가가 가능하다. 또한 그 적용범위가 넓어, 보통의 환경은 물론이고 인공공기, 고압, 저압, 물속 등의 특이 환경을 포함한 모든 환경에 이용할 수 있다. 이와 같이 ET\*는 앉은 자세(座位), 착의량 0.6~0.8clo 무풍의 경우를 기준으로 하여 psychrometric 상의 상대습도 50%상의 실내온도로 정해지는 열환경지표로서, 종래에 사용되어 온 ET와는 본질적으로 다르며, 인체의 열수지의 해석에 의해 유도된 합리적인 체감지표이다.

온도가 21°C이고 상대습도가 90%일 때의 신유효온도를 구하려면 그림 2를 이용한다. 이 그림의 아래쪽 온도의 눈금 위치에서 가느다란 수직 실선에 평행하게 올라가 해당 상대습도를 나타내는 굵은 실곡선과 교차하는 점에서 등 ET\*선을 나타내는 점선에 평행하게 그은 선이 상대습도 50%선과 교차하는 점에서 다시 가느다란 수직 실선에 평행하게 내려와서 아래의 눈금(실온) 온도를 읽으면 이 값이 신유효온도이다. 이때의 값을 구하면 22°C ET\*이다.

여러 가지 조건의 변화가 ET\*에 미치는 영향은, 기준상태에 가까운 범위에서 ET\*1°C의 상승은 30%의 습도 상승, 0.1m/sec의 풍속 감소, 0.7°C의 벽면 온도 상승, 0.14clo(셔츠 한 장 정도)꺼입기, 0.17met의 운동량 증가 등에 해당한다.

미국 냉 난방 환기 공학회(ASHRAE)에서는 이 지수를 현재 표준으로 사용하고 있다. 또한 통상 사무실에서 상대습도 40~60%, 착의량 0.6clo, 기류속도 0.1~0.15m/sec, 앉아서 하는 가벼운 작업 1.0~1.2met를 표준 상태로 신유효온도의 개념을 도입하여 환산된 온도를 표준 신유효온도라 한다. 80% 이상의 사람이 만족감을 느끼는 환경은 이 지표를 적용하면 22.2°C~25.6°C SET\*가 된다(그림 3).

## 2) 熱指數와 月別 熱指數

기후에 관한 인간의 쾌적감이란 기온, 복사량, 상대습도 및 바람과 같은 기후요소와 개개인의 인체에 기인되는 심리적 요인, 개성, 문화적 특질 등에 의하여 결정되기 때문에 모든 기후에 공통적으로 적용할 수 있는 지표의 설정은 어렵다.

Yaglou(1968)는 객관적 측정방법으로 건구온도, 습구온도, 풍속을 고려하여 유효온도 17~21°C, 상대습도 40~70%로 조사 연구하여 열지수를 구하는 계산도(nomogram)를 작성하였고, Markham(1947)은 에너지 대수량에 따른 생산성이 높은 쾌적 범위를 온도 16~24°C, 상대습도 40~70%로, 佐藤方彦(1987)은 쾌적온도의 국제 비교에서 일본인은 18~22°C, 싱가포르인은 23~27°C, 미국인 17~25°C, 영국인 13~20°C, 캐나다인 17~23°C로 조사 연구하였고, 吉田敬一 田中正敏(1986)은 室温의 性別, 季節別, 全身의 溫冷感의 關係에서 쾌적점(溫熱的 中心點) 온도를 나체인 경우 유효온도 24°C, 着衣한 경우 (1.4 clo)에는 22°C로 연구 결과를 발표하였으며, Terjung (1966, 1967)은 기후적 쾌적대를 상대습도 30~70%, 유효온도 17.8~22.2°C의 범위로 보았다. 小川등은(1975) 피험자 남녀 각 4명을 여름과 겨울 나체와 착의 (1.4clo)로서 측정하였

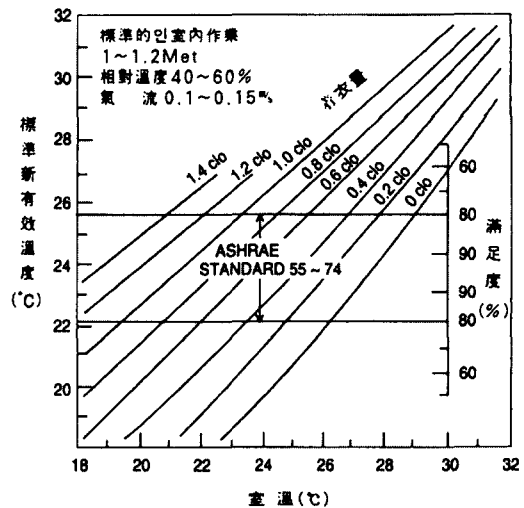


그림 3. ASHRAE의 표준 신유효온도 (출전: 長田泰公, 1990, p.73)

표 2. 신유효온도(ET\*)에 따른 열감의 비율(%)

	유효 온도(ET*)	온열감						
		Extrem- ely Sultry	Sultry	Warm	Mild	Cool	Keen	Cold
Keen (쌀쌀함)	15°C	0	0	0	0	5	89	6
	16°C	0	0	0	0	10	85	5
	17°C	0	0	0	4	9	83	4
Cool (서늘함)	18°C	0	0	2	8	80	10	0
	19°C	0	0	3	9	81	7	0
	20°C	0	0	3	11	80	6	0
Mild (온화함)	21°C	0	0	3	10	83	4	0
	22°C	0	0	5	80	14	1	0
	23°C	0	1	10	80	9	0	0
	24°C	0	5	12	81	2	0	0
Warm (더움)	25°C	0	6	12	81	1	0	0
	26°C	0	6	12	82	0	0	0
	27°C	0	22	70	8	0	0	0
	28°C	0	23	71	6	0	0	0
	29°C	0	23	72	5	0	0	0
	30°C	0	24	76	0	0	0	0

다. 시원하지도 않고 따뜻하지도 않은 중립의 온냉감은 나체에서는 ET\*27°C, 착의에서는 ET\*24.5°C로 되어 있고 남녀, 계절에 의한 차이가 없다고 연구 결과를 발표하였다. 평균 피부 온도와 온냉감의 관계에 있어 서로 중립의 온냉감은 피부온도 33°C를 중심으로, 남녀, 계절의 차이가 없다는 결과도 나왔다. 이것은 착의를 같게 하면 쾌적 온도에 성별차이, 계절차를 인정하지 않는다는 실험결과와 잘 일치하고 있다.

그러나 성별차, 연령차, 계절차 모두가 의복과 대사량의 差로 설명되는 것은 아니다. 실험실과는 달리 실제의 건물 내부에서는 장소에 따른 기온, 기류, 복사의 차이가 크며 냉·난방된 실내와 실외의 차이는 더욱 크다. 따라서 실제의 생활에서는 정상상태에 있을 때 성별차, 계절차는 없으나 실제로 생활하는 곳에서는 비정상, 과도적 상태의 반복으로 남녀, 연령, 계절에 의한 차이가 나타날 수 있다.

본 연구에서는 고등학교 학생들을 대상으로 한 한국인의 신유효온도 열감에 대한 설문조사 결과

응답자 80%이상이 신유효온도(ET\*) 22~26°C(열지수:0)에서 쾌적감을 느끼고, ET\* 27~30°C(열지수:+1)에서는 응답자의 72%정도가 덥다고 하였다(표 2). 한랭감은 80%이상이 ET\*18~21°C(-1)에서 서늘함, ET\*0~17°C(-2)에서는 쌀쌀함을 느낀다고 응답하였다. ET\*30~35°C(+2)와 ET\*35°C이상(+3)은 吉田敬一 田中正敏(1986)의 구분에 따랐고, 0°C이하의 저온에서는 Lee and Lemons(1949)의 구분에 따랐다. 이상을 기초로 습도계산도(psychrometric chart)(그림 2)에서 한국인의 쾌적 범위에 맞는 열지수를 도출하여 다음과 같은 그림을 얻었다(그림 4).

열감을 나타낸 열지수는 ES(+3), S(+2), W(+1), M(0), C(-1), K(-2), CD(-3), VC(-4), EC(-5)로 설정하였다(표 3). 구체적으로 열지수의 산출 예를 들면 서울의 7월 월 평균 기온이 24.6°C, 평균 상대습도가 81%일 때 그림 2에서 신유효온도(ET\*) 25.8°C를 얻는다. 다음 그림 4의 Thermal Index에서 지수값 0이 구해져 쾌적대(comfort zone)인 온화함에 해당된다. 열지수(표 3)를 기준으로

우리 나라 52개 지점의 열지수를 각각 구하였다 (표 4).

우리나라 52개 지점(그림 1)의 열지수와 유형은 표 4에 의해 1월에서 12월 까지의 열감 분포를 작성하였다. 그 분포 특성을 월별로 살펴보면 다음과 같다. 열감 분포는 1월에는 크게 매우 추운 지역, 추운 지역, 쌀쌀함을 나타내는 생리기후지역으로 구분된다. 그 경계선은 크게 수평 -구성 -안주 -양

덕 -원산 -함흥 -신포 -성진 -청진 -옹기를 연결한 등온선(-10°C)과 변산반도 -광주 -대구 -강릉을 연결한 등온선(0°C)이다(그림 5). 매우 추운 지역, 추운 지역, 쌀쌀한 지역이 복잡한 2월의 특성은 1월의 등온선 패턴과 유사하다.

추운 지역이 개마고원 일대와 대관령 지역에만 나타나는 3월은 나머지 전 지역이 쌀쌀한 지역을 보이고 있다. 한반도 전역이 쌀쌀한 지역을 나타내고 있는 달은 4월의 특색이다. 열감분포가 2개 지역으로 구분되는 5월은 목포 -군산 -수원 -서울 -춘천 -울진을 연결하는 ET\*선 17°C 등온선을 경계로 북쪽은 쌀쌀한 지역, 남쪽은 서늘한 지역은 나타나고, 강릉 지역도 서늘한 지역을 보이고 있다(그림 6). 6월은 신의주와 개성을 연결하는 ET\*21°C 등온선 이남 지역이 쾌적감을 나타내는 온화한 지역의 특색을 보이고 있다. 온화한 지역이 확대되는 7월의 특색은 목포 -전주 -대전 -청주 -

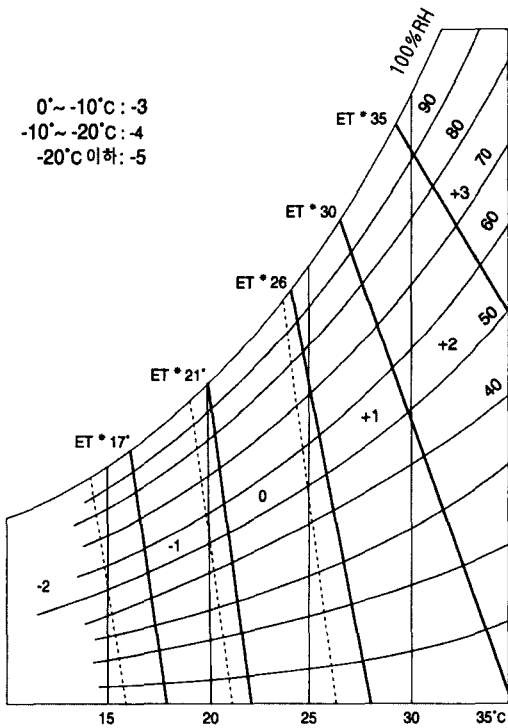


그림 4. 열지수 계산도(Thermal Index)

표 3. 열감에 따른 열지수

극히 무더움 (Extremely Sultry)	ES	+3
무더움 (Sultry)	S	+2
더움 (Warm)	W	+1
온화함 (Mild)	M	0
서늘함 (Cool)	C	-1
쌀쌀함 (Keen)	K	-2
추움 (Cold)	CD	-3
매우 추움 (Very Cold)	VC	-4
극히 추움 (Extremely Cold)	EC	-5

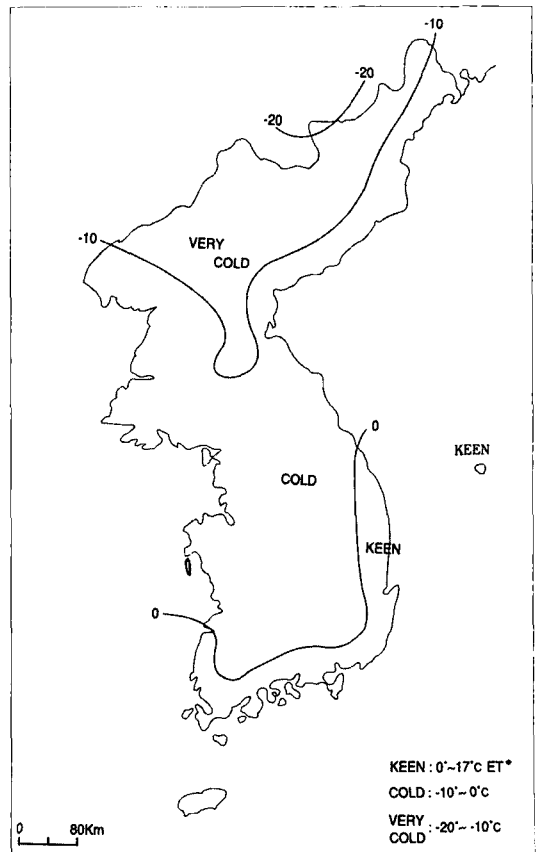


그림 5. 1월의 등온선(°C ET\*)과 열감 분포

표 4. 우리 나라 각 지점의 열지수와 연누적 열지수(ACTI)

지점/월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ACTI
응 기	-3 CD	-3 CD	-3 CD	-2 K	-2 K	-2 K	-1 C	0 M	-2 K	-2 K	-2 K	-3 CD	61
삼지연	-4 VC	-4 VC	-3 CD	-2 K	-2 K	-2 K	-2 K	-2 K	-2 K	-2 K	-3 CD	-4 VC	94
청 진	-3 CD	-3 CD	-2 K	-2 K	-2 K	-2 K	-1 C	0 M	-1 C	-2 K	-2 K	-3 VD	53
증강진	-4 VC	-4 VC	-3 CD	-2 K	-2 K	-1 C	0 M	0 M	-2 K	-2 K	-3 CD	-4 VC	83
혜 산	-4 VC	-4 VC	-3 CD	-2 K	-2 K	-1 C	-1 C	-1 C	-2 K	-2 K	-3 CD	-4 VC	85
강 계	-4 VC	-3 CD	-2 K	-2 K	-2 K	-1 C	0 M	0 M	-2 K	-2 K	-3 CD	-4 VC	75
풍 산	-4 VC	-4 VC	-3 CD	-2 K	-2 K	-2 K	-1 C	-2 K	-2 K	-2 K	-3 CD	-4 VC	91
성 진	-4 CD	-3 CD	-2 K	-2 K	-2 K	-2 K	-1 C	0 M	-1 C	-2 K	-2 K	-3 CD	53
수 풍	-4 VC	-3 CD	-2 K	-2 K	-2 K	-1 C	0 M	0 M	-1 C	-2 K	-2 K	-3 CD	56
장 진	-4 VC	-4 VC	-3 CD	-2 K	-2 K	-2 K	-1 C	-1 C	-2 K	-2 K	-3 CD	-4 VC	78
신의주	-3 CD	-3 CD	-2 K	-2 K	-2 K	-1 C	0 M	0 M	-1 C	-2 K	-2 K	-3 CD	49
구 성	-3 CD	-3 CD	-2 K	-2 K	-2 K	-1 C	0 M	0 M	-1 C	-2 K	-2 K	-3 CD	49
희 천	-4 VC	-3 CD	-2 K	-2 K	-2 K	-1 C	0 M	0 M	-1 C	-2 K	-2 K	-3 CD	56
함 흥	-3 CD	-3 CD	-2 K	-2 K	-2 K	-1 C	0 M	0 M	-1 C	-2 K	-2 K	-3 CD	49
신 포	-3 CD	-3 CD	-2 K	-2 K	-2 K	-2 K	0 M	0 M	-1 C	-2 K	-2 K	-3 CD	52
안 주	-3 CD	-3 CD	-2 K	-2 K	-2 K	-1 C	0 M	0 M	-1 C	-2 K	-2 K	-3 CD	49
양 덕	-4 VC	-3 CD	-2 K	-2 K	-2 K	-1 C	0 M	0 M	-2 K	-2 K	-2 K	-3 CD	59
원 산	-3 CD	-3 CD	-2 K	-2 K	-2 K	-1 C	0 M	0 M	-1 C	-2 K	-2 K	-3 CD	49
평 양	-3 CD	-3 CD	-2 K	-2 K	-2 K	0 M	0 M	0 M	-1 C	-2 K	-2 K	-3 CD	48
남 포	-3 CD	-3 CD	-2 K	-2 K	-2 K	0 M	0 M	0 M	-1 C	-2 K	-2 K	-3 CD	48
장 진	-3 CD	-3 CD	-2 K	-2 K	-2 K	-1 C	0 M	0 M	-1 C	-2 K	-2 K	-2 K	40
사리원	-3 CD	-3 CD	-2 K	-2 K	-2 K	0 M	0 M	0 M	-1 C	-2 K	-2 K	-3 CD	48
신 계	-3 CD	-3 CD	-2 K	-2 K	-2 K	0 M	0 M	0 M	-1 C	-2 K	-2 K	-3 CD	48
해 주	-3 CD	-3 CD	-2 K	-2 K	-2 K	0 M	0 M	0 M	-1 C	-2 K	-2 K	-3 CD	48
개 성	-3 CD	-3 CD	-2 K	-2 K	-2 K	0 M	0 M	0 M	-1 C	-2 K	-2 K	-3 CD	48
개 평 강	-3 CD	-3 CD	-2 K	-2 K	-2 K	-1 C	0 M	0 M	-1 C	-2 K	-2 K	-3 CD	49
속 초	-3 CD	-2 K	-2 K	-2 K	-2 K	-1 C	0 M	0 M	-1 C	-2 K	-2 K	-2 K	39
대관령	-3 CD	-3 CD	-3 CD	-2 K	-2 K	-2 K	0 M	0 M	-1 C	-2 K	-2 K	-3 CD	62
춘 천	-3 CD	-3 CD	-2 K	-2 K	-1 C	0 M	0 M	0 M	-1 C	-2 K	-2 K	-3 CD	49
강 릉	-3 CD	-2 K	-2 K	-2 K	-1 C	0 M	0 M	0 M	-1 C	-2 K	-2 K	-2 K	35
서 울	-3 CD	-3 CD	-2 K	-2 K	-1 C	0 M	0 M	+1 W	0 M	-2 K	-2 K	-3 CD	45
인 천	-3 CD	-3 CD	-2 K	-2 K	-2 K	-1 C	0 M	+1 W	0 M	-2 K	-2 K	-2 K	44
울릉도	-2 K	-2 K	-2 K	-2 K	-2 K	-1 C	0 M	0 M	-1 C	-2 K	-2 K	-2 K	34
수 원	-3 CD	-3 CD	-2 K	-2 K	-2 K	0 M	0 M	+1 W	-1 C	-2 K	-2 K	-3 CD	49
서 산	-3 CD	-3 CD	-2 K	-2 K	-2 K	0 M	0 M	+1 W	-1 C	-2 K	-2 K	-2 K	44
울 진	-2 K	-2 K	-2 K	-2 K	-2 K	-1 C	0 M	0 M	-1 C	-2 K	-2 K	-2 K	34
청 주	-3 CD	-3 CD	-2 K	-2 K	-1 C	0 M	+1 W	+1 W	-1 C	-2 K	-2 K	-3 CD	47
대 전	-3 CD	-3 CD	-2 K	-2 K	-1 C	0 M	+1 W	+1 W	-1 C	-2 K	-2 K	-3 CD	47
추풍령	-3 CD	-3 CD	-2 K	-2 K	-1 C	-1 C	0 M	0 M	-1 C	-2 K	-2 K	-3 CD	46
포 향	-2 K	-2 K	-2 K	-2 K	-1 C	0 M	0 M	+1 W	0 M	-2 K	-2 K	-2 K	30
군 산	-3 CD	-2 K	-2 K	-2 K	-2 K	0 M	0 M	+1 W	0 M	-2 K	-2 K	-2 K	38
대 구	-3 CD	-2 K	-2 K	-2 K	-1 C	0 M	+1 W	+1 W	0 M	-2 K	-2 K	-2 K	36
진 주	-3 CD	-2 K	-2 K	-2 K	-1 C	0 M	+1 W	+1 W	0 M	-2 K	-2 K	-2 K	36
울 산	-2 K	-2 K	-2 K	-2 K	-1 C	0 M	0 M	+1 W	0 M	-2 K	-2 K	-2 K	30
광 주	-3 CD	-2 K	-2 K	-2 K	-1 C	0 M	+1 W	+1 W	0 M	-2 K	-2 K	-2 K	36
부 산	-2 K	-2 K	-2 K	-2 K	-1 C	-1 C	0 M	+1 W	0 M	-1 C	-2 K	-2 K	28
충 무	-2 K	-2 K	-2 K	-2 K	-1 C	0 M	0 M	+1 W	0 M	-1 C	-2 K	-2 K	27
목 포	-2 K	-2 K	-2 K	-2 K	-1 C	0 M	+1 W	+1 W	0 M	-2 K	-2 K	-2 K	31
여 수	-2 K	-2 K	-2 K	-2 K	-1 C	0 M	0 M	+1 W	0 M	-1 C	-2 K	-2 K	27
제 주	-2 K	-2 K	-2 K	-2 K	-1 C	0 M	+1 W	+1 W	0 M	-1 C	-2 K	-2 K	28
서귀포	-2 K	-2 K	-2 K	-2 K	-1 C	0 M	+1 W	+1 W	0 M	-1 C	-2 K	-2 K	28
진 주	-2 K	-2 K	-2 K	-2 K	-1 C	0 M	+1 W	+1 W	0 M	-2 K	-2 K	-2 K	31



대구 -진주를 포함한 지역과 제주도가 더운 지역이다. 그 외 개마고원 일대, 대관령 지역은 각각 서늘한 지역과 쌀쌀한 지역의 특색이 나타난다(그림 7). 더운 지역과 온화한 지역이 확대되어 나타나는 8월은 7월의 분포 패턴과 매우 유사하다. 생리기후 지역이 세 지역으로 구분되는 9월은 개마고원 일대와 대관령 지역이 쌀쌀한 지역이고  $ET^*21^{\circ}C$  등온선 이남 지역이 온화한 지역, 나머지 전 지역은 서늘한 지역이다(그림 8).  $ET^*17^{\circ}C$  등온선을 경계로 하는 10월은 여수-충무-부산을 연결하는 등온선 이남의 남해안 지역이 서늘한 지역이고, 그 외 나머지 지역이 쌀쌀한 지역의 특색을 보이고 있다. 개마고원 일대가 추운 지역이고 나머지 전 지역이 쌀쌀한 지역의 분포를 보이는 달은 11월의 특색이다. 쌀쌀한 지역이 서해안의 인천까지 북상한 12월의 열감분포는 2월의 등온선 분포 패턴과 유사하

다.

이상을 기초로 하여 열감분포의 계절적 특성과 그 원인을 살펴보기 위하여 일반적인 계절 구분인 춘계(3, 4, 5월), 하계(6, 7, 8월), 추계(9, 10, 11월), 동계(12, 1, 2월)로 구분하였다.

춘계는 약화된 시베리아 고기압에서 떨어져 나온 이동성 고기압과 그 뒤를 이은 이동성 저기압이 불규칙적으로 통과하여 날씨의 변화가 심한 계절이다. 특히 3월에는 시베리아 기단의 일시적 강화현상으로 추위를 몰고오는 경우도 있다. 개마고원 일대와 대관령 지역은 추운 지역을 형성하고 그 외 지역은 대체로 쌀쌀한 지역이 형성된다. 4월은 한반도 전 지역이 쌀쌀한 지역으로 나타나고 5월경이 되면서  $ET^* 17^{\circ}C$  등온선을 경계로 점차로 남쪽으로 서늘한 지역이 형성된다. 전반적으로 춘계에는 이동성 고·저기압의 영향을 많이

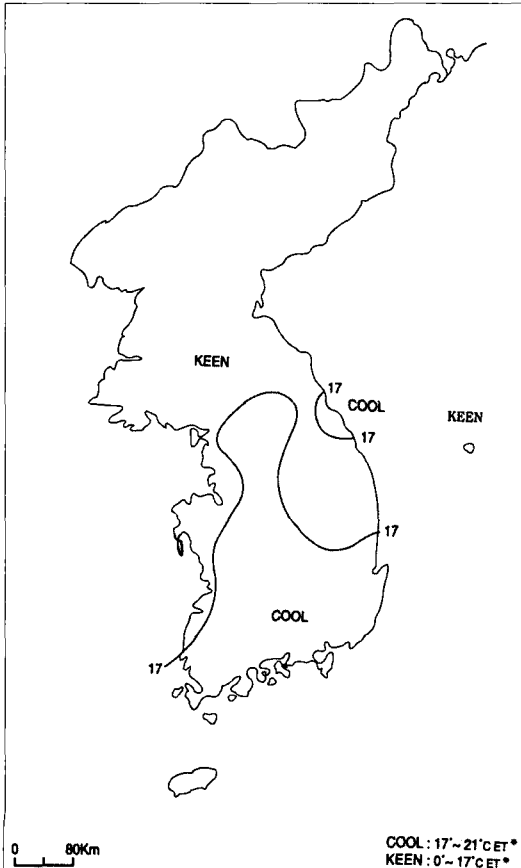


그림 6. 5월의 등온선( $^{\circ}C ET^*$ )과 열감 분포

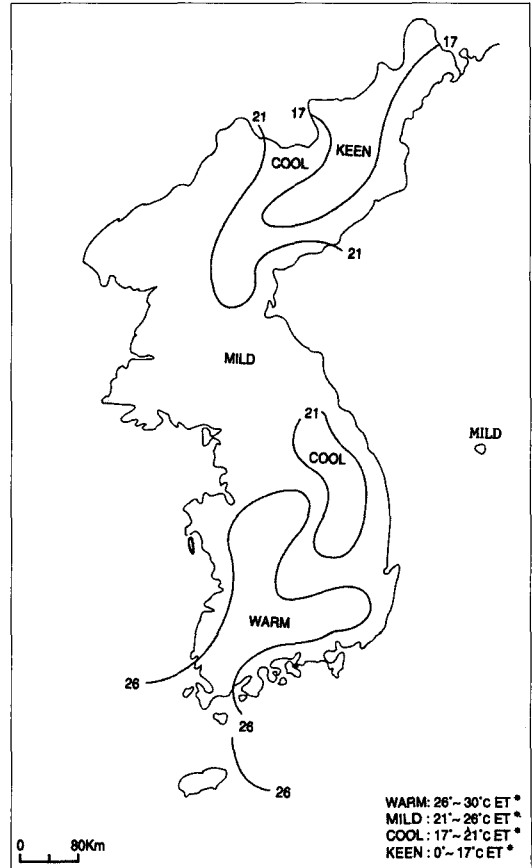


그림 7. 7월의 등온선( $^{\circ}C ET^*$ )과 열감 분포

받는다.

하계에는 대체로 7월 장마기의 높은 습도와 8월의 성하기(盛夏期)의 높은 고온 현상으로 개마고원과 대관령 일대를 제외하고는 온화함 내지 더운 지역을 형성하고 있다.

추계에는 장마전선이 남쪽으로 내려가고 대륙의 찬 공기가 축적되어 고기압이 형성되기 시작한다. 이 고기압에서 떨어져 나온 이동성 고기압의 영향으로 온화한 날씨를 보이나 한랭건조한 기단의 영향으로 북쪽의 좁은 쌀쌀한 지역이 점차 남쪽으로 진행되어 확장되는 계절이다.

동계에는 시베리아 고기압의 직접적인 영향으로 개마고원 일대와 대관령 지역이 점차로 추움에서 매우 추움, 극히 추운 지역으로 변화하고, 특히 12월, 1월에는 지형과 한랭한 북서기류의 영향으로 한랭건장도가 증가되는 계절이다.

### 3. 年累積 熱指數에 따른 한국의 열감분포

인간에 미치는 기후적 스트레스(climatic stress)는 지역마다 다르기 때문에 1년간 기후 긴장도의 정도를 측정하여 생리적 기후 특성을 살펴보는 것이 필요하다.

연누적 열지수는 다음 식으로 표시된다.

$$\bullet \text{ACTI} = \sum_{1}^{12} T^2, \quad (T \text{는 열지수})$$

이 지수는 대략 상대적 기후 긴장도를 측정하는데 이용되고 또 열지수 구역에 기준을 두기 때문에 그 지점의 기후적 열감을 나타낸다. 여기서 연누적 열지수값이 클수록 한랭건장도나 열긴장도가 큰 것을 의미한다.

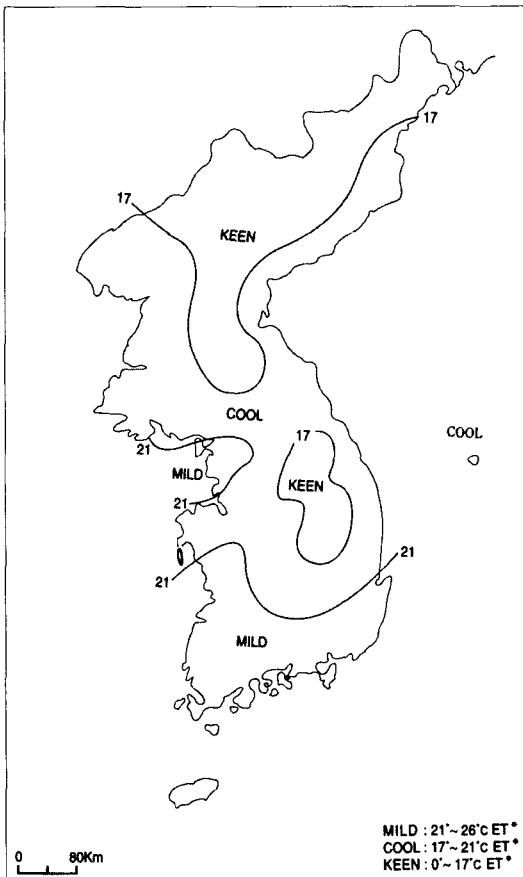


그림 8. 9월의 등온선(°C ET\*)과 열감 분포

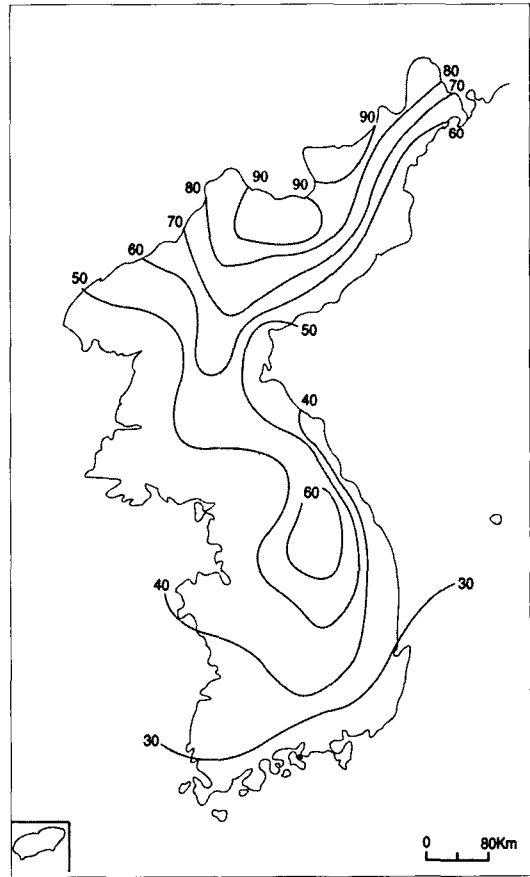


그림 9. 52개 관측지점의 연누적 열지수 분포

이 식에 의해 우리 나라 각 지점의 열지수를 산출하여 연누적 열지수 값을 나타내었다(표 4). 표 4의 ACTI 지수값에 의해 연누적 열지수의 지역적 분포를 지도로 나타내었다(그림 9).

우리 나라 누적열지수 분포의 특색을 보면 우리 나라는 대체를 남쪽에서 북쪽으로 갈수록, 해안에서 내륙으로 갈수록 기후긴장도가 높아지고 있다. 특히 삼지연, 풍산, 장진을 중심으로 한 개마고원 지역이 높은 기후긴장도를 나타내는 지역이다. 이 지역으로부터 점차 연누적 열지수가 낮아져 북동에서 남동 방향으로 축이 형성되고 있다. 속초 이남의 동해안과 서산 이남의 서해안, 남해안 지역이 가장 낮은 긴장도를 보이고 있다. 전자는 시베리아 기단의 북서 기류 영향을 직접 받고 고도가 높은 내륙 산지 지역에 위치하고 있기 때문이고, 후자는 겨울에 온화하고 여름에 고온 현상이 나타나지 않는 해양성 기후의 특색을 보이기 때문이라 사료된다. 특히 우리 나라에서의 생리 기후가 쾌적한 지역은 긴장도 지수가 낮은 남해안과 동해안, 서해안의 일부지역, 제주도로서 앞으로 관광 및 휴양, 전지요양, 스포츠 전지 훈련 등 적극적 개발이 기대될 수 있는 지역이다.

#### 4. 結 論

본 논문에서는 인간 생리 및 생활에 가장 기본이 되는 온도, 상대습도, 풍속을 기초로 하여 인간의 쾌적감이나 열긴장도를 측정하여 우리 나라의 열감분포와 그 특성을 분석하였다.

월별 지수와 연누적 열지수 (ACTI) 분포의 분석 결과는 우리 나라의 대부분 지역이 한랭긴장도가 나타나는 지역이고 남쪽에서 북쪽으로 해안에서 내륙으로 갈수록 한랭긴장도가 높아지고 있다. 특히 삼지연, 풍산, 장진을 중심으로 개마고원 지역의 높은 한랭긴장도 지역에서 처음에는 남동으로, 다음에는 대체로 남쪽으로 한랭긴장도 지역이 뻗어 있다. 이와 반대로 제주와 서귀포를 포함한 제주도 지역이 가장 낮은 긴장도를 보이고 있다. 전자는 시베리아 기단의 북서 기류의 영향을 직접 받고, 고도가 매우 높은 내륙 산지 지역이기 때문이고, 후자는 위도와 바다의 영향으로 겨울에 특히

온화한 지역이기 때문이다.

끝으로 생리기후적 열감에 관한 분석에 인공기후실에서의 계량적 연구가 필요하며, 건물구조에 따른 열환경 평가 및 실내의 쾌적환경을 유지하기 위한 냉·난방 시스템 운영에 따른 인체의 열감 반응 연구가 수행되어야 한다고 사료된다.

#### 註

- 1) Griffiths, J.F., 1976, Climate and the Environment, Elek Book Ltd., pp.38-39 에서 재인용
- 2) 鄭昌熙 옮김, 1997, 「생물 기상학 개론」, 대한교과서 주식회사, pp.1-5; 洪性吉, 1991, 「氣象과 健康」, 교학 연구사, pp.15-24.
- 3) 기상청, 1991, 「한국 기후표(1961-1990)」.
- 4) 기상청, 1995, 「북한 기상 20년보(1973-1994)」.
- 5) 조사 집단의 표본 크기는 모 비율 (p)추정에서의 90%추정 오차한계 5%가 되기 위한 표본 크기이다.

$$(n \geq \frac{1}{4} \left( \frac{Za/2}{d} \right)^2)$$

(서울대학교 자연과학대학 계산통계학과, 통계학 개론, 1992, 명지문화사), Fanger, 小川 등에 의하면 실험실 내에서 착의를 갈게하면 쾌적온도에 성별차, 계절차, 연령차를 인정하지 않는다는 실험 결과가 나왔다.

- 6) 08:30, 09:30, 10:30, 11:30, 12:30, 13:30, 14:30, 15:30, 16:30
- 7) 1 clo라는 단위는 온도 21°C, 습도 50%, 기류 0.1m/sec인 실내에서 가만히 앉아있는 사람이 쾌적한 상태인 평균피부온도 33°C를 유지하는 데 필요한 의복의 열절연 단위.

#### 文 獻

- 강철성, 1985, "남한의 생리기후적 쾌적도와 생리기후 유형에 관한 연구", 지리학과 지리교육, 16, 1-13.
- 이상범·전상호, 1982, "한국 기후 구분에 관한 연구: Comfort Index에 의하여", 한국 기상학회지, 18(1), 48-52.
- 전경은, 1971, "Windchill에 의한 남한 기후의 분석", 한국 기상학회지, 7, 33-39

- 1974, "한랭 기후에서의 쾌감지수", *지리학*, 9, 37-41.
- 정창희 역, 1977, *생물 기상학 개론*, 대한교과서 주식회사.
- 홍성길, 1991, *기상과 건강*, 교학연구소.
- 吉田敬一・田中正敏, 1986, *人間の寒さへの適應*, 技報堂出版.
- 吉村壽人, 1977, *ととの適應能*, 公立出版.
- 万木良平, 1987, *環境適應の生理衛生學*, 朝倉書店, 東京.
- 小川庄吉 外, 1975, *至適溫度條件の季節差について*, 公衆衛生院研究報告, 221-230.
- 佐藤方彦, 1987, *人間と氣候*, 中央公論社.
- ASHREA, 1992, *ASHREA Handbook-1992 Fundamental*, Atlanta.
- Baily, H. P., 1960, A method for determining the temperate of climate, *Geografiska Annaler*, 42, 1-16.
- Baily, H. P., 1964, Towards a unified concepts of the temperate climate, *Geographical Review*, 54(4), 516-45.
- Belding, H. S. and Hatch, T. F., 1956, Index of evaluating heat stress in terms of resulting physiological strain, *ASHRAE Trans.*, 62, 213-223.
- Blazejczyk, K., 1991, The influence of climatic conditions on the great balance of the human body, *Int. J. Biometeorology* 35, 103-106.
- Buettner, K. J., 1962, Human aspects of bioclimatological classification, in S. W. Tromp and W. T. Weihe, eds., *Biometeorology*, Oxford and London : Pergamon, 128-40.
- Cena, K. and Clark, J. A., 1981, *Bioengineering Thermal Physiology and Comfort*, Elsevier.
- Fanger, P. O., 1970, *Thermal Comfort*, Copenhagen: Danish Technical Press.
- Gagge, A. P. et al., 1986, A standard predictive index of units for the description of heat exchange of man with his environment, *Science*, 94, 428.
- Gate, M., 1972, *Climate: Man and the Environment*, Harper and Row Publishers.
- Griffiths, J. F. 1976, *Climate and Environment*, Elek books Ltd.
- Hales, J. R. S. and Richards, D. A. B., 1987, *Heat Stress: Physical Exertion & Environment*, Amsterdam: Excerpta Medica.
- Hidore, J. T. and Oliver, J. E., 1993, *Climatology*, Macmillan Publishing Company.
- Houghten, F. C. and Yaglou, C. P., 1923, Determining Lines of equal comfort, *ASHVE. Trans*, 29, 123-135.
- Ingram, D. L. and Mount, L. E., 1975, *Man and Animals in Hot Environment*, Berlin : Springer.
- Kerslake, DMcK., 1972, *The Stress of Hot Environment*, Cambridge : Cambridge University Press.
- Landsberg, H. E., 1981, *World Survey of Climatology*, V.3, Elsevier, 3.
- Lautensach, H., 1988, *Korea*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Lee, D. H. K. and Lemons, H., 1949, Clothing for global man, *Geographical Review*, 39, 181-213.
- Markham, S. F., 1947, *Climate and the Energy of Nations*, Oxford University Press.
- Terjung, W. H., 1966, Physiologic climates of the conterminous united states : A Bioclimatic classification based on man, *Annals of the Association of American Geographers*, 56, 141-179.
- Terjung, W. H., 1967, Annual physioclimatic stresses and regimes in the United States, *Geographical Review*, 57, 225-240.
- Terjung, W. H., 1968, World pattern of the monthly comfort Index, *International of Journal Biometeology*, 12, 119-151.
- Yaglou, C. P., 1968, A method for improving the tempeature Index, *Translation of American Society of Heating & Ventilating Engineers*, 53, 307-326.