

## 폭염발생 기준 설정에 관한 연구

박종길 · 정우식\* · 김은별\*

인제대학교 환경공학부/대기환경정보연구센터,

\*인제대학교 대기환경정보공학과/대기환경정보연구센터

(2008년 2월 18일 접수; 2008년 5월 29일 채택)

## A Study on Development of the Extreme Heat Standard in Korea

Jong-Kil Park, Woo-Sik Jung\* and Eun-Byul Kim\*

*School of Environmental Sciences Engineering/Atmospheric Environment Information  
Research Center, Inje University, Gimhae 621-749, Korea*

*\*Department of Atmospheric Environment Information Engineering/Atmospheric Environment Information  
Research Center, Inje University, Gimhae 621-749, Korea*

(Manuscript received 18 February, 2008; accepted 29 May, 2008)

### Abstract

Lately extreme weather event is occurring because of the global warming. Especially disaster due to the extreme heat are increasing but the definition and the standard of the extreme heat is obscure until now. So this study established the extreme heat standard by using the number of daily deaths. As a result, considering the climate of the megalopolis using daily maximum heat index and daily maximum temperature was the best for the standard of the extreme heat. And it showed that extreme heat lasted for 2 days affects the death toll the most. The regional incidence of the extreme heat is highest at August and July, September and June is following.

**Key Words :** Extreme weather event, The global warming, The extreme heat standard, Heat index, Daily maximum temperature, Extreme heat

### 1. 서론

최근 지구는 환경오염과 지구 온난화로 인해 태풍, 홍수, 폭염과 같은 극한 기상현상에 의한 자연재해가 빈번히 발생하고 있으며, 이에 따른 수많은 인명과 재산 피해를 초래하고 있다<sup>1)</sup>. 즉 해수온도의 증가로 열대성저기압의 발생빈도가 증가하게 되고,

수문학적 순환이 격렬해짐으로서 홍수의 발생빈도도 증가하게 된다. 아울러 중위도 내륙지역에서는 폭염이 증가할 수 있다. 이러한 폭염과 한파의 강도나 빈도가 변화하게 되면 사망률과 이환율의 계절적 유형에 영향을 줄 수 있다<sup>2)</sup>.

이러한 지구 온난화는 과거의 기온 변동과 비교해 볼 때 그 심각성이 얼마나 큰지를 알 수 있는데 1986년부터 2003년까지의 지구의 평균 기온 변동을 살펴본 결과(Fig. 1), 20세기 후반부터 평균기온과의 편차가 크게 증가하고 있으며 10년 이동평균값도 최근에 급격히 상승하고 있음을 알 수 있다.

또한 지역적으로는 도시화 현상과 더불어 지구촌

Corresponding Author : Woo-Sik Jung, Department of Atmospheric Environment Information Engineering/Atmospheric Environment Information Research Center, Inje University, Gimhae 621-749, Korea  
Phone: +82-55-320-3932  
E-mail: wsjung1@inje.ac.kr

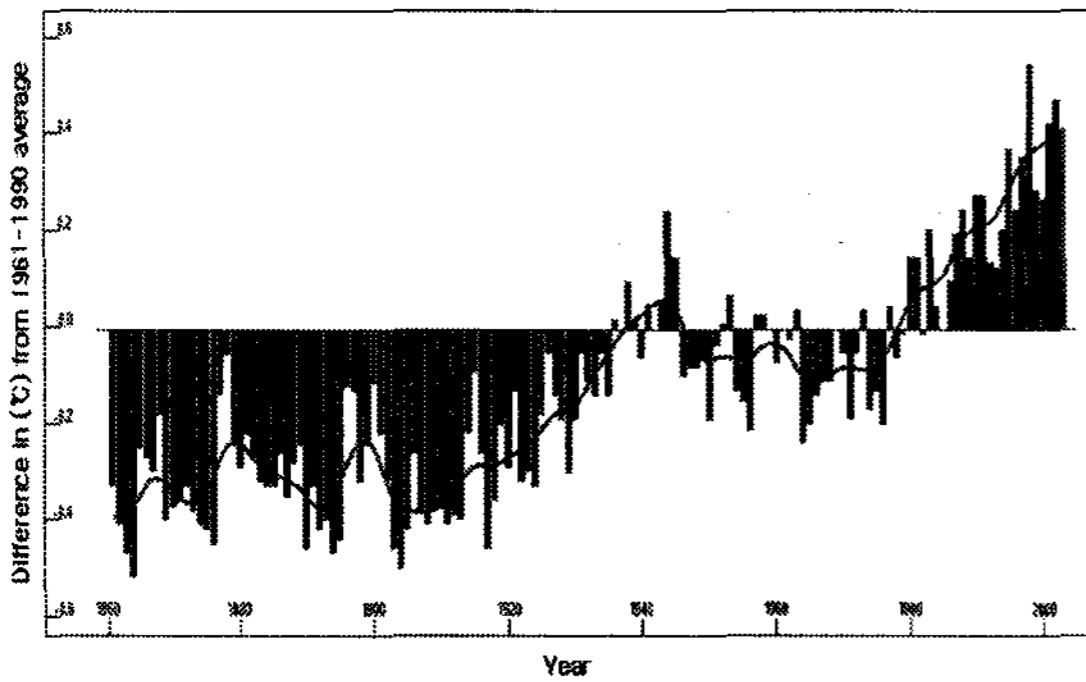


Fig. 1. Past and future changes in global mean temperature. Global average near-surface temperatures, 1860-July 2003 from 1961 to 1990<sup>3)</sup>.

곳곳에서 폭염으로 인한 인명피해 사례가 빈발하고 있는데, 그 한 예로 2003년 6~8월 유럽대륙을 휩쓴 폭염으로 40°C를 넘는 폭염과 열대야가 이어지면서 프랑스·독일·스페인·이탈리아·영국 등 8개국에서 3만5000여명이 숨졌다. 이러한 폭염은 기후변화와 더불어 발생빈도와 지속기간이 계속 증가하고 그 강도도 심화될 것으로 예상된다<sup>4)</sup>.

고온영역의 기온 발생빈도수가 증가함에 따라 나타나는 피해를 살펴보면, Thornbrugh<sup>5)</sup>는 1979년부터 1998년 동안 허리케인, 토네이도, 홍수, 뇌우, 폭염과 같은 극한 기상현상에 의한 가장 많은 사망자수를 나타낸 것은 폭염이었다. 그리고 폭염을 제외한 4가지 극한 기상현상에 의한 사망자수가 폭염에 의한 사망자수보다 적었음을 나타내어 폭염피해의 심각성을 제시하였으며 최근 자연재해로 분류되어 연구 및 폭염예보를 서두르는 나라가 많아지고 있다. 뿐만 아니라 폭염이라는 고온기상조건에서 대기오염물질이 함께 작용을 한다면 더 큰 피해를 야기할 수 있기 때문에 이들에 대한 연구는 매우 절실하다고 사료된다.

그러나 현재 우리나라에서는 이와 관련된 연구에서 여름철에 발생하는 고온현상에 대한 정확한 용어의 정의가 없을 뿐만 아니라 그 기준값 또한 없는 실정이다. 따라서 폭염과 관련된 추가적인 연구를 진행하기 위해서는 무엇보다도 폭염에 대한 정확한 정의와 기준 마련이 이루어져야 한다.

여름철에 발생하는 고온현상과 관련된 용어에 관한 선행연구<sup>6~8)</sup>를 살펴보면 갑작스러운 무더위를

폭염이나 열파라는 용어를 사용하여 표현하고 있다. 그러나 이에 대한 구체적인 정의가 없으며 나라와 지역에 따라 폭염의 정의가 조금씩 다르게 사용되고 있어 현재 사용 중인 무더위와 관련된 용어의 사전적 의미를 살펴본 결과 혹서는 더할 수 없이 심한 더위를 의미하는 용어로 혹열 또는 혹염으로 일컬어진다. 이와 유사하게 보통 정도를 훨씬 넘는 심한 더위라는 의미를 지니는 폭서 또는 폭염이라는 용어가 있다. 혹서나 폭염의 경우에는 그 용어자체가 지니는 의미가 매우 유사하나 그 외 무더위를 나타내는 용어는 위에서 살펴본 용어와는 다른 의미를 지니고 있다. 먼저 무더위라는 용어는 순수 한글 용어로서 습도와 온도가 매우 높아 찌는 듯 견디기 어려운 더위라는 의미를 가져, 위의 용어들에 습도의 개념이 포함된 용어임을 알 수 있다. 폭염은 온대지방의 따뜻한 시기 또는 열대지방에서 나타나는 혹서라는 의미로 앞서 살펴본 혹서, 폭서와는 조금 다르게 기간의 개념까지 포함된 용어이다. 그리고 현재 기상청에서 주로 여름철 무더위를 표현할 때 지표로 사용하는 열대야는 야간의 최저 기온이 25°C 이상인 무더운 밤이라는 의미를 지닌 용어이다.

위의 용어들을 정리해보면, 하루 동안에 나타난 갑작스러운 더위를 의미하는 용어에는 혹서, 혹염, 폭서, 폭염의 용어가 있고 무더위의 의미에 기간의 의미까지 내포하는 열파라는 용어가 있다. 이러한 용어 중에서 2006년에 기상청 홈페이지를 통해 이루어진 설문조사 결과 열파나 무더위보다 여름철 고온현상을 잘 표현하면서 일반 시민들에게 잘 알려져 있는 용어로 폭염(extreme heat)이라는 용어가 가장 적합하다고 판단하였다. 또한 미국의 기상청에서는 열파라는 용어를 사용하나, 미연방재난방재청에서는 extreme heat라는 용어를 사용하고 있으며, 여러 다른 나라에서도 extreme heat로 정의하는 나라가 많았다. 이와 더불어 폭염이 발생하였다고 하여 바로 인명 피해를 일으키는 것이 아니라 일정기간 지속될 경우 인간의 건강에 영향을 미치게 되므로 기간의 개념까지 포함하여 폭염에 대한 구체적인 정의를 제시하고자 하였다.

이를 위해 폭염과 관련된 외국의 정의를 살펴본 결과, 폭염에 관한 정의는 절대적인 것과 상대적인 것으로 나누어 정의되어진다. 절대적인 정의는 온

도 또는 열적 스트레스 지수가 어떠한 기준치를 초과하는 경우나 초과하는 날의 수로 정의된다. 이러한 정의는 기본적으로 모든 인구가 동일 수준의 계속되는 열적 스트레스에서 동일하게 반응한다는 것을 가정한다. 반면에 상대적인 정의는 기상에 대한 순응을 계산에 포함하고 있으며, 지역별 표준기후 상태에 따라 다르게 나타나는 열적 스트레스를 반영하고 있다<sup>9)</sup>.

폭염에 대한 정의를 절대적인 정의와 상대적인 정의로 나누어 살펴보면, 절대적인 정의는 대부분이 한 국가를 대상으로 하여 특정 임계값을 설정하고 그 임계값을 초과하는 경우 폭염이 발생하였다고 규정한다. 예를 들어, 미국 기상청은 3일 연속으로 기온이 32.2℃를 초과하는 날로 폭염을 정의하고 있고 캐나다 환경부는 일 최고기온이 32℃를 초과하는 날이 3일 이상 지속되는 경우로 정의하고 있다. 그 외 프랑스나 네덜란드에서도 국가적인 규모로 폭염의 절대적인 정의를 가지고 있으며, 스페인은 국가 전체는 아니지만 남부지역을 대상으로 폭염을 정의하고 있다(Table 1). 이러한 절대적인 정의는 넓은 지역을 대상으로 같은 기준을 적용하기 때

문에 기준 설정과 적용이 용이하나, 폭염이 발생하는 지역에 속하는 주민들이 똑같은 강도의 폭염에 의해 피해규모가 동일하다고 가정하고 있기 때문에 사전에 지역별로 차이가 없음을 판단한 후 적용하는 것이 중요할 것이다.

이에 비해 상대적 정의는 절대적 정의처럼 특정 임계값을 제시하지 않고 해당 지역의 기후값을 고려하여 결정하도록 하고 있다. 그 예를 살펴보면 미국 연방재난방재청(Federal Emergency Management Agency, FEMA)에서 사용하는 폭염에 대한 정의는 평년기온보다 특정 지역의 기온이 10°F 높은 상태로 지속되는 경우이고, 캐나다 기상청의 경우는 매우 더운 날씨가 지속되고 이로 인한 사망률이 높아질 확률이 90%에 이르는 경우이다(Table 2). 미국과 캐나다는 앞서 살펴본 절대적인 기준에 의해서 폭염이 정의하고 있지만, 지역별 기후나 지역 주민들의 순응도가 다르기 때문에 상대적인 정의를 함께 제시하고 있다. 또한 국가 정책적 측면에서 폭염을 정의할 때는 절대적인 정의를 이용하고 있지만 실제 폭염과 건강사이의 상관성이나 모형 구축에 관한 연구를 진행할 때는 각 지역에 대한 상대적인 정

**Table 1.** The absolute definition for extreme heat at the various countries

A government agency	Definition
National Weather Service in USA	Period of more than three consecutive days of temperature at or above 90.0°F(32.3℃) <sup>10)</sup>
Environment Canada	Period of more than three consecutive days of maximum temperature at or above 32℃
France	Period of more than four consecutive days of temperature at or above 30℃ with maximum temperature above 36℃
South Spain	Maximum temperature above 41℃
Royal Meteorological Institute (Netherlands)	At least 5days with maximum temperature above 25℃ of which at least 3 days with maximum temperature above 30℃

**Table 2.** The relative definition for extreme heat in each country

A government agency	Definition
Federal Emergency Management Agency	Temperatures that hover 10 degrees or more above the average high temperature for the region
The Republic of South Africa	3 days the maximum temperature is 5 degrees higher than the mean maximum for the hottest month
Canada Meteorological Administration	Conditions brought on by a hot air mass are such that the likelihood of additional deaths in more than 90 percent

의를 사용하고 있어 지역별로 기준을 달리해야 하는 번거로움이 있다. 하지만 상대적인 정의도 중요한 의미를 지님을 알 수 있다.

폭염과 관련된 특보발령기준을 설정하기 위해 외국의 선행연구를 살펴본 결과를 Table 3에 나타내었다. 표에서 알 수 있듯이 기온을 사용하여 특보를 발령하는 경우가 가장 많았고 기온 중에서도 특히 일 최고기온을 이용하여 특보를 발령하고 있었다. 이에 해당되는 국가를 살펴보면 체코, 포르투갈(리스본), 말타(몰타) 그리고 영국에서는 하루의 최고

기온이 일정 기준값을 넘어서게 되면 특보를 발령하고 있으며, 그리스, 프랑스, 중국(상하이) 등의 나라에서는 기준값을 초과하는 날이 3일 이상 지속될 때 폭염특보를 발령하게 된다. 여기에서 영국의 기준값은 영국전체의 대표치를 제시하였지만, 실제 영국에서 특보를 발령하는 기준을 살펴보면 지역별로 1~3°C까지의 차이를 보이고 있다.

이상과 같이 기온의 단일 요소로 기준값으로 설정하는 것 다음으로 많이 사용되는 방법이 기온과 습도의 기준값을 동시에 사용하는 것인데, 터키의

Table 3. Threshold criteria for releasing hot weather warnings in each country<sup>16)</sup>

Country	Criteria for releasing the warning	Reference temperature
<b>① Temperature threshold</b>		
England <sup>11)</sup>	≥ 30°C	Maximum temperature
Czech Republic <sup>12)</sup>	≥ 29°C(midium heat stress), ≥ 33°C(high heat stress)	Maximum temperature
Greece <sup>12)</sup>	≥ 38°C	Maximum temperature for 3 consecutive days
France	≥ 36°C	Maximum temperature for 4 consecutive days
Portugal(district of Lisbon) <sup>12)</sup>	≥ 32°C	Maximum temperature
China(Shanghai) <sup>13)</sup>	≥ 35°C	Maximum temperature for 3 consecutive days
Malta <sup>12)</sup>	≥ 40°C	Maximum temperature
Serbia and Montenegro <sup>12)</sup>	35°C~20°C	Maximum temperature, Minimum temperature
Belarus <sup>12)</sup>	≥ 35°C	Temperature
Latvia <sup>12)</sup>	≥ 33°C	Temperature
Azerbaijan <sup>12)</sup>	≥ 40°C(in more then 30% of the territory), ≥ 42°C(in one region)	Not specified
<b>② Temperature and humidity threshold</b>		
Romania <sup>12)</sup>	Temperature humidity index(ITU)≥ 80 ITU=T(°F)-(0.55-0.55×RH/100)×(T(°F)-58)	
NWS(USA) <sup>14)</sup>	≥ 40.5°C(105°F) ≥ 26.7°C( 80°F)	Maximum and Minimum heat index for 2 consecutive days
Turkey <sup>12)</sup>	Temperature : >27°C and Relative humidity : >40%	
<b>③ Perceived temperature threshold</b>		
Southwestern Germany <sup>12)</sup>	≥ 26°C	Maximum perceived temperature
<b>④ WBGT threshold</b>		
Japan <sup>15)</sup>	≥ 25°C	WBGT

경우는 기온과 상대습도 각각의 기준 값을 제시하여 두 가지를 모두 만족하는 경우에 특보를 발령한다. 반면에 루마니아와 미국의 경우에는 기온과 상대습도로 구성된 열지수(heat index, HI) 식을 개발하여 그 결과값을 이용하여 특보 발령기준을 정하고 있다(Table 3). 그 외의 경우를 살펴보면, 독일에서는 지각온도(perceive temperature, PT)라는 새로운 개념의 지수식을 개발하여 사용 중에 있으며 일본은 습구흑구온도(wet-bulb globe temperature, WBGT)를 이용하여 기준값을 정하고 있다.

그러나 우리나라에서는 앞서 살펴 본 바와 같이 폭염에 관한 정확한 기준값이 제시된 선행연구가 없다. 따라서 본 연구에서는 먼저 폭염을 정의하고 대도시를 대상으로 폭염의 기준 값을 설정하고자 한다. 이를 통해 향후 활발히 이루어져야 할 폭염과 관련된 연구에서 폭염발생 기준에 대한 기초자료를 제공하고자 한다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 사망자료

기상요소와 대기오염물질이 건강에 미치는 영향

을 살펴보기 위하여 사용한 일사망자 자료는 통계청에서 제공하고 있는 사망원인통계 자료를 사용하였다. 자료의 기간은 1991년부터 2004년까지 14년간으로 하였으며 연구대상 지역은 1991년도부터 시단위의 행정구역으로 구분되고 있는 6개 광역시(서울, 부산, 대구, 인천, 광주, 대전)로 선정하였다. 전체의 자료 중에서 사망일, 사망지역, 사망원인, 그리고 사망자의 성별과 나이에 해당하는 항목을 분석에 이용하여 Table 4와 같이 데이터베이스를 구축하였다. 지역, 국제질병분류(International classification of disease, ICD)는 현재 통계청에서 제공하고 있는 값을 그대로 적용하였으나 연령의 경우 앞으로 이루어지게 될 사망자수의 표준화를 위해서 5세 간격으로 조정하여 표준화하였다.

본 연구에서는 전체 사망자수 중에서도 사고나 자살 등의 사망원인을 제외한 질병에 의한 사망자수 자료를 사용하였다. 이때 질병에 의한 사망자수 분류는 1997년부터 2003년 동안에 통계청에서 사망의 원인을 7가지로 제공하고 있지만 연구 전 기간에 걸쳐 제공되는 값이 아니므로 자료 처리에 통일성을 주기 위해 질병에 의한 사망자수 분류는 의학계

**Table 4.** The variables associated with the database of death data and their explanation

Variables	Explanation	Note	
Station	City	11 : Seoul(SU) 22 : Daegu(DG) 24 : Gwangju(GJ)	21 : Busan(BS) 23 : Incheon(IC) 25 : Daejeon(DJ)
Sex	Sex	1 : Male(M)	2 : Female(F)
Year	Death year		
Month	Death month		
Day	Death day		
Hour	Death hour		
Cause	Kind of death	1997~2003 : record	
Code 1	ICD 10 code	Death by disease (A00 - R99)	
Age	Death age	00-04 : 1 10-14 : 3 20-24 : 5 30-34 : 7 40-44 : 9 50-54 : 11 60-64 : 13 70-74 : 15 More than 80 : 17	05-09 : 2 15-19 : 4 25-29 : 6 35-39 : 8 45-49 : 10 55-59 : 12 65-69 : 14 75-79 : 16

통의 선행연구에서 질병에 의한 사망이라고 정의하고 있는 ICD-10의 A00-R99에 해당되는 사망자수를 사용하였다<sup>17)</sup>.

사망자수의 표준화를 위해 사용된 인구자료는 통계청에서 제공하고 있는 자료를 사용하였고 기간은 1990년부터 2004년까지 총 15년으로 앞서 사망 자료에 비해 1년이 더 늘어난 것은 표준화 과정 중 분모인구수를 산정할 때 전년도 인구까지도 포함되어야 하기 때문이다. 또한 인구자료는 5세간격의 지역별, 성별 연간 인구수를 사용하였고 본 연구 기간 중에서 가장 최근에 인구조사를 실시한 2000년의 인구를 본 연구의 표준인구(standard population)로 사용하였다.

## 2.2. 기상자료

기상요소가 사망의 직접적인 원인은 될 수 없으나, 여러 선행연구<sup>6,18)</sup>의 역학연구에서 사망에 영향을 줄 수 있는 기상요소는 기온과 상대습도로 나타나 이들 자료는 1991년부터 2004년까지 14년간으로 사망자료와 동일한 기간을 사용하였으며 도시별로 사용된 기상관측 지점에 대한 정보는 Table 5와 같다.

기온과 상대습도 자료는 3시간 간격으로 측정되는 1일 8회 측정치(00LST, 03LST, 06LST, 09LST, 12LST, 15LST, 18LST, 21LST)와 이를 이용한 일평균기온, 일최고기온 그리고 일최저기온을 사용하였다.

## 2.3. 열지수

기상요소가 일사망자수에 미치는 영향을 알아보기 위한 분석에서 사용된 열지수는 'Apparent Temperature'라고도 부르며 NOAA/NWS (National Oceanic

& Atmospheric Administration/National Weather Service)에서 고온다습한 환경에 대한 대국민 경보를 더욱 효율적으로 제시하여 열파에 미리 대처할 수 있는 체제를 개발하고자 하는 목적에서 추진한 미국기상청 열지수 프로그램을 통해 개발되었다.

폭염의 기준을 정의할 때 사용된 지수중에서 고온현상을 기온과 같은 단일 기상요소 외에 다른 요소가 복합적으로 미치는 영향을 함께 고려하기 위해 고안된 열지수(Heat Index, HI)는 상대습도와 기온이 복합되어 사람이 실제 느끼는 더위를 지수화한 것을 의미한다. 이 지수는 같은 기온이라고 하더라도 습도가 높고 낮음에 따라 열지수는 달리 평가된다.

본 연구에서 사용한 열지수는 식(1)과 같고, Table 6은 폭염 상황에서 발생할 수 있는 위험성을 등급별로 나타낸 것이다. 열지수를 계산할 때 유의할 점은 이 식(1)이 기온 27°C, 상대습도 40%이상인 경우에 인체에 유의한 영향을 미치기 때문에 이 조건에 해당되는 경우에 사용하는 것이 바람직하다고 판단된다.

또한 열지수는 그늘지고 약한 바람이 부는 환경(백엽상 내 기온을 기준으로 계산하므로)에서 만들어진 것이므로, 태양빛에 직접 노출되면 열지수 값이 발표치보다 15°F 정도 더 높아질 수 있으며 특히 뜨겁고 건조한 바람이 불면 더 위험한 환경이 될 수 있다는 점을 염두에 두어 사용하여야 한다.

$$HI(^{\circ}F) = -42.379 + 2.04901523 \times T + 10.14333127 \times R - 0.22475541 \times T \times R - 6.83783 \times 10^{-3} \times T^2 - 5.481717 \times 10^{-2} \times R^2 + 1.22874 \times 10^{-3} \quad (1)$$

Table 5. Information of the surface synoptic stations used in this study

Station No.	Station	Lat.(N)	Long.(E)	H <sup>1)</sup> (m)	Hb <sup>2)</sup> (m)	ht <sup>3)</sup> (m)	ha <sup>4)</sup> (m)	hr <sup>5)</sup> (m)
108	Seoul	37°34'	126°58'	86.0	86.2	1.5	10.0	0.5
112	Incheon	37°28'	126°38'	68.9	70.3	1.4	14.0	0.5
133	Daejeon	36°22'	127°22'	68.3	71.5	1.6	22.8	0.6
143	Daegu	35°53'	128°37'	57.6	59.0	1.5	10.0	0.6
156	Gwangju	35°10'	126°54'	70.5	73.7	1.5	17.5	0.6
159	Busan	35°06'	129°02'	69.2	69.9	1.7	17.8	0.6

<sup>1)</sup>H : Height of observation field above mean sea level

<sup>2)</sup>Hb : Height of barometer above mean sea level

<sup>3)</sup>ht : Height of thermometer above the ground

<sup>4)</sup>ha : Height of anemometer above the ground

<sup>5)</sup>hr : Height of rain gauge above the ground

**Table 6.** Possible impacts of high heat index on human body(After NOAA)

Categories	Heat Index(°C)	Possible symptoms
Caution	26.7 ~ 32.2	Fatigue with prolonged exposure and physical activity
Extreme caution	32.2 ~ 40.6	Sunstroke, Heat cramps and heat exhaustion with prolonged exposure and physical activity under these conditions
Danger	40.6 ~ 54.5	Sunstroke, heat cramps or heat exhaustion are likely. Heatstroke with prolonged exposure and physical activity
Extreme danger	Over 54.5	Heatstroke or sunstroke are imminent

$$\times T^2 \times R + 8.5282 \times 10^{-4} \times T \times R^2 - 1.99 \times 10^{-6} \times T^2 \times R^2$$

여기에서 HI는 열지수(°F)이고, T는 기온(°F) 그리고 RH는 상대습도(%)이다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 폭염발생기준 설정

우리나라 기상청에서는 폭염과 관련해서 불쾌지수와 열지수를 제공하고 있지만 이들 지수는 여름철의 체감온도를 제공하는 차원에서 서비스가 제공될 뿐, 실제 특보 발령기준이 마련되어 있지 않다. 최근 들어 발생하는 폭염과 관련하여 열대야 일수를 이용하여 정도를 평가하고 있지만 보다 구체적인 정의나 기준이 필요하다. 이에 따라 본 연구에서는 폭염발생에 대한 정의와 기준을 마련하기 위해서 크게 세 가지 사실에 대하여 고찰하였다.

첫 번째는 폭염의 기준으로 단일 기상요소로 할 것인지 여러 가지 기상요소가 결합된 것을 사용할 것인지에 대한 것으로 외국의 경우 대부분이 최고기온을 이용하여 폭염의 기준을 정하고 있지만 우리나라는 고온다습한 기후를 가져 기온과 습도를 고려하지 않을 경우 오차 발생이 가능하다. 열지수는 기온과 습도가 모두 고려되고 있으며 현재 기상청에서 서비스하고 있으나, 열지수 자체가 서양인을 대상으로 하고 있고 몇 가지 가정 하에 사용되는데 제약이 있으므로 아무런 검증 없이 단독으로 열지수를 사용하기에는 무리가 따르게 된다. 따라서 본 연구에서는 우선 기온을 고려하지만, 습도의 효과까지 고려할 수 있는 열지수를 함께 제시하여 한 가지만 사용함에 따라 발생하는 오차를 최소한으로

줄이고자 한다.

두 번째 고려한 것은 기온과 열지수를 동시에 고려한 기준을 설정하더라도 전국적으로 동일한 기준을 적용할 것인지, 지역별 다른 기준을 적용할 것인지에 관한 것이다. 한반도 내의 지역들은 단순히 이격거리는 가까우나 복잡지형으로 각 지역의 기상특성에 따라 세분화된 기준 필요하다. 따라서 본 연구에서는 한반도 전체가 아닌 지역적 특성을 고려한 기준을 서울을 대상으로 제시하고자 한다. 이와 더불어 현재 기상청에서 무더위의 기준으로 사용되고 있는 열대야 일수가 적합한지를 판단하기 위해서 열대야의 정의에 해당되는 최저기온이 25°C 이상인 날도 함께 적용하여 최종 기준에 의한 값을 검토하였다.

마지막으로 본 연구에서 고려한 사항은 폭염이 며칠 지속될 경우 특보를 발령할 것인가에 관한 것으로 외국의 사례에서는 주로 임계값을 초과하는 폭염이 3일 이상 지속되는 경우를 폭염의 기준을 정의하고 있지만, 폭염현상이 발생하고 지속됨에 따라 인체에 미치는 영향도 지역이나 지속일에 따라 다르게 나타나기 때문에 우리나라에 맞는 지속일수를 찾는 것이 중요하다. 이에 여러 국내 선행연구를 살펴본 결과 환경부<sup>7)</sup>에서는 여름철 이상고온과 대기오염물질의 영향이 가장 크게 나타나는 지속일은 폭염이 발생하고 1일이 지연된 경우라는 연구결과가 있었으며, 이와 더불어 실제 1991년부터 2004년까지 일최저기온, 일평균기온, 일최고기온을 대상으로 상관분석을 실시한 결과<sup>19)</sup>, 대부분의 결과에서 지연 1일에서 가장 높은 상관계수를 나타내었다. 외국의 사례에서는 주로 3일 이상 폭염이 지속되는 경우 특보를 발령하지만 우리나라의 경우 2일 이상 폭

염이 지속될 경우 인체에 영향을 미칠 수 있을 것이라 추정할 수 있다. 이에 따라 지속시간을 2일로 한 경우와 3일로 한 경우에 따라 각각 기준을 정의해서 표준화된 사망자수와의 상관관계가 높은 것을 최종 기준으로 선정하였다.

위의 세 가지 사항이 고려된 폭염일(Extreme heat day)을 선정하기 위해서, 본 연구에서는 먼저 폭염이 발생한 날을 선정하고 이를 이용해 폭염일을 선정하고자 한다. 폭염과 관련된 몇 가지 기준을 우리나라 6대도시 즉, 서울, 부산, 대구, 인천, 광주 그리고 대전을 대상으로 검토하였다. 폭염의 기준을 먼저 기상청에서 여름철 무더위의 강도로 사용하고 있는 열대야의 기준 기온값(일최저기온이 25°C 이상)으로 정의하였다. 하지만 열대야는 일최저기온이 25°C 이상이 되는 날로 전국적으로 동일하게 적용될 수 있어 지역적 차이를 고려하지 않는 절대적 기준으로 사용되었다.

그리고 각 지역 특성을 고려할 수 있도록 해당지역 대표지점의 일평균기온이나 일최고기온의 Anomaly level을 구하여 95번째 분위수(95th percentile)에 해당되는 값을 또 다른 기준으로 설정하였다. 이때 95번째 분위수를 선택한 것은 선행연구에서 모형을 구축하거나 폭염과 관련된 기준을 제시할 때 가장 흔하게 사용되는 것이 99번째 또는 95번째 분위수이다. 보통 99번째 분위수를 고려하는 경우는 적어도 30년 이상의 자료를 확보해야하나 우리나라의 경우 99번째 분위수를 고려할 경우 약 51일이 선정되었으며, 여기서 지속일까지 고려할 경우 실제 폭염의 기준을 마련하기 어려우므로 본 연구에서는 충분한 자료수 확보를 위해서 95번째 분위수를 이용하여 폭염의 기준을 마련하고자 한다.

본 연구에서는 폭염일을 선정하기 위한 폭염 선정 기준을 세 가지 유형으로 나누고 이에 따라 각 사례를 선정하였다. 유형 1(Type 1)은 열대야로 정의되는 기준으로서 일최저기온이 25°C 이상이 되는

날이고, 유형 2(Type 2)는 연구기간 중 전체의 일평균기온 중에서 95번째 분위수 이상에 해당되는 날, 유형 3(Type 3)은 일최고기온에 대하여 유형 2와 같은 기준을 적용하여 폭염이 발생한 날로 정의함과 동시에 습도를 고려될 수 있도록 일반적으로 사용되는 열지수식을 이용하여 각 유형별로 선정된 날 중에서 열지수를 산출할 수 있는 대상일을 폭염발생일로 정의하였다.

그리고 폭염이 인간의 건강에 영향을 미치기 위해서는 지속일도 중요하므로 지속일까지 고려하여 최종적으로 폭염 발생일을 정의하였다. 이 때 지속일은 적어도 2일 또는 3일 이상 연속으로 폭염이 발생하였다고 추정되는 날을 폭염일로 하였다. 이상의 과정을 도식화 한 것이 Fig. 2와 같다.

폭염선정기준의 마지막 단계에 해당되는 기간 선정을 위해 세 가지 유형에 대하여 폭염이 2일 연속 지속되는 경우와 3일 연속 지속되는 경우 일사망자수와의 상관관계를 분석하였으며 일최고 열지수와도 상관관계를 분석하였다(Table 7). 그 결과 세 가지 유형에

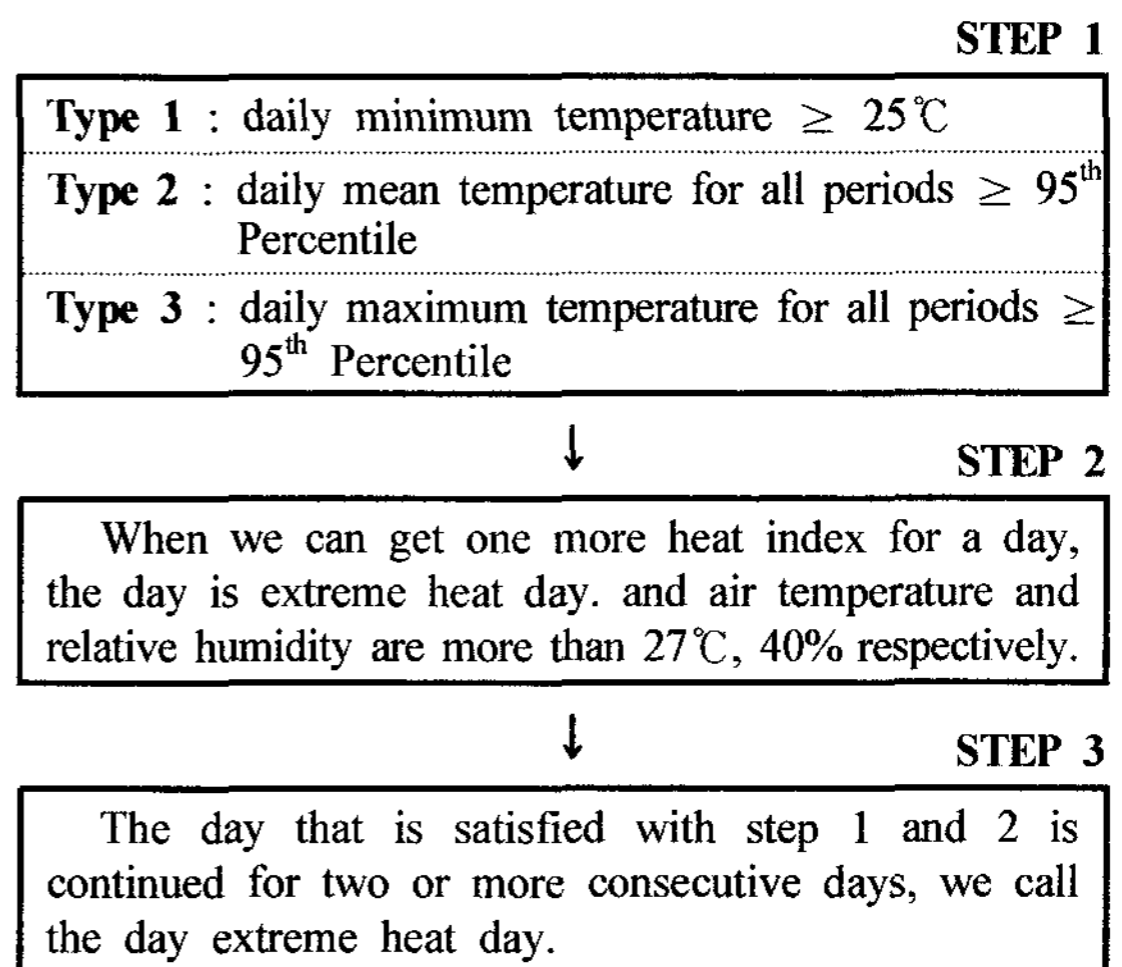


Fig. 2. Procedures for defining a extreme heat day.

Table 7. A correlation coefficient between temperature and heat index of each type and daily mortality of 2-day and 3-day beforehand

Consecutive day	Type 1		Type 2		Type 3	
	T <sub>Min</sub>	HI <sub>Max</sub>	T <sub>Ave</sub>	HI <sub>Max</sub>	T <sub>Max</sub>	HI <sub>Max</sub>
2 days	0.59*	0.55*	0.52*	0.45*	0.49*	0.40
3 days	0.40*	0.58*	0.54*	0.47*	0.23*	0.41*

\*P<0.05



**Table 8.** Threshold criteria and reference temperature for verifying the occurrence of extreme heat each case

Case	Threshold	Reference temperature	Note
Case 1-1	30℃	Maximum temperature	England
Case 1-2	32℃	Maximum temperature	Portugal
Case 1-3	33℃	Maximum temperature	Czech Republic
Case 1-4	35℃	Maximum temperature	Belarus
Case 1-5	40℃	Maximum temperature	Malta
Case 2-1	35℃	Maximum temperature for 3 consecutive days	China
Case 2-2	38℃	Maximum temperature for 3 consecutive days	Greece
Case 3-1	36℃	Maximum temperature for 4 consecutive days	France
Case 4-1	40.5℃	Maximum Heat index for 3 consecutive days	USA

서 대부분의 경우 3일 지속되는 경우가 2일 지속되는 일에 비해 0.05에서 0.1정도 상관계수가 높게 나타나나, 지속일이 2일인 경우에는 전체적으로 상관계수가 0.5정도로 높은 편이고 유의수준을 모두 만족하였다. 하지만 지속일이 3일인 경우에는 유의수준을 만족하지 못하는 경우가 있었다(Table 7).

따라서 본 연구에서는 폭염의 기준을 일최저기온이 25℃를 초과하며 열지수가 산출되는 유형 1과 일평균기온의 95번째 분위수에 해당하며 열지수가 산출되는 유형 2, 일최고기온의 95번째 분위수에 해당하며 열지수가 산출되는 유형 3이 일사망자수와 상관관계를 분석한 결과 비교적 높은 상관을 나타내며, 통계적으로 유의수준을 만족하는 연속 2일 이상 폭염이 지속되는 경우를 폭염으로 정의하였다.

### 3.2. 폭염발생기준 검증

국내외 폭염기준이 우리나라에 적합한 것인지 판단하기 위해 앞 절에서 제시한 세 가지 유형과 외국의 선행연구에서 제시한 몇몇 폭염기준(Table 3)을 비교하였다. 각 폭염 기준의 적합 여부는 우리나라에서 폭염이 발생하였다고 지적하고 있는 1994년을 대상으로 각 기준에 의한 폭염 발생 여부로 적합성을 판단하기로 하였다. 외국의 선행연구에서 제시되는 폭염의 경우, 각 나라의 특성에 따라 다양한 값을 제시하고 있기 때문에 그 중에서 대표적인 몇 가지 경우를 본 연구와 비교 대상으로 선정하였다(Table 8).

선정된 각 기준의 검증방법은 1994년 6월부터 9월까지 초과사망자수가 발생한 날을 대상으로 각

기준별 폭염의 발생 여부를 검토하였다. 1994년부터 9월까지 초과사망자수가 발생한 날은 총 122일 가운데 50일이었으나, 사망이라는 현상의 특성상 기온 요소 단독 영향이 아닌 여러 요소에 의한 복합적인 영향에 의한 것이므로 고온이 발생하지 않아도 초과사망률이 높은 날이 일부 포함될 수 있다. 본 연구에서는 그러한 사례에서 발생하는 오차를 줄이기 위해 선행연구에서 기준으로 선정한 것 중 가장 낮은 기준인 최고기온이 30℃이상인 경우를 만족하면서 초과 사망률이 발생하는 날을 검증 대상으로 선택하였다. 그 결과를 Table 9를 통해서 살펴보면, 가장 낮은 기준 값에 해당되는 Case 1-1의 일치율이 100%로 가장 높았고 다음으로 Type 3, Type 2 Type 1이 80%이상의 값을 보이면서 높은 일

**Table 9.** Comparison of observed and forecasted extreme heat day and ratio of each type or case

	Observed	Forecast	Forecast/Observed(%)
Type 1	26	22	84.62
Type 2	26	23	88.46
Type 3	26	24	92.31
Case 1-1	26	26	100.00
Case 1-2	26	20	76.92
Case 1-3	26	17	65.38
Case -4	26	8	30.77
Case 1-5	26	0	0.00
Case 2-1	26	5	19.23
Case 2-2	26	0	0.00
Case 3-1	26	4	15.38
Case 4-1	26	7	26.92

치율을 보이고 있다.

그러나 이러한 경우는 폭염이 발생한 날에 대한 일치도를 나타낸 것이지 폭염 발생의 유무를 얼마나 정확히 예측하였는가에 대한 결과와는 차이를 보이기 때문에 폭염이 발생한 경우에 대해 80%이상의 일치율을 보이고 있는 4가지의 경우에 대해서 폭염 발생 유무에 대한 예측 오분류표를 Table 10에 나타내었다.

그 결과 본 연구에서 주로 관심을 가지고 있는 초과 사망률이 발생하였을 때, 폭염발생을 예측할 수 있는가에 대한 민감도는 Case1-1이 0.52로 가장 높은 값을 보였고 다음으로 Type 2와 Type 3이 0.48의 값을 나타내었다. 그러나 전체적인 정확도는 민감도가 가장 높은 Case 1-1이 0.58로 가장 낮은 값을 보이는 반면 Type 2와 Type 3은 각 0.68과 0.64로 나타나 Case 1-1에 비해 높은 정확도를 보였다.

이와 같은 결과를 표를 통해 살펴보면, Case 1-1은 기준값이 낮아 폭염이 빈번하게 발생하게 되고 이 때문에 폭염이 발생하지 않은 경우에도 폭염일이라고 예측하는 경우가 많아 전체적인 정확도는 낮았으며, Type 1의 경우에는 전체적인 정확도는 높았지만 민감도가 다른 경우에 비해 낮게 나타나 기준으로 적합하지 않다고 판단하였다. 그리고 민감도와 정확도 부분에서 모두 높은 값의 보이고 있는 Type 2의 경우가 기준으로 적합하다고 판단되었으나, 실제 기상청 예보 현업에서 예보적인 측면을 고려할 경우, 평균기온을 예보에 이용하기 어렵기 때문에 Type 2와 매우 비슷하며 일최고기온이 95번째 분위수에 해당하며 열지수를 구할 수 있는 날이 2일 이상 지속되는 Type 3을 최종 폭염 발생 기준으로 정의하였다.

Table 10. Misclassification table for the data set of excess mortality for the extreme heat day

		Type 1		Type 2	
		Excess mortality		Excess mortality	
		Yes	No	Yes	No
Heat wave	Yes	23	10	24	13
	No	27	62	26	59
		Accuracy : 0.6967		Accuracy : 0.6803	
		Sensitivity : 0.4600		Sensitivity : 0.4800	
		Type 3		Case 1-1	
		Excess mortality		Excess mortality	
		Yes	No	Yes	No
Heat wave	Yes	24	17	26	27
	No	26	55	24	45
		Accuracy : 0.6475		Accuracy : 0.5820	
		Sensitivity : 0.4800		Sensitivity : 0.5200	

3.3. 폭염일의 특성

95번째 분위수에 해당하는 일최고기온보다 높고 일최고열지수를 산출할 수 있는 폭염이 2일이상 지속될 경우를 폭염으로 정의하였으며 이러한 조건에 해당하는 날과 유형2에 해당하는 날, 그리고 기상청에서 무더위의 기준으로 제시하고 있는 열대야 발생 일수를 서울시를 포함한 6대도시(서울, 부산, 대구, 인천, 광주, 대전)를 대상으로 연도별로 비교하여 Table 11에 제시하였다.

Table 11에서 알 수 있듯이 열대야일에 비해 유형 2와 유형3의 경우가 전 지점에서 사례일 수가 많이 나타나 열대야일만으로 폭염을 설명하기에는 부족함을 알 수 있다. 연도별로는 1994년이 전 지점에서 세 가지 유형 모두 가장 많은 폭염일을 나타내었으며 유형3을 기준할 경우 연평균 11.7~14.4일이 폭염일로 나타났다. 그 다음으로 폭염일이 많이 나타난 해는 지역에 따라 차이가 있으나, 서울과 인천과 같이 중복권은 1997년, 2000년으로 나타났으며, 부

Table 11. Annual occurrence frequency of extreme heat

Year	Seoul			Busan			Daegu		
	Type 2	Type 3	Tropical night	Type 2	Type 3	Tropical night	Type 2	Type 3	Tropical night
1991	9.0	5.0	3.0	4.0	4.0	4.0	6.0	0.0	8.0
1992	3.0	0.0	3.0	14.0	9.0	8.0	12.0	16.0	12.0
1993	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
1994	35.0	35.0	34.0	55.0	51.0	44.0	53.0	48.0	42.0
1995	18.0	4.0	15.0	25.0	24.0	16.0	29.0	29.0	23.0
1996	22.0	15.0	13.0	31.0	28.0	24.0	27.0	33.0	16.0
1997	31.0	26.0	15.0	18.0	9.0	11.0	12.0	13.0	9.0
1998	6.0	5.0	2.0	14.0	8.0	12.0	10.0	9.0	9.0
1999	19.0	21.0	8.0	6.0	5.0	7.0	3.0	7.0	7.0
2000	28.0	20.0	12.0	22.0	16.0	22.0	6.0	0.0	14.0
2001	18.0	9.0	12.0	27.0	27.0	27.0	23.0	10.0	31.0
2002	5.0	4.0	4.0	6.0	6.0	6.0	8.0	8.0	10.0
2003	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	3.0	0.0	2.0
2004	22.0	20.0	13.0	12.0	14.0	4.0	23.0	15.0	15.0
Total	216.0	164.0	135.0	234.0	201.0	187.0	215.0	188.0	198.0
Ave.	15.4	11.7	10.4	16.7	14.4	13.4	15.4	13.4	15.2
Year	Incheon			Gwangju			Daejeon		
	Type 2	Type 3	Tropical night	Type 2	Type 3	Tropical night	Type 2	Type 3	Tropical night
1991	4.0	0.0	0.0	9.0	4.0	7.0	6.0	4.0	5.0
1992	6.0	5.0	1.0	13.0	6.0	15.0	15.0	18.0	10.0
1993	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1994	34.0	31.0	30.0	47.0	43.0	41.0	47.0	43.0	37.0
1995	13.0	5.0	13.0	18.0	20.0	24.0	21.0	19.0	15.0
1996	23.0	18.0	7.0	27.0	28.0	17.0	26.0	24.0	14.0
1997	33.0	25.0	11.0	10.0	13.0	13.0	17.0	15.0	8.0
1998	3.0	6.0	2.0	13.0	7.0	17.0	9.0	0.0	7.0
1999	16.0	16.0	3.0	9.0	6.0	7.0	11.0	7.0	2.0
2000	29.0	24.0	14.0	13.0	9.0	6.0	11.0	13.0	3.0
2001	17.0	24.0	13.0	20.0	19.0	13.0	14.0	12.0	6.0
2002	8.0	4.0	3.0	10.0	7.0	5.0	8.0	0.0	7.0
2003	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	3.0	0.0	4.0
2004	17.0	16.0	2.0	23.0	24.0	10.0	24.0	21.0	9.0
Total	203.0	174.0	99.0	212.0	186.0	177.0	212.0	176.0	127.0
Ave.	14.5	12.4	9.0	15.1	13.3	13.6	15.1	12.6	9.8

산과 대구와 같은 남동부권은 1996년, 2001년, 1995년, 남서부권인 광주, 대전은 1996년, 2004년, 1995년으로 나타나 지역에 따라 폭염이 다르게 나타남을 알 수 있다.

최근 기상청에서 보도한 7~8월동안 주요도시의 평균 열대야일수에 대해 동일 기간 동안 비교해볼 때, 본 연구의 경우 발생빈도는 다소 많이 나타났으며, 경향은 유사하게 나타났다. 발생빈도에 차이를 나타낸 이유는 본 연구의 경우 기간을 7~8월로 한정하지 않고 6~9월 사이에 폭염 발생일수를 나타내었기 때문으로 생각된다. 그리고 Fig. 3과 같은 보도자료<sup>20)</sup>와 비교해 볼 때, 1909년부터 2005년까지 평균 열대야 발생일수를 10년 단위로 살펴보면, 1990년대 초반에 비해 2배 이상빈도수가 증가하였고 특히 1990년대 이후부터 큰 상승폭을 보이고 있음을 확인할 수 있다.

따라서 열대야일과 같은 폭염일은 최근 기후변화

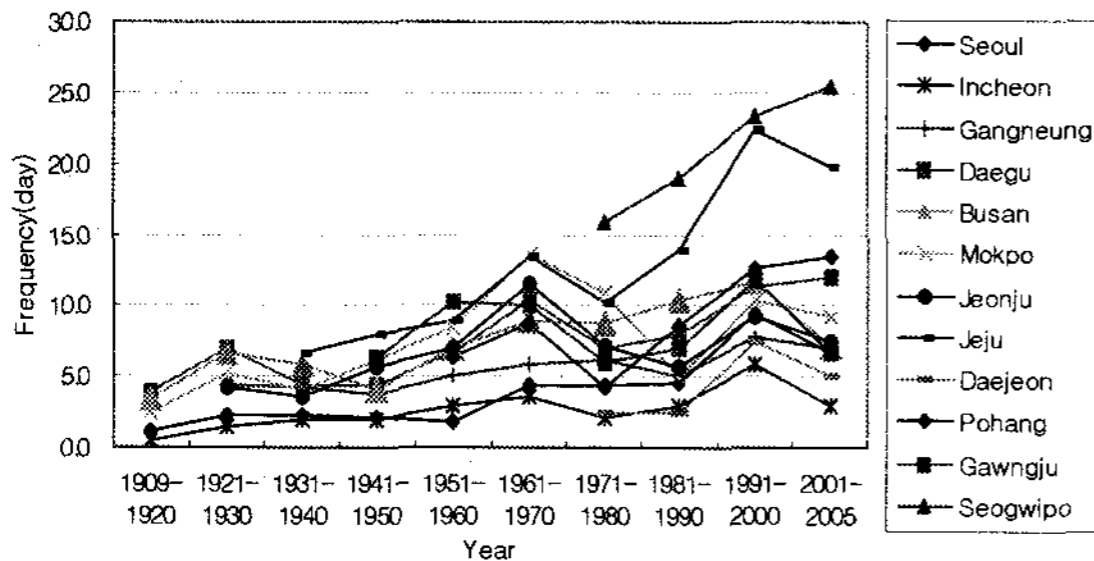


Fig. 3. Report on the tropical night day from KMA<sup>20)</sup>.

와 더불어 전국적으로 증가하고 있음을 알 수 있으며, 우리나라에서 발생하는 폭염 또는 폭염일은 지역에 따라 다르게 나타나 특보의 기준은 절대적인 정의보다는 지역의 기후특성을 고려하는 상대적 기준을 설정하여 운영하는 것이 기후변화로 나타나는 폭염으로부터 인간의 건강과 생명을 지킬 수 있을 것으로 생각된다.

Table 12는 지역별 폭염일의 월별 발생빈도를 유형2와 유형3 그리고 열대야일에 대해 나타내었다. 유형에 관계없이 8월이 가장 많은 발생빈도를 나타내었으며 그 다음은 7월, 9월, 6월 순으로 나타났다. 온대성 기후에서는 하계가 대개 6~8월사이로 정의되고 있으나 폭염의 경우 9월이 오히려 6월보다 발생빈도가 많이 나타나 기후변화로 하계가 길어졌음을 나타내어 주고 있다고 사료된다. 유형3을 기준으로 할 경우 6~9월 사이에 발생하는 폭염일의 연평균 총 일수는 14.1~16.3일로 나타났다.

#### 4. 결 론

무더위를 나타내는 용어는 여러 가지가 있으나, 무더위가 발생한 날을 폭염이라 정의하며, 기간의 의미가 내포될 경우 폭염이라고 정의할 수 있다. 본 연구에서는 폭염의 기준을 일최저기온이 25℃를 초과하며 열지수가 산출되는 유형 1과 일평균기온의 95번째 분위수에 해당하며 열지수가 산출되는 유형 2, 일최고기온의 95번째 분위수에 해당하며 열지수

Table 12. Monthly occurrence frequency of extreme heat day of each type and each metropolitan city from 1991 to 2004

Month	Seoul			Busan			Daegu		
	Type 2	Type 3	Tropical night	Type 2	Type 3	Tropical night	Type 2	Type 3	Tropical night
6	0.3	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.2
7	6.5	4.5	4.1	5.9	5.2	4.3	9.4	7.4	7.3
8	9.4	7.6	5.4	10.7	9.9	8.3	7.1	6.1	6.2
9	0.3	0.7	0.1	0.9	0.9	0.8	0.5	0.6	0.4
Total	16.4	14.1	9.6	17.4	16.1	13.4	16.9	14.9	14.1
Month	Incheon			Gwangju			Daejeon		
	Type 2	Type 3	Tropical night	Type 2	Type 3	Tropical night	Type 2	Type 3	Tropical night
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.6	0.0
7	5.7	4.7	2.6	8.6	7.1	6.7	8.2	6.6	5.0
8	10.3	9.3	4.4	7.9	7.6	5.8	8.4	7.4	3.9
9	0.2	1.1	0.1	0.4	1.0	0.1	0.1	0.4	0.1
Total	16.2	15.1	7.1	16.8	16.3	12.6	16.7	15.0	9.1

가 산출되는 유형 3에 대해 일사망자수와 상관관계를 분석한 결과 비교적 높은 상관을 나타내며, 통계적으로 유의수준을 만족하는 연속 2일 이상 폭염이 지속되는 경우를 폭염으로 정의하였다.

이러한 조건에 해당하는 날과 유형2에 해당하는 날, 그리고 기상청에서 무더위의 기준으로 제시하고 있는 열대야 발생 일수를 서울시를 포함한 6대도시(서울, 부산, 대구, 인천, 광주, 대전)를 대상으로 연도별로 제시하였는데, 열대야일과 같은 폭염일은 최근 기후변화와 더불어 전국적으로 증가하고 있음을 알 수 있으며, 지역에 따라 다르게 나타나 폭염이나 특보의 기준은 절대적인 정의보다는 지역의 기후특성을 고려하는 상대적 기준을 설정하여 운영하는 것이 기후변화로 나타나는 폭염으로부터 인간의 건강과 생명을 지킬 수 있을 것으로 생각된다.

지역별 폭염일의 월별 발생빈도를 유형2와 유형3 그리고 열대야일에 대해 나타내었다. 유형에 관계없이 8월이 가장 많은 발생빈도를 나타내었으며 그 다음은 7월, 9월, 6월 순으로 나타났다.

### 감사의 글

이 연구는 기상청 기상지진기술개발사업(CATER 2006-3303)의 지원으로 수행되었습니다.

### 참 고 문 헌

- 1) Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001, Climate Change 2001: Third Assessment Report (Volume II), impacts, Vulnerability and Adaptation. Cambridge, Cambridge University Press.
- 2) McMichael A. J., Campbell-Lendrum D. H., Corvalan C. F., Ebi K. L., Githeko A. K., Scheraga J. D., Woodward A., 2003, Climate change and human Health; Risks and Responses, World Health Organization, Geneva, 322pp.
- 3) World Health Organization, 2003, Methods of assessing human health vulnerability and public health adaptation to climate change, Health and Global Environmental Change Series No. 1, WHO Regional Office for Europe, 111pp.
- 4) Meehl G. A., Tebaldi C., 2004, More intense, more frequent and longer lasting heat waves in the 21st century, Science, 305(5686), 994-997.
- 5) Thornbrugh C., 2001, Are America's Cities Ready for the Hot Times Ahead?, SOARS Program protege.
- 6) 박종길, 윤숙희, 조대현, 이종태, 석경하, 엄상화, 정우식, 김경혜, 2005, 보건기상정보 산출기술 개발(II), 인제대학교 대기환경정보연구센터, 2005. 12, 기상청, 119pp.
- 7) 환경부, 2005, 기후변화가 건강에 미치는 영향 및 적응대책 마련 - 이상고온으로 인한 초과사망률 역학연구를 중심으로, 181pp.
- 8) 성주현, 김호, 조수현, 2001, 1994년 하절기의 심혈관계 및 호흡기계 초과사망 - 이상고온 및 대기오염의 영향을 중심으로-. 예방의학회지, 34(4), 316-322.
- 9) Karen E., Smoyer T., Kuhn R., Hudson A., 2003, Heat wave hazards : An overview of heat wave impacts in Canada, Natural Hazards, 28, 463-485.
- 10) CDC, 1995, Heat - related illness and death - United States, 1994-1995, MMWR Morb Mortal Wkly Rep., 44(25), 465-468.
- 11) [http://www.metoffice.gov.uk/weather/europe/uk/heat\\_health.html](http://www.metoffice.gov.uk/weather/europe/uk/heat_health.html)
- 12) World Health Organization, 2004, Heat-waves : risks and responses, Health and Global Environmental Change, Series, No. 2. Energy, Environment and Sustainable Development, WHO Regional Office for Europe, 123pp.
- 13) Tan J., Kalkstein L. S., Huang J. X., Lin S. B., Yin H. B., Shao D. M., 2004, An operational heat/health warning system in shanghai., Int J Biometeorol, 48, 157-162.
- 14) World Meteorological Organization, 2004, Guidelines an Biometeorology and air quality forecasts., Geneva, Switzerland, WMO/TD No.1184.
- 15) 環境省, 2006, 熱中症 保健指導 マニュアル, 2006年 6月 改訂版, 環境省環境保健部環境安全課, 56pp.
- 16) 김은별, 2007, 고온현상과 대기오염물질이 일사망자수에 미치는 영향, 석사학위논문, 대기환경정보공학과, 인제대학교, 김해.
- 17) 권호장, 1998, 서울시의 대기오염과 일별사망의 관련성에 대한 시계열적 연구, 박사학위논문, 의학과, 서울대학교, 서울.
- 18) 김재용, 김호, 전상일, 김정현, 2004, 보건기상정보 산출기술 개발(I) - 기상변화에 따른 건강예보 시스템 개발-, 건강보험심사평가원, 2004. 12, 기상청, 112pp.
- 19) Lee D. G., 2006, Study on the Correlation and Characteristics of Weather elements affecting Daily Mortality in the Korean Peninsula, Master's thesis, Inje University, Gimhae.
- 20) 기상청, 2006, 8월 4일자 보도자료, 기후예측과.