

폭염이 일사망자수에 미치는 영향에 관한 연구

A Study on the Influence of Extreme Heat on Daily Mortality

박종길·정우식^{1)*}·김은별¹⁾

인제대학교 환경공학부/기초과학연구소,

¹⁾인제대학교 대기환경정보공학과/대기환경정보연구센터

(2008년 3월 19일 접수, 2008년 10월 15일 채택)

Jong-Kil Park, Woo-Sik Jung^{1)*} and Eun-Byul Kim¹⁾

School of Environmental Sciences Engineering / Institute of Basic Science,

Inje University, Gimhae 621-749, Korea

¹⁾*Department of Atmospheric Environment Information Engineering / Atmospheric Environment Information Research Center, Inje University, Gimhae 621-749, Korea*

(Received 19 March 2008, accepted 15 October 2008)

Abstract

In Korea, the global warming leads to more frequent high temperature region, increasing the need for research into physical damage caused by high temperature. We therefore analyzed the differences of mortality, caused by extreme heat, among gender and age. We also examined the trend of mortality from high temperature-sensitive diseases. Women are more affected by exposure to high temperature than are men; people over 65 years old have higher mortality rate (1.5 times) than under 65. As for high temperature-related diseases, cerebrovascular disease was the number one cause of death, and chronic lower respiratory disease and cardiovascular disease followed.

Key words : Global warming, Extreme heat, Daily mortality, High temperature sensitive diseases

1. 서 론

IPCC (2007) 4차 요약보고서에 의하면 과거 100년간의 전세계적 장기적 기온변화가 3차 보고서 분석 결과보다, 0.16°C/100년 높은 0.74°C/100년으로 나타나 최근들어 지구온난화가 급속도로 이루어지고 있음을 알 수 있다. 뿐만 아니라 이러한 지구온난화는 향후 20년간 0.2°C/10년의 상승률로 진행될 것이고,

그림 1에서 확인할 수 있듯이 모든 시나리오 결과에서 지구의 평균 온도가 상승함을 알 수 있다.

박종길 등(2006)에서 제시하는 바와 같이 우리나라에서도 지구온난화로 인해 기온의 변화가 어느 정도 이루어졌는지 알아보기 위해 인구가 가장 많이 밀집해 있는 서울시를 대상으로 1961년부터 1990년까지 30년 평균기온과 1971년부터 2000년까지의 30년 평균기온을 비교해 보았다. 그 결과(그림 2), 0°C 부근과 20°C 부근에서 뚜렷한 극값을 보이는 bimodal 형태를 나타내고 있으며, 이들 값은 지난 30년에 비해 발생빈도가 크게 증가하였음을 알 수 있다. 또한

*Corresponding author.

Tel : +82-(0)55-320-3932, E-mail : wsjung1@inje.ac.kr

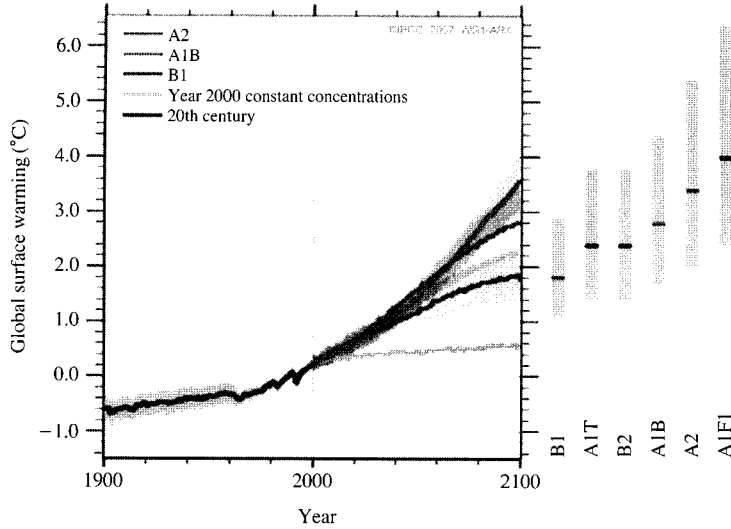


Fig. 1. Multi-Model averages and assessed ranges for surface warming (after IPCC, 2007).

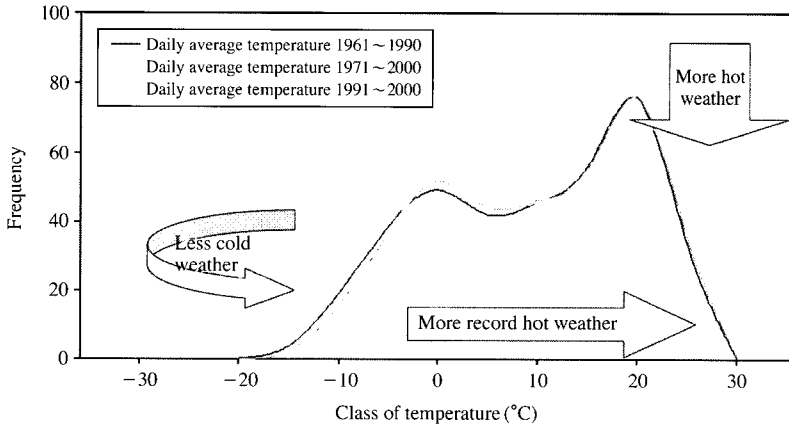


Fig. 2. Distribution of average air temperature during 30 years from 1961 to 1990 and from 1971 to 2000, and 10 years from 1991 to 2000.

전반적으로 오른쪽으로 이동한 현상을 나타내고 있으며 저온역이 고온역에 비해 상대적으로 오른쪽으로 많이 편향하여 우리나라의 경우도 지구온난화의 영향을 받고 있음을 알 수 있다. 특히 기후변화의 change point를 1991년으로 정의한 Park and Seok (1998)의 지적에 의해 최근 10년간(1991~2000년)의 평균 기온은 30년의 평균값에 비해 오른쪽으로 편향한 정도가 크게 나타났으며 최저기온의 경우 5°C 정도 상승하였고 발생빈도가 크게 증가하여 최근 우리나라는

상당히 따뜻해졌으며 온난화 진행속도도 상당히 빨라졌음을 알 수 있다.

이와 같이 기후변화로 인한 이상기상 현상이 빈발함에 따라 환경이 건강에 미치는 영향에 대한 연구가 절실히 필요하나 현재 대기환경이 건강에 미치는 영향에 대한 국내 연구는 주로 도심지역을 중심으로 대기오염과 건강과의 관련성이 어떠한지를 조사한 연구가 대부분일 뿐 아니라(홍윤철과 조수현, 2001; 권호장, 1998; 조수현, 1995), 이들 연구는 특정 계절

이나 이상기상현상이 발생하는 시기를 대상으로 하지 않고 획득자료의 전기간을 사용하고 있으므로, 폭염으로 인한 영향 분석 시 정확도가 낮을 수도 있다.

대기환경이 건강에 미치는 영향을 연구할 때 대기 오염 물질뿐만 아니라 지구온난화에 따라 나타나는 여러 가지 기상현상 특히 기온변화에 의한 영향도 충분히 고려해야 한다. 더운 여름철의 폭염, 겨울의 혹한기, 환절기에 질병이 악화되기도 하며 심지어는 급성 사망에 이르기도 하는데, 이러한 기전에 대한 학문적 관심은 더욱 증대되고 있다.

특히 폭염과 같은 고온 현상은 고온관련 질병을 발생시킬 뿐만 아니라 인간의 심혈관계 및 뇌혈관계에 간접적으로 영향을 미치고, 장시간 고온에 노출될 경우 항상성 유지를 위한 체열조절능력이 감소하게 되어 열사병(heat stroke), 열탈진(heat exhaustion), 열실신(heat syncope), 열경련(heat cramps) 등의 질병이 발생하게 된다(Park and Lee, 2006; Park *et al.*, 2006; 박종길 등, 2005; Cinar *et al.*, 2001).

따라서 본 연구에서는 폭염발생일을 대상으로 하여 폭염발생 시 나타나는 사망자수의 발생 경향이 대도시를 중심으로 어떠한 차이를 보이는지에 대해서 살펴보고, 연령별이나 성별에 따라서 사망자수의 발생 경향이 어떻게 달라지는지에 대해서도 알아보고자 한다. 또한 폭염과 관련성이 있다고 선행연구에서 밝히고 있는 질병에 의한 사망자수가 실제 폭염이 발생함에 따라 변화하는지를 살펴보고자 한다. 이를 통해 향후 이루어지게 될 폭염으로 인한 피해 예방에 관한 연구의 기초 자료를 마련하고자 한다.

2. 자료 및 방법

기후변화로 인해 나타나는 중위도 온대지방의 고온현상으로 고온과 관련한 질병의 발병율이 점차 증가할 것으로 예견되는 가운데 일사망자수와도 높은 상관을 나타내고 있다(Lee, 2006; Kim, 2004). 이에 따라 한반도에 나타난 폭염이 일사망자수에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 이를 위하여 사용한 자료는 통계청 발행 사망자료와 기상청 발행 지상관측기상자료를 사용하였으며 구체적인 내용은 다음과 같다.

Table 1. The variables associated with the database of death data and their explanation.

Variables	Explanation	Note		
Station	City	11: Seoul(SU)	21: Busan(BS)	
		22: Daegu(DG)	23: Incheon(IC)	
		24: Gwangju(GJ)	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 I	ICD 10 code	Death by disease (A00-R99)		
			00~04: 1	05~09: 2
			10~14: 3	15~19: 4
			20~24: 5	25~29: 6
			30~34: 7	35~39: 8
			40~44: 9	45~49: 10
			50~54: 11	55~59: 12
			60~64: 13	65~69: 14
			70~74: 15	75~79: 16
			More than 80: 17	

2.1 사망자료

기상요소와 대기오염물질이 건강에 미치는 영향을 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 표 1과 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 결

Table 2. The example of the standardization of daily mortality by age group in Seoul and Busan, Korea on 3 July 2006.

Sex	Age	Standard popul. (a)	Seoul				Busan			
			Daily mortal. (b)	Daily dominator popul. (c)	Death per 100,000 (d)=(b)/c	Expected number of deaths (e)=(a) × (d)	Daily mortal. (b)	Daily dominator popul. (c)	Death per 100,000 (d)=(b)/c	Expected number of deaths (e)=(a) × (d)
M	0~4	1,689,517	0	314,908	0.0	0.0	2	107,346	1.9	31.5
	5~9	1,903,325	0	349,458	0.0	0.0	0	134,351	0.0	0.0
	10~14	1,659,786	0	330,668	0.0	0.0	0	128,450	0.0	0.0
	15~19	1,926,753	1	400,040	0.2	4.8	0	161,353	0.0	0.0
	20~24	2,021,488	0	460,555	0.0	0.0	0	181,748	0.0	0.0
	25~29	2,260,009	0	562,129	0.0	0.0	0	169,430	0.0	0.0
	30~34	2,303,166	1	541,438	0.2	4.3	0	162,174	0.0	0.0
	35~39	2,242,344	3	450,231	0.7	14.9	0	158,466	0.0	0.0
	40~44	2,125,313	3	448,965	0.7	14.2	1	176,541	0.6	12.0
	45~49	1,532,344	4	365,635	1.1	16.8	4	148,031	2.7	41.4
	50~54	1,195,544	8	288,111	2.8	33.2	1	114,380	0.9	10.5
	55~59	1,003,925	7	241,280	2.9	29.1	2	90,482	2.2	22.2
	60~64	840,681	7	180,642	3.9	32.6	5	70,682	7.1	59.5
	65~69	568,990	3	106,089	2.8	16.1	1	43,498	2.3	13.1
	70~74	336,557	3	56,330	5.3	17.9	2	23,423	8.5	28.7
75~79	209,170	2	33,032	6.1	12.7	0	12,566	0.0	0.0	
More 80	98,983	9	16,607	54.2	53.6	2	5,222	38.3	37.9	
F	0~4	1,538,491	1	291,936	0.3	5.3	0	95,917	0.0	0.0
	5~9	1,676,991	0	310,810	0.0	0.0	0	114,032	0.0	0.0
	10~14	1,490,692	0	296,179	0.0	0.0	0	113,679	0.0	0.0
	15~19	1,805,403	0	367,762	0.0	0.0	0	149,627	0.0	0.0
	20~24	1,922,269	0	469,402	0.0	0.0	0	171,396	0.0	0.0
	25~29	2,162,330	0	541,261	0.0	0.0	0	161,927	0.0	0.0
	30~34	2,206,046	0	496,765	0.0	0.0	0	161,378	0.0	0.0
	35~39	2,123,583	3	432,946	0.7	14.7	1	160,332	0.6	13.2
	40~44	2,035,562	0	474,224	0.0	0.0	0	184,680	0.0	0.0
	45~49	1,492,612	4	384,790	1.0	15.5	1	149,705	0.7	10.0
	50~54	1,178,793	0	294,585	0.0	0.0	0	114,170	0.0	0.0
	55~59	1,068,758	2	237,161	0.8	9.0	0	90,407	0.0	0.0
	60~64	971,217	4	182,902	2.2	21.2	1	77,066	1.3	12.6
	65~69	777,065	2	129,283	1.5	12.0	2	57,329	3.5	27.1
	70~74	568,539	6	93,387	6.4	36.5	0	42,094	0.0	0.0
75~79	387,997	5	65,167	7.7	29.8	2	27,191	7.4	28.5	
More 80	218,104	13	38,544	33.7	73.6	3	13,643	22.0	48.0	
Total	47,542,347	91	10,253,222	135.3	467.8	30	3,772,717	99.9	396.2	

쳐 제공되는 값이 아니므로 자료 처리에 통일성을 주기 위해 질병에 의한 사망자수 분류는 의학계통의 선행연구에서 질병에 의한 사망이라고 정의하고 있는 ICD-10의 A00-R99에 해당되는 사망자수를 사용하였다(권호장, 1998).

사망자수의 표준화는 5세 간격으로 직접표준화법을 시행하였으며, 지역별 비교를 위해 사용된 표준인구는 본 연구 기간 중에서 실제 총인구조사를 통해 얻어진 가장 최근의 인구 분포인 2000년 12월 31일

의 전체 인구를 대상으로 하였다. 다른 연구들을 살펴보면 표준인구를 일정한 시점에 대한 각 지역별 인구로 정의하는 경우가 있다. 그러나 표준인구(standard population)는 비교하고자 하는 집단들의 전체를 대표할 수 있는 인구구조를 가지고 있어야 하고, 보통 한 나라 내에서 여러 지역을 비교하는 경우에는 그 나라의 총 인구가 표준집단으로 선정되고, 국제간 비교를 할 경우에는 세계보건기구(World health organization, WHO)에서 산정한 세계 표준인구분포

Table 3. Informations of the surface synoptic stations in used in this study.

Station No.	Station	Lat. (N)	Long. (E)	H ¹⁾ (m)	Hb ²⁾ (m)	ht ³⁾ (m)	ha ⁴⁾ (m)	hr ⁵⁾ (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

¹⁾H: Height of observation field above mean sea level; ²⁾Hb: Height of barometer above mean sea level; ³⁾ht: Height of thermometer above the ground; ⁴⁾ha: Height of anemometer above the ground; ⁵⁾hr: Height of rain gauge above the ground

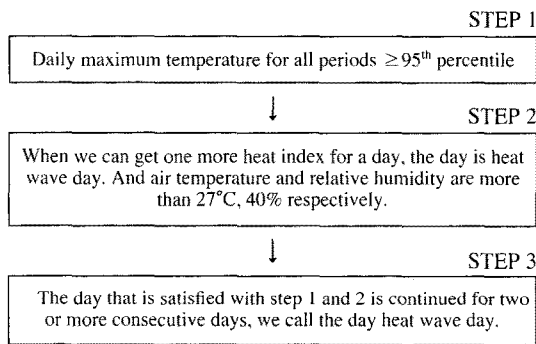


Fig. 3. Procedures for defining an extreme heat day.

Table 4. Results of grouping in the analysis of relationship between extreme heat days and mortality.

Duncan grouping	Average	Station
A	652.82	Incheon
A		
B	617.05	Busan
B		
B	596.20	Daegu
C	549.99	Daejeon
C		
C	538.70	Seoul
C		
C	533.15	Gwangju

가 이용되므로 본 연구에서는 전체 인구를 표준 인구로 사용하였다.

현재 제공되고 있는 인구자료는 매년 12월 31일을 기준으로 정하는 값이므로 일별 인구수인 분모인구수 (base population)를 추정하기 위해서 식(1)을 사용하였다.

$$\text{분모인구수} = \text{전년도말 인구} + (\text{금년도말 인구} - \text{전년도말 인구}) \times \frac{\text{경과일수}}{365} \quad (1)$$

표 2는 2001년 7월 3일의 서울과 부산을 예로 들어 표준화의 방법을 제시하고 있다. 그 방법을 살펴보면 각 지역별 실제 발생 사망자수를 분모인구수로 나눈 뒤에 표준인구를 곱함으로써 표준화 사망자수를 산출하고 있다.

2.2 기상자료

기상요소가 사망의 직접적인 원인은 될 수 없으나, 박종길 등(2005)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 표 3과 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 폭염발생기준

본 연구에서의 폭염발생기준은 선행연구(박종길 등, 2008, 2006) 중에서 지역적으로 일최고기온이 95분위수에 해당하며 열지수가 27°C 이상인 날이 연속 2일 이상 폭염이 지속되는 경우를 폭염발생으로 정의하고 있는 기준을 사용하였다(그림 3).

2.4 분산분석

본 연구에서는 사망자수 발생의 지역 간의 차이를 비교하기 위해 SAS 9.1의 PROC GLM을 이용한 분

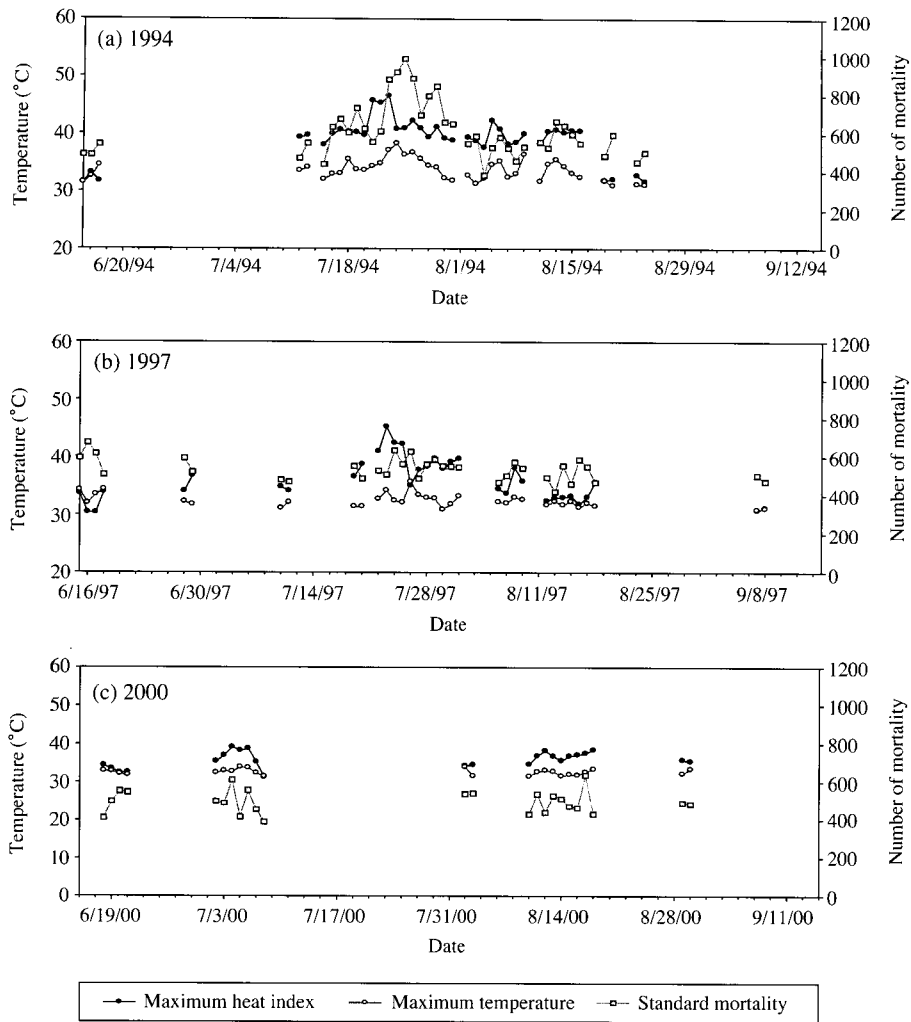


Fig. 4. Time series of daily maximum heat index, maximum temperature and the standardized daily mortality in summer season at Seoul, Korea.

산 분석을 실시하였다. 분산 분석시 독립변인은 표준화된 사망자수이고, 독립변인의 집단은 서울, 부산, 대구, 인천, 광주 그리고 대전으로 설정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 지역 특성 분석

본 연구에서는 대상지점으로 선정된 6대 도시에서 폭염기간 동안에 발생한 사망자수가 지역별 어떠한

차이를 보이는지를 알아보기 위해 지역별로 발생한 표준사망자수를 대상으로 일원배치분산분석을 GLM 절차를 통해 분석을 수행하였다. 그 결과 자유도는 5이며, 지역인자의 유의확률이 0.0001 이하로서 유의수준 0.05에서의 귀무가설이 기각된다. 즉, 폭염기간 동안에 발생하는 사망자수는 지역에 따라 큰 차이가 있다는 것을 알 수 있다. 이와 같은 결과를 통해 일 사망자수와 기상요소와의 상관성에 대한 연구는 임의지역을 선정하여 연구하는 것이 바람직하지 못하며, 지역적인 기상 및 기후요소의 영향이 크므로 이

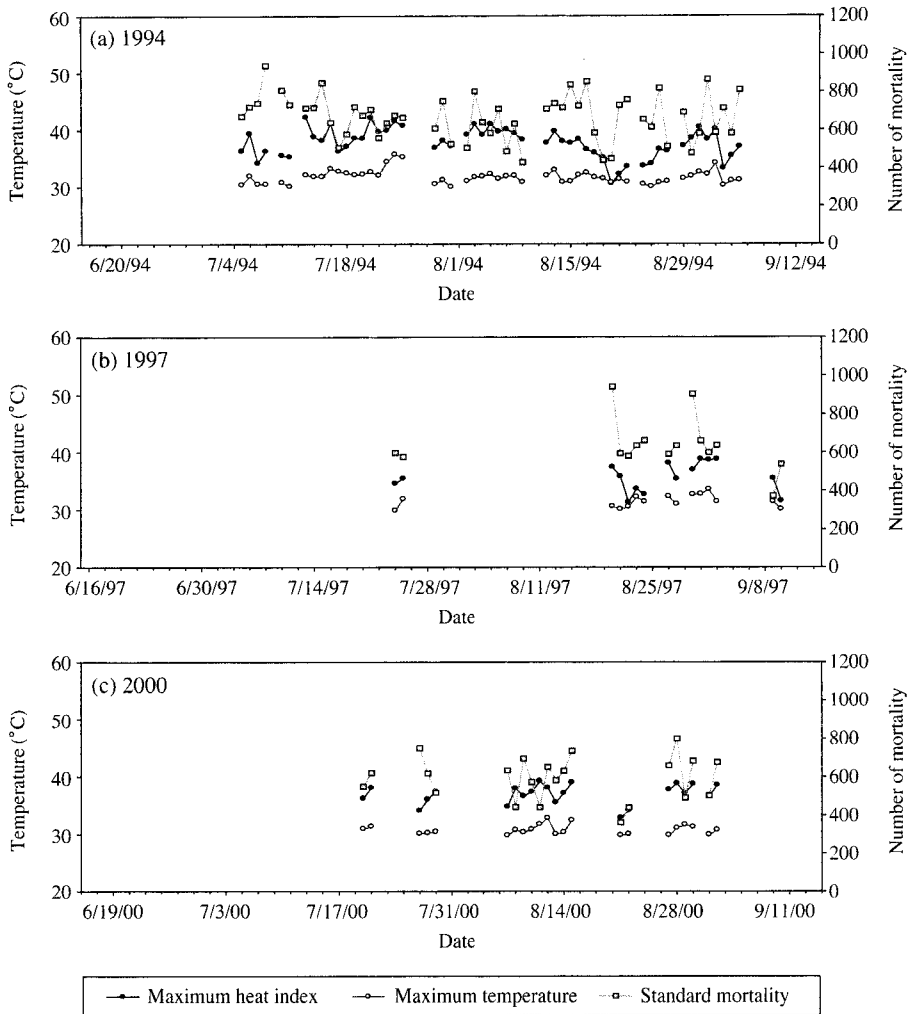


Fig. 5. Time series of daily maximum heat index, maximum temperature and the standardized daily mortality in summer season at Busan, Korea.

들의 영향이 동일한 지역을 찾아 그 지역에 맞는 연구가 이루어져야 함을 확인할 수 있었다.

분산분석결과, 유의한 차이를 나타내고 있는 각 지역에 대해 Duncan방법을 이용한 다중 비교를 수행하였다. 그 결과, 차이가 나타나는 지역 중에서도 유사한 그룹을 나타낸 결과(표 4)는 각 유형별로 다르게 나타나고 있다. 그러나 두 가지 유형 모두에서 공통적으로 서울, 대전, 광주가 대구, 부산은 모든 경우에 그룹에 속하는 도시 간의 유의한 차이가 나타나지 않아 6대 도시 중 연구기간 동안의 기상자료와

사망자료가 모두 갖춰져 있는 서울, 부산, 대구 세 도시를 재 선택하더라도 다른 도시의 경향을 충분히 반영할 수 있을 것이라 판단되므로 이후 기상요소와의 상관관계분석은 서울과 부산 그리고 대구 세 지점을 중심으로 살펴보았다.

폭염기간 동안 일최고기온과 일최고열지수가 표준화된 사망자수 간의 관련성을 살펴보고자 하였다. 이에 따라 분산분석에 의해 선정된 서울, 부산, 대구를 대상으로 비교적 높은 폭염발생 빈도수를 나타낸 1994년, 1997년 그리고 2000년 하계기간(박종길 등,

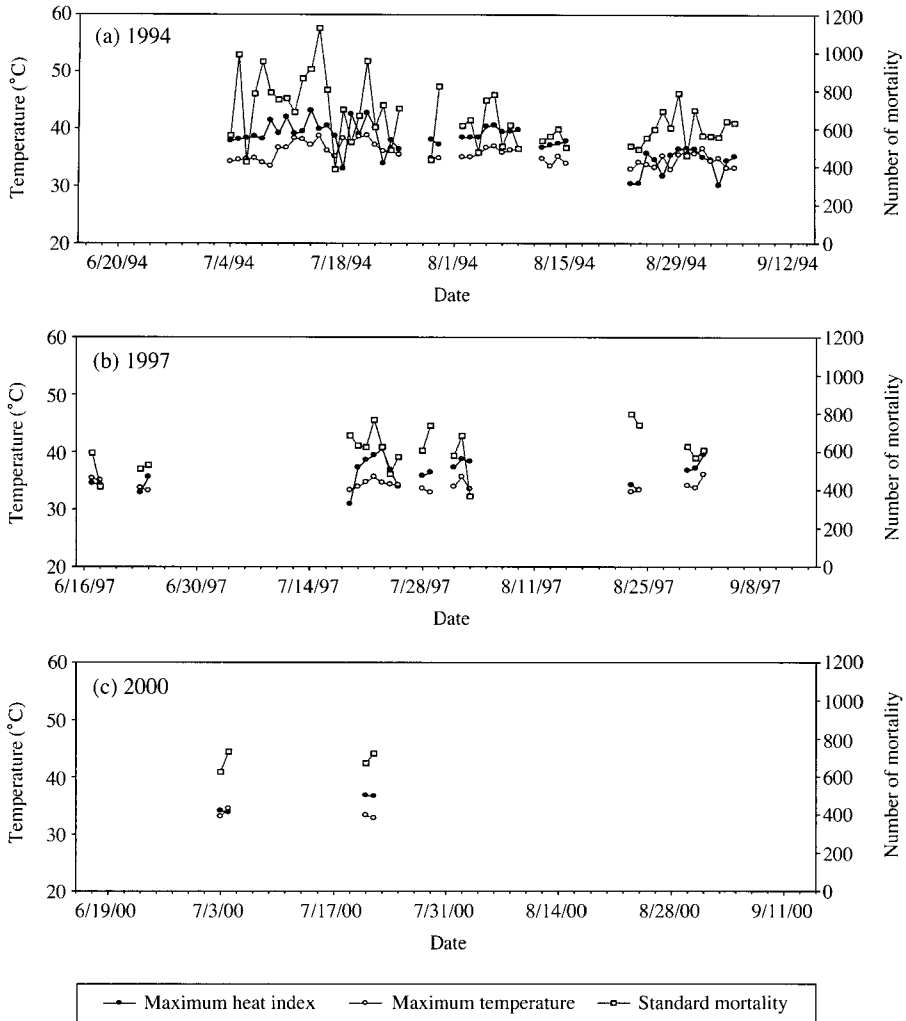


Fig. 6. Time series of daily maximum heat index, maximum temperature and the standardized daily mortality in summer season at Daegu, Korea.

2006)의 시계열 분석을 실시하였다.

시계열 분석에서도 일최고기온과 일평균기온이 유사한 경향을 나타내고 있다. 예를 들어 사망자수가 증가-감소-증가-감소의 패턴을 보일 때 일최고기온은 이러한 사망자수의 변화경향과 유사한 패턴을 보이고 있다. 그리고 기온과 관련된 항목이 높은 값을 보인 당일이나 다음날 사망자수가 최대값(peak)을 이루면서 급격히 증가하는 반면 최고열지수는 높은 값을 보인 당일이나 다음날 외의 다른 날에도 영향을 미치고 있었다. 뿐만 아니라 1994년과 같이 연속

적으로 장기간 폭염이 지속되는 경우에는 일최고기온 그리고 일최고열지수가 모두 표준화된 사망자수 발생과 유사한 경향을 나타내고 있지만 3일 이하의 단기간 동안 폭염이 발생할 때는 일최고열지수는 표준화 사망자수의 발생 경향과 다른 패턴을 보이고 있어 선행연구(박종길 등, 2006)에서 일반 단일 기상 요소인 기온에 의한 것보다는 습도와 기온을 동시에 고려한 열지수가 사망자수에 더 많은 영향을 미칠 것이라는 추정과는 조금 상이한 결과를 보였다.

시계열 분석에서 관련성이 있어 보이는 각 요소들

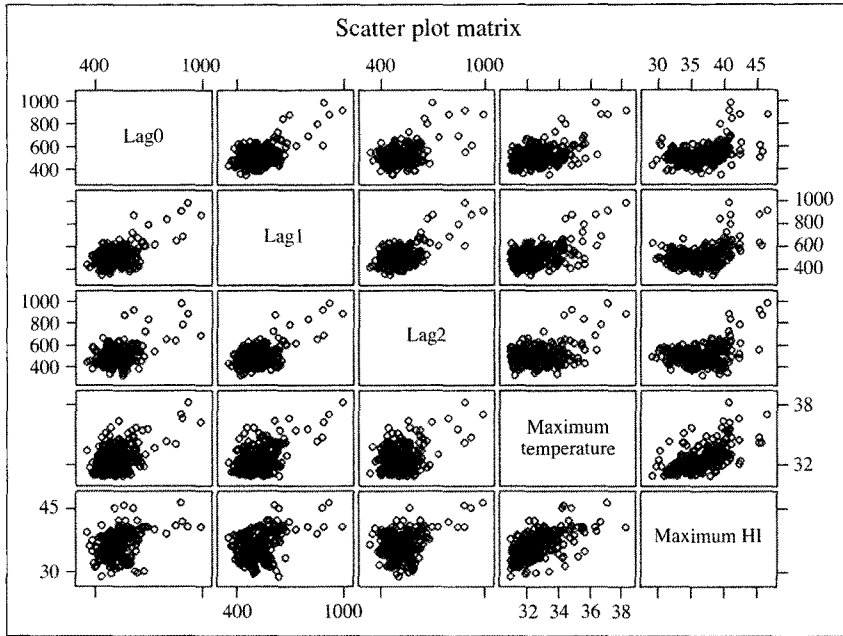


Fig. 7. Scatter plot matrix of daily maximum temperature, maximum heat index and the standardized daily mortality in Seoul.

이 실제 상관성이 있는지를 객관적으로 알아보기 위해서 세 지점에 대하여 각 유형별 상관분석을 실시하였다. 이때 앞서 실시한 시계열 분석에서 기온이나 열지수와 사망자수 사이에 지연 시간(lag time)이 존재한다고 생각되어 당일 표준화된 사망자수뿐만 아니라 14일의 지연시간까지 고려하여 상관관계를 도출하였다. 또한 비폭염 기간에 발생하는 사망자수가 기온 등의 요소와 상관을 가지는지에 대한 상관 분석을 실시하였다. 그 결과 유의수준을 만족하지 못하거나, 유의수준을 만족하더라도 상관 계수가 0.1에 못 미쳤다. 이에 따라 본 연구에서는 주로 폭염이 발생한 기간을 대상으로 하여 분석을 실시하였다.

서울의 결과를 살펴보면(그림 7) 일최고기온과 폭염 발생 다음날, 폭염발생 당일의 표준화된 사망자수와의 상관계수는 각각 0.512와 0.487로 나타나고 일최고기온의 경우는 폭염발생 다음날 0.404로 가장 높은 값을 보이고 있다. 이러한 결과를 통해 서울은 폭염발생 다음날의 표준화된 사망자수 즉, 지연시간이 1일일 때의 사망자수와의 높은 상관을 보이고 있어 앞서 살펴본 시계열 분석에서 확인했듯이 폭염이

발생한 당일 바로 사망자수가 증가하기 보다는 하루 정도의 지연시간을 가지고 사망자수가 증가함을 알 수 있었다.

본 연구에서 제시하고 있는 상관계수값이 통계적인 측면에서는 낮은 값을 나타내고 있으나, 일사망자수는 여러 요인의 복합적인 영향을 받아 발생하는 현상이라는 점을 고려할 때 단일 기상요소인 '기온' 혹은 '습도와 기온'의 복합적 영향을 설명하는 열지수의 값만으로 사망자수의 상관성을 구했을 때 상관 계수가 0.5 정도인 것은 상관관계가 매우 높다는 것으로 해석할 수 있다. 또한 이러한 결과의 선행연구 중 Lee (2006)의 분석결과와 일치하고 있다. 선행연구의 경우는 폭염이 발생하였다고 추정되는 1994년의 하계를 대상으로 하고 있고 본 연구에서는 1991년부터 2004년의 기간 동안 폭염기간을 선정하여 분석을 실시하였음에도 불구하고 지연 효과 1일일 때 가장 높은 상관을 보이고 있으며, 일최고기온보다는 일평균기온에서 더 높은 상관을 보인다는 공통의 결과를 얻었다.

그러나 부산의 경우에는 서울과는 다른 결과를 나

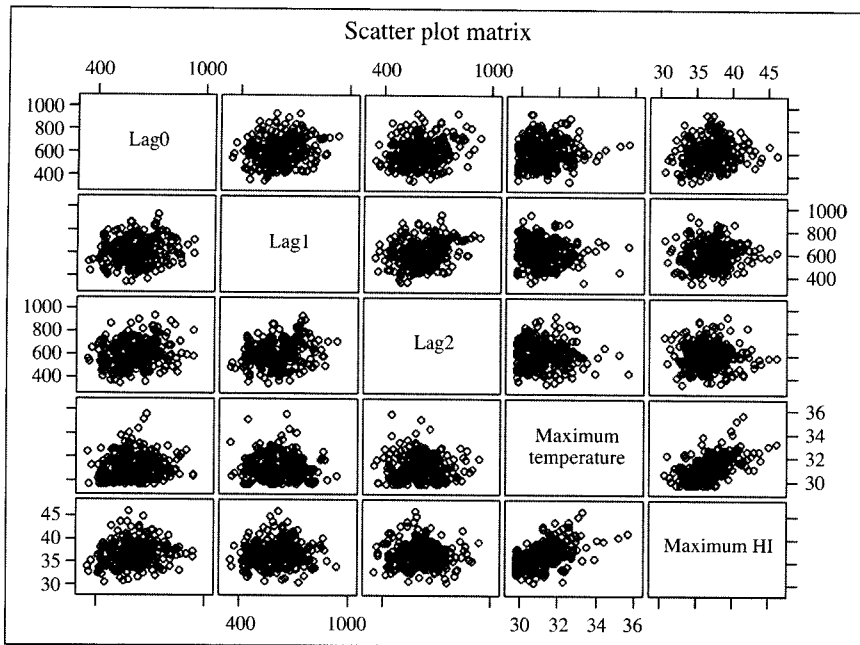


Fig. 8. Scatter plot matrix of daily maximum temperature, maximum heat index and the standardized daily mortality in Busan.

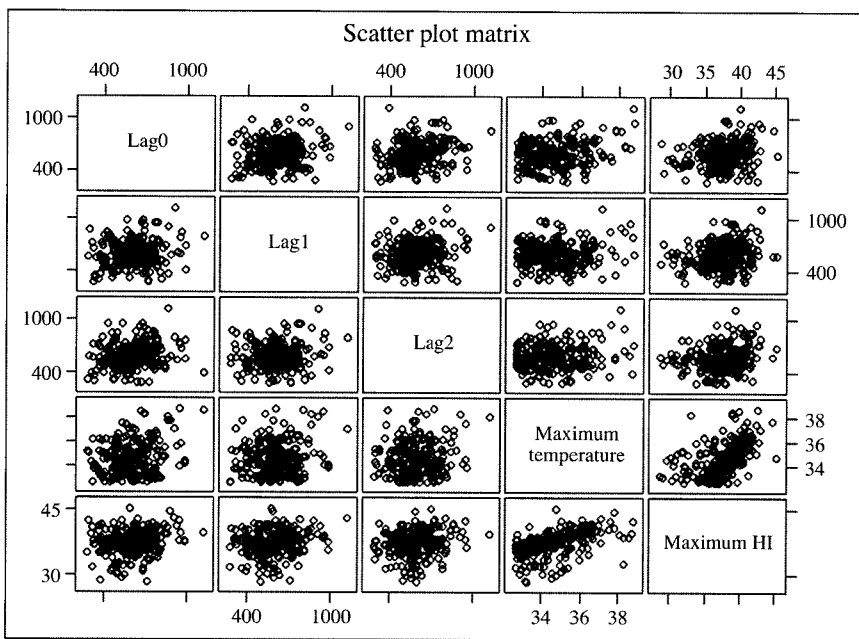


Fig. 9. Scatter plot matrix of daily maximum temperature, maximum heat index and the standardized daily mortality in Daegu.

타내고 있는데 각 요소 간의 산포도를 통해서도 확인해 볼 수 있듯이 서울에서는 일정한 양의 상관성을 찾아볼 수 있었지만 부산 지역에서는 모든 유형에서 상관성을 찾아보기 힘들었으며 상관계수 값도 유의하지 않은 것으로 나타나 시계열 분석에서 표준화된 사망자수와 기온이나 열지수와 관련된 요소들이 비슷한 경향을 나타내었다고 하더라도 실제 상관성이 나타나지 않을 수도 있다는 것을 알 수 있었다. 대구 지점에서는 폭염발생 당일 표준화된 사망자수와 일최고기온, 일최고열지수와와의 상관계수가 0.242와 0.224로 나타나 유의한 상관성을 나타냈지만 그 상관정도가 매우 낮음을 알 수 있었다.

위의 결과를 종합적으로 살펴볼 때 앞선 시계열 분석에서 사망자수와 기온, 열지수 간의 경향이 유사하게 나타났다고 하더라도 실제 상관관계를 구해보았을 때 유의하지 않을 수도 있다는 사실을 확인해 볼 수 있었다. 또한 연구초기에 단일 기상요소인 기온보다는 기온과 습도를 동시에 고려해 무더위를 지수화한 열지수가 사망자수와와의 상관성이 더 좋을 것이라고 추정하였지만 실제 가장 높은 상관성을 보인다고 판단되는 지연효과 1일의 상관계수를 비교해보자면 오히려 기온에 관련된 요소가 더 높은 상관성을 보이고 있었다.

이는 열지수가 무더위로 인한 건강의 피해와 관련이 있는 기온뿐만 아니라 습도까지 고려하고 있으나, 이는 어디까지나 열지수가 개발된 미국에 적합한 지수식이다. 이와 같은 이유로 열지수가 어느 정도 우리나라의 기후에 반영될 수도 있지만, 기온이 단독으로 사용된 경우보다 낮은 상관성을 나타내는 것이다.

이하의 분석에서도 산포도를 그려본 후 상관성이 존재한다고 판단되는 경우를 대상으로 상관분석을 실시하는 과정을 동일하게 수행하였으나, 유의한 상관계수가 각 요소 간의 상관성을 설명하는 값이 되므로 이하에서는 상관계수를 제시하였다.

3.2 성별

서울, 부산, 대구 지역을 대상으로 상관관계 분석을 실시해 본 결과 부산은 유의수준을 만족하지 못하였고 대구 또한 매우 낮은 상관정도를 보였으므로 이들 지역을 제외하고, 0.5 이상의 상관계수 값을 보이는 서울지역을 대상으로 성별, 연령 그리고 질병의 항목에 따라 추가적인 분석을 실시하였다. 추가적인

Table 5. Annual mortality during the period of extreme heat day by sex in Seoul.

Year	Female	Male	Total
1991	1479.53	2012.15	3491.68
1992	751.41	1098.36	1849.77
1993	0.00	0.00	0.00
1994	11900.27	13011.18	24911.46
1995	1001.06	1180.78	2181.85
1996	4701.67	5155.70	9857.37
1997	8946.11	9277.26	18223.37
1998	1862.56	1999.53	3862.09
1999	5371.30	5852.33	11223.63
2000	5880.32	6082.25	11962.57
2001	2313.17	2849.51	5162.68
2002	887.83	1054.98	1942.82
2004	4256.64	4967.45	9224.09
Total	49351.87	54541.50	103893.37
Average	3796.30	4195.50	7991.80
SD	3550.97	3751.78	7299.65

Table 6. Correlation coefficients table between the standardized daily mortality and weather elements.

Female						
	Lag0	Lag1	Lag2	Lag3	Lag4	Lag5
T _{Max}	0.43938 <.0001	0.4764 <.0001	0.36315 <.0001	0.3093 <.0001	0.31783 <.0001	0.2661 0.0002
HI _{Max}	0.33711 <.0001	0.39372 <.0001	0.34653 <.0001	0.36372 <.0001	0.3842 <.0001	0.26764 0.0001
Male						
	Lag0	Lag1	Lag2	Lag3	Lag4	Lag5
T _{Max}	0.37622 <.0001	0.38277 <.0001	0.34836 <.0001	0.23522 0.0009	0.26157 0.0002	0.24976 0.0004
HI _{Max}	0.33219 <.0001	0.27818 <.0001	0.27539 <.0001	0.34431 <.0001	0.2833 <.0001	0.2483 0.0004

분석은 서울시 사망자수를 이용해서 여러 가지 항목에 대한 사망자수의 특징을 알아본 것으로 지역 간의 비교를 목적으로 한 것이 아니므로 서울지역의 2000년 12월 31일의 인구수를 기준으로 재표준화된 사망자수를 구하였다.

서울에서의 폭염기간 동안 남녀 사망자수의 연간 변화를 살펴보면(표 5), 남성의 경우가 여성에 비해 적게는 200명 정도에서 많게는 400명 정도까지 전체 총 사망자수가 높게 나타나고 있으며, 폭염의 발생빈도가 높았던 1994년의 경우도 남성이 여성에 비

Table 7. Annually number of mortality during extreme heat day by age.

Year	Young	Old	Young-old	Old-old
1991	312.74	346.22	185.81	160.41
1992	162.58	185.72	87.85	97.87
1993	0.00	0.00	0.00	0.00
1994	1782.67	2815.86	1083.85	1732.02
1995	156.09	245.33	87.40	157.94
1996	730.40	1100.01	428.06	671.95
1997	1242.99	2108.32	753.38	1354.93
1998	255.59	452.20	151.40	300.79
1999	774.33	1289.78	448.76	841.02
2000	869.29	1342.27	484.70	857.57
2001	351.73	598.55	196.93	401.62
2002	139.45	217.77	73.93	143.84
2003	0.00	0.00	0.00	0.00
2004	571.34	1112.79	394.69	718.09
Total	7349.20	11814.81	4376.75	7438.06
Average	612.43	984.57	364.73	619.84
SD	504.01	824.61	307.24	519.44

해 높은 값을 보이고 있다. 이와 같은 결과만으로 해석을 한다면 남성이 여성에 비해 더위에 민감한 것처럼 보이지만 실제 동일 기간을 대상으로 기상요소와 사망자수 간의 상관관계를 구해보면 여성이 기상요소와 높은 상관관을 보이고 있다.

폭염기간 동안에 상관분석 실시한 결과(표 6) 가장 높은 상관계수의 값이 여성의 경우 지연 1일 일 최고기온일 때 0.476, 남성일 때 지연 1일 일최고기온일 때 0.383으로 나타나 역시 여성이 남성에 비해 높은 상관관을 보였다.

즉, 높은 상관관을 보이는 요소가 기온과 열지수 중에서 어떤 것이라고 단정 지을 수 없고 지연 효과도 1일 정도의 차이를 보이고 있었지만 여성이 남성보다 상관성이 높다는 것이다.

이와 같은 결과는 인체 생리학적으로 남성이 여성에 비해 발한능이 좋아 더운 환경에서 대처 능력이

Table 8. Correlation coefficients table between the standardized daily mortality and weather elements by age.

Young							
	Lag0	Lag1	Lag2	Lag3	Lag4	Lag5	T _{max}
T _{Max}	0.27748 <.0001	0.32410 <.0001	0.2364 0.0008	0.22037 0.0018	0.23164 0.001	0.10903 0.1262	1
HI _{Max}	0.21264 0.0026	0.20586 0.0036	0.18666 0.0085	0.23742 0.0008	0.25324 0.0003	0.13536 0.0572	0.59677 <.0001
Old							
	Lag0	Lag1	Lag2	Lag3	Lag4	Lag5	T _{max}
T _{Max}	0.47096 <.0001	0.48624 <.0001	0.40971 <.0001	0.29696 <.0001	0.31893 <.0001	0.32195 <.0001	1
HI _{Max}	0.38932 <.0001	0.40623 <.0001	0.37485 <.0001	0.40805 <.0001	0.37807 <.0001	0.31138 <.0001	0.59677 <.0001
Young-old							
	Lag0	Lag1	Lag2	Lag3	Lag4	Lag5	T _{max}
T _{Max}	0.42126 <.0001	0.32039 0.0005	0.21952 0.0195	0.16696 0.0771	0.20458 0.0297	0.20044 0.0333	1
HI _{Max}	0.49344 <.0001	0.47525 <.0001	0.40816 <.0001	0.36822 <.0001	0.36355 <.0001	0.31508 0.0007	0.59677 <.0001
Old-old							
	Lag0	Lag1	Lag2	Lag3	Lag4	Lag5	T _{max}
T _{Max}	0.37999 <.0001	0.42257 <.0001	0.38758 <.0001	0.28313 <.0001	0.3273 <.0001	0.33157 <.0001	1
HI _{Max}	0.2718 0.0001	0.32589 <.0001	0.32385 <.0001	0.35867 <.0001	0.3552 <.0001	0.31038 <.0001	0.59677 <.0001

높기 때문에(최명애 등, 1991) 여성보다 폭염에 의한 피해를 조금 덜 받을 수 있음을 확인할 수 있게 해주었다. 그러나 남성이 여성에 비해 그 상관정도는 낮았다고 하더라도 당일 날과 지연 1일까지는 높은 상관관을 보이고 있어 여성이 폭염기간에 더 민감하여 피해를 많이 받지만 남성 또한 폭염이 발생하면 피해를 입게 된다는 사실을 확인해 볼 수 있었다.

3.3 연령별

서울의 사망자수가 연령에 따라서 어떠한 특징을 보이는지 알아보기 위해서 초기에 연령과 성별에 의해 5세 간격으로 표준화를 실시하였다. 그러나 5세 간격의 사망자 발생 특징을 알아보기에는 각 연령대에 해당되는 개체수가 통계적 분석을 하기에 적거나 없었기 때문에 선행연구(김은별, 2007)에서 분류하는 방법에 의해 65세를 전후로 하여 연령을 구분하였다. 이와 더불어 생리학적으로 환경의 영향을 많이 받게 되는 65세 이상의 노인집단의 경우에는 활동성이 높아 외부환경에 많이 노출이 되어 그 영향이 크다고 추정되는 65~74세(Young-old)와 연령은 높지만 외부환경에 대한 노출이 적다고 추정되는 75세 이상(Old-old)으로 재분류하여 그 특성을 살펴보았다.

폭염기간 동안 연령에 따른 사망자수를 살펴보면(표 7), 65세 이상인 경우가 65세 미만인 경우에 비해서 약 1.5배 정도 높은 값을 보이고 있었다. 상관 분석 결과 값은 가장 높은 경우만을 비교해 볼 때 65세 이상인 경우가 65세 미만인 경우에 비해 적게는 0.10 정도에서 크게는 0.25 정도까지 상관계수가 높게 나타나 확실히 65세 이상의 사망자수가 폭염발생과 상관성이 더 높음을 알 수 있었다.

재분류된 노인 집단의 경우를 살펴보면 환경의 영향을 더 많이 받을 것이라고 추정하였던 Young-old 집단의 경우 Old-old 집단에 비해 절반 정도의 사망

자수를 보이고 있고, 상관 계수도 Old-old 집단이 더 높은 값을 보이고 있어 외부환경에 노출되는 빈도보다도 높은 연령이 폭염기간 내 폭염에 의한 조기사망과 밀접한 연관이 있음을 보여주고 있다.

3.4 질병별

선행연구(김은별, 2007)에서 폭염기간 동안 기상과 관련이 높다고 나타내고 있는 뇌혈관질환과 심혈관질환에 대하여 사망자수를 알아본 결과(표 9), 전 기간 사망자수의 경우에는 뇌혈관 질환이 심혈관 질환에 비해 2배 정도 높은 값을 보였지만 폭염기간에는 3배 높은 값을 보이고 있다. 이와 같은 결과를 통해서 뇌혈관 질환이 여러 가지 기상요소 중에서 특히 폭염과 깊은 상관관이 있을 것으로 예상되었다.

이에 따라 뇌혈관 질환인 경우 유형에 따른 기상

Table 9. Annually number of mortality during extreme heat day by disease.

Year	Cerebrovascular diseases	Cardiovascular disease	Chronic lower respiratory disease
1991	29308.73	9775.41	9558.56
1992	17939.15	5112.14	4293.53
1993	0.00	0.00	0.00
1994	263234.18	73306.85	61020.33
1995	19964.88	4333.71	4781.2
1996	92678.40	32442.90	26879.62
1997	160273.21	61001.26	41727.66
1998	33377.64	15055.72	9240.5
1999	99174.73	36428.94	22730.23
2000	102433.54	45295.58	27259.69
2001	44724.40	17949.27	10785.34
2002	17513.29	8727.29	6329.44
2003	0.00	0.00	0.00
2004	80951.48	49505.18	24637.08
Total	961573.63	358934.26	249243.18
Average	80131.14	29911.19	20770.27
SD	72862.82	23367.52	17192.80

Table 10. Correlation coefficients table between the standardized daily mortality and weather elements about Cerebrovascular disease.

	Lag0	Lag1	Lag2	Lag3	Lag4	Lag5	T _{Max}
T _{Max}	0.5421 <.0001	0.54453 <.0001	0.54695 <.0001	0.54936 <.0001	0.55178 <.0001	0.5544 <.0001	1
HI _{Max}	0.43629 <.0001	0.43704 <.0001	0.4378 <.0001	0.43855 <.0001	0.43931 <.0001	0.4403 <.0001	0.61043 <.0001

Table 11. Correlation coefficients table between the standardized daily mortality and weather elements about Cardiovascular disease.

	Lag0	Lag1	Lag2	Lag3	Lag4	Lag5	T _{Max}
T _{Max}	0.48608 <.0001	0.49332 <.0001	0.49186 <.0001	0.48349 <.0001	0.46423 <.0001	0.44373 <.0001	1
HI _{Max}	0.4147 <.0001	0.41661 <.0001	0.41551 <.0001	0.40533 <.0001	0.38614 <.0001	0.37702 <.0001	0.5781 <.0001

Table 12. Correlation coefficients table between the standardized daily mortality and weather elements about Chronic lower respiratory disease.

	Lag0	Lag1	Lag2	Lag3	Lag4	Lag5	T _{Max}
T _{Max}	0.53975 <.0001	0.54894 <.0001	0.52541 <.0001	0.51398 <.0001	0.50107 <.0001	0.48215 <.0001	1
HI _{Max}	0.41082 <.0001	0.41348 <.0001	0.38401 <.0001	0.3897 <.0001	0.41837 <.0001	0.4385 <.0001	0.56474 <.0001

요소와의 상관관계 분석 결과를 살펴보면(표 10), 뇌혈관 질환의 경우 전체적으로 상관계수가 0.4를 초과하는 높은 상관계수 값을 보인다.

심혈관 질환은 전체 사망자수 뇌혈관 질환에 비해 적게 나타나 그 상관정도가 약할 것이라고 예상하였으나 실제 상관분석을 실시해 본 결과(표 11), 일최고기온과의 상관계수가 지연 3일까지 0.5에 근접하는 값을 나타내고 있어 두 질병에 의한 사망이 폭염에 의한 조기사망과 관련성이 있음을 살펴 볼 수 있었다.

만성하기도 질환의 경우 전체 발생 환자수는 뇌혈관 질환이나 심혈관 질환에 비해 적지만 상관계수는 심혈관 질환에 비해 높게 나타나고 있다(표 12). 또한 기온과 관련된 요소의 경우에는 지연효과 5일까지 모두 0.5에 근접하는 결과를 보이고 있어 폭염이 발생한 후 일정기간 동안 연속적으로 영향을 받고 있음을 알 수 있었다.

4. 결론 및 요약

폭염시기에 건강에 영향을 미치는 것으로 판단되는 최고기온과 최고열지수와 사망자수의 상관분석을 실시한 결과, 지연효과가 1일일 때 최고기온이 최고열지수보다 높은 상관계수를 나타냈다. 이는 열지수가 기온과 습도를 모두 고려하고 있지만 미국에 적

합한 지수식으로서 우리나라의 기후나 인체의 영향을 고려한 검증 또는 개선이 이루어지지 않았기 때문이다.

성별에 의한 차이를 살펴본 결과, 가장 높은 상관계수의 값이 여성의 경우 지연 1일 일최고기온일 때 0.476, 남성일 때 지연 1일 일최고기온일 때 0.383으로 나타나 역시 여성이 남성에 높은 상관을 보이고 있었다. 이와 같은 결과는 인체 생리학적으로 남성이 여성에 비해 발한능이 좋아 더운 환경에서 대처 능력이 높으므로(최명애 등, 1991), 여성보다 폭염에 의한 피해를 조금 덜 받기 때문이다.

폭염기간 동안 연령에 따른 사망자수를 살펴보면 65세 이상인 경우가 65세 미만인 경우에 비해 적게는 0.10 정도에서 크게는 0.25 정도까지 상관계수가 높게 나타나 확실히 65세 이상의 사망자수가 폭염발생과 상관성이 더 높음을 알 수 있었다.

고온과 관련된 질병에 의한 사망자는 뇌혈관계 질환이 가장 높은 상관성을 보이고, 다음으로 만성하기도 질환, 심혈관계 질환의 순으로 나타났다. 그리고 세 질병에 의한 사망자에서 모두 상관계수가 0.5를 넘거나 그에 근접하는 결과를 보이고 있었으며, 전체 질병 사망자수가 3일의 지연시간을 가질 때 상관계수가 급격히 감소함에 비해서 5일까지 높은 상관계수를 보이고 있어 폭염에 의한 영향이 오래 지속되는 것으로 추정된다.

본 연구에서는 폭염기간 동안에 발생하게 되는 건

강피해를 살펴보기 위해서 폭염발생 기간 동안의 사망자수를 이용하여 영향정도를 파악하였다. 그러나 분석에 사용된 자료가 폭염에 의한 사망자수가 아닌 전체 질병 대상자수를 대상으로 한 것이고, 사망자수의 발생이 기온 외의 복합적인 요인에 의해서 발생한다는 점을 고려할 때 후속적인 연구가 필요하다고 사료된다.

감사의 글

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

참 고 문 헌

권호장 (1998) 서울시의 대기오염과 일별사망의 관련성에 대한 시계열적 연구, 서울대학교대학원 의학박사 학위논문, 91pp.

김은별 (2007) 고온현상과 대기오염물질이 일사망자수에 미치는 영향, 인제대학교 석사학위논문, 126pp.

박종길, 윤숙희, 조대현, 이종태, 석경하, 엄상화, 정우식, 김경혜 (2005) 보건기상정보 산출기술개발 (II), 기상청, 119pp.

박종길, 정우식, 김은별, 최효진, 김석철, 송정희, 황소정, 박창희 (2006), 폭염특보에 관한 연구(1), 기상청, 83pp.

박종길, 정우식, 김은별 (2008) 폭염발생 기준 설정에 관한 연구, 한국환경과학회지, 17(6), 657-669.

조수현 (1995) 환경오염에 의한 건강피해, 예방의학회지, 28(2), 245-258.

최명애, 황애란, 김희승(1991) 간호 임상 생리학, 대한간호협

회, 238-257.

홍윤철, 조수현 (2001) 대기분진에 의한 건강영향, 예방의학회지, 34(2), 103-108.

Cinar, Y., A.M. Senyol, and K. Duman (2001) Blood viscosity and blood pressure: role of temperature and hyperglycemia, American Journal of Hypertension, 14, 433-438.

IPCC (2007) Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 21pp.

Kim, S.Y. (2004) The Impact of Summer Heatwave on Mortality, Ajou University Doctoral Thesis, 66pp.

Lee, D.G. (2006) Study on the Correlation and Characteristics of Weather elements affecting Daily Mortality in the Korean Peninsula, Inje University Master's Thesis, 89pp.

Park, J.K. and D.G. Lee (2006) Correlation between daily mortality and temperature of Seoul, in Summer, Proceedings of the 99th Annual Meeting of AWMA, New Orleans, LA. Paper No. 06-A-384-AWMA.

Park, J.K. and K.H. Seok (1998) The statistical approaches on the change point problem of the precipitation in the Pusan area, J. of Environmental Sciences, 7(1), 1-7 (Korean).

Park, J.K., D.H. Cho, S.H. Yoon, J.T. Lee, K.H. Seok, W.S. Jung, E.B. Kim, and G.D. Jeon (2006) Development of Weather-Related Health Impact Index for the Cutaneous disorder, Proceedings of the 15th IUAPPA Regional Conference, Lille, France. Paper No. 021609.