한국환경보건학회지, 제36권 제1호(2010)
J. Env. Hlth. Sci., Vol. 36, No. 1, pp 20~26(2010)

서울시의 기온변화와 사망자수 간의 관련성 연구

이사라 · 김 호 · 이승묵†
서울대학교 보건대학원
(2010. 1. 10. 접수/2010. 1. 29. 수정/2010. 2. 18. 채택)

The Relationships between Temperature Changes and Mortality in Seoul, Korea

Sara Lee · Ho Kim · Seung-Muk Yi†
School of Public Health, Seoul National University
(Received January 10, 2010/Revised January 29, 2010/Accepted February 18, 2010)

ABSTRACT

Temperature change has been shown to affect daily mortality even though different analytical methods produce different results. The effect of air pollution on the relationship between the temperature and the mortality is not large, although differences exist between temperature models. The aim of this study was to examine how the temperature change affected the daily mortality in Seoul by comparing the results from the temperature model using two study periods: one from 1994 to 2007 and the other from 1997 to 2007. Generally mean temperature, minimum temperature and Q10 temperature was derived as an optimal model, even though there are differences between age and cause of death. The analysis of threshold using total mortalities in all ages from 1994 to 2007 and from 1997 to 2007 showed that the number of the deaths increased 7.02% (95% CI: 6.06~7.98) and 2.51% (95% CI: 1.83~3.19), respectively as the mean temperature increased 1°C from a threshold temperature of 27.5°C and 25.7°C respectively. These results indicated that the temperature has less effect on the number of death than does an extreme heat wave period.

Keywords: temperature, mortality, threshold temperature, air pollution

I. 서 론

IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)는 지구의 환경 문제 중 특별히 온난화에 관한 종합적인 대책을 검토하기 위한 목적으로 설립된 조직으로 현재까지 4차례의 평가 보고서를 발간하였다. IPCC 4차 보고서에서는 온도 상승폭이 1°C만 되어도 전염병이 증가하며, 오존 증가로 인한 심혈관계 질환, 호흡기 질환, 식중독이 증가한다고 한다. 또한 4~6°C 정도의 온도가 상승하면, 위 질병은 물론 설사병 증가 및 폭염으로 인한 사망자수가 급증한다고 한다.[1] 인간은 폭염이 발생하면 체온조절을 위해 심박출량이 증가되게 되는데, 이것이 열적 스트레스와 심장혈관계의 스트레스로 연결되어 사망에 이르게 되는 것이다.[2-4]

†Corresponding author : School of Public Health, Seoul National University
Tel: 82-2-740-8879, Fax: 82-2-745-9104
E-mail : yiseung@snu.ac.kr

지구의 기온은 지난 100년간 0.76°C 상승하였는데, 과거 2만년동안 4°C 상승한 것에 비하면 짧은 기간 동안 급상승하였다.[5] 우리나라의 경우 20세기에 평균기온이 약 1.5°C 상승하여 온난화의 정도가 전 지구의 평균을 상회하고 있다.[6] 최근 기상청(2009)[7]의 보고에 따르면 서울시의 경우 과거 30년에 비해 최저기온의 상승폭이 최고기온의 상승폭보다 3배 높게 나타났으며, 열대야 현상으로 인하여 일교차가 감소하는 것으로 나타났다. 이것은 최고기온과 최저기온의 상승폭 차이가 큰 지구온난화와 도시화의 특징이다. 즉, 서울시는 지구온난화와 도시화의 영향을 강하게 받을 수 있는 취약한 구조를 가지고 있다는 것을 의미한다. 또한 WHO(2004)[4]에 의하면 고령자들은 기온과 관련된 질병에 더 민감하다고 알려져 있는데, 서울시는 전체 인구 중 65세 이상의 인구가 차지하는 비율이 과거 30년 전에 비하여 약 5배 정도 증가한 것으로 나타났다.[8] 이러한 서울시 인구구조의 특이성 때문에 시민의 건강이 기온변화에 많은 영향을 받을 것으로 예상된다. 이를 위

해 최근 자료를 적용한 분석 결과를 토대로 기온변화에 대응하고, 적응하기 위한 적절한 대책의 마련이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 서울시를 대상으로 분석요인과 기간의 차이가 적합한 관계모형 및 역치기온의 도출에 미치는 영향을 통해 기온과 사망의 관련성을 파악하고자 한다.

II. 연구자료 및 방법

1. 연구대상지역 및 기간

본 연구에서는 서울시를 대상지역으로 선정하여 현재 이용 가능한 자료를 바탕으로 연구대상기간을 정하였다. 대기오염 유무가 결과 도출에 미치는 영향 파악은 1999년~2007년까지, 분석기간 차이에 따른 모형 비교 연구는 폭염 사례가 뚜렷하였던 1994년을 포함시켜 1994년~2007년까지를 분석하였다.

2. 분석 자료

1) 기상자료

기상자료는 서울시 기상관측소에서 측정한 일별 기온(평균기온, 최고기온, 최저기온)과 상대습도, 해면기압 자료를 이용하였다. 또한 시간별(8시간, 3시간, 1시간 간격) 기온 관측 자료를 이용하여 일별 상위 10%에 해당하는 기온(이후 "Q90")과 하위 10% 해당하는 기온(이후 "Q10")을 분류하여 분석에 사용하였다.

2) 대기오염자료

1999년~2007년까지 서울시에서 측정된 5종의 대기오염물질(미세먼지(PM_{10}), 아황산가스(SO_2), 이산화질소(NO_2), 오존(O_3), 일산화탄소(CO))의 시간별 농도 자료를 각 물질별로 일별 평균값을 구한 뒤 표준화시켜 이를 지수화하여 사용하였다. 이는 Kim *et al.*(2004)[9]에서 오존이 기온과 상관성이 높다고 보고된 바 있으므로, 오존의 농도를 그대로 사용하면 본 연구에서 대상으로 하는 기온과 사망과의 관련성 분석에 영향을 줄 것으로 판단되었기 때문이다.

3) 사망자료

1994년~2007년까지 서울시에서 발생한 모든 사망자에 대한 자료를 통계청으로부터 획득하여 운수사고, 추락사고 등 사망의 외인(ICD-10, V01-Y89)은 일별 사망자수 집계에서 제외하였다. 전체 연령, 65세 이상, 65세 미만으로 연령을 구분하고, 사망원인은 총 사망과 호흡기계 질환, 심혈관계 질환으로 구분하여 분석하였다.

3. 분석 방법

일부 선행 연구에서는 일반화 부가 모형(Generalizes Additive Model: GAM)을 사용하여 최종 모형의 적합도를 평가하였는데,[10-12] Dominici *et al.*(2002)[13]와 Ramsay *et al.*(2003)[14,15]에 의하면 별도의 보정 없이 반응변수간의 상관성이 높은 자료를 GAM 모형에 적용하여 분석하면 bias가 발생한다고 하였으며, GAM 모형은 비모수적 방법이므로 각 요인의 영향력을 구할 수 없다.[16] 따라서 본 연구에서는 일반화 선형 모형(Generalized Linear Model: GLM)을 사용하여 일별 기온과 사망의 관계를 파악하였는데, 모형 분석을 통해 도출되는 Deviation 통계량으로 최적 모형 및 역치온도를 산출하였다. 여기서 역치온도는 초과사망자를 발생시키는 온도로[6] Deviation 값이 선형적인 관계를 보이며 증가하는 시작점이며, 각 기온모형별로 도출된 역치온도 중 Deviation 값이 가장 작은 역치기온 모형을 사망과 관련성이 높은 최적모형으로 결정하였다.

상대습도, 해면기압, 장기 추세 및 요일 등의 효과를 모든 분석에서 고려하였고, 대기오염은 그 영향의 유무를 파악하기 위하여 1999년~2007년까지의 분석에만 적용하였다. 각 보정변수의 smooth function은 Natural Cubic Spline을 이용하였고, 모형을 통해 산출된 회귀계수(β)를 이용하여 "% Change"와 95% 신뢰구간(Confidence interval, CI)을 (1)의 방법을 이용하여 산출하였다.

$$\% \text{ Change}=(\exp(\beta)-1)\times 100 \quad (1)$$
$$95\% \text{ CI}=\exp((\beta)-1\pm 1.96\times se)$$

여기서 "% Change"는 습도와 기압 등 기상변수들을 보정한 일별 역치기온 1°C 상승에 따른 일별 사망자수의 증가를 나타내며, "se"는 표준오차를 의미한다.

III. 결과 및 고찰

기온과 사망자수 간의 관련성을 파악하기 위해 최적의 역치기온 모형 및 초과사망자를 발생시키는 역치온도를 산출하였다.

먼저 대기오염 적용 유무가 기온과 사망의 관계 파악에 미치는 정도를 파악하기 위하여 총 사망원인에 대한 전체 연령에서의 기온모형 결과를 Table 1에 나타내었다. 1999년~2007년의 모형 결과를 살펴보면, 대기오염을 고려하였을 때는 Q10기온의 역치온도가 최적모형으로 산출되었으며, 대기오염을 고려하지 않았을 때는 평균기온이 사망과의 관계 설명에 가장 적합한 모형으로 나타났다. 여기서 최적 모형이란, 일별 역치기

Table 1. Estimates threshold value and percentage change in all-cause mortality count associated with 1°C rise by various temperature model, 1999-2007 and 1994-2007: All ages group

Temp model	1999-2007				1994-2007	
	Air pollution consideration		Air pollution exception		Air pollution exception	
	Threshold (°C)	% change (95% CI)	Threshold (°C)	% change (95% CI)	Threshold (°C)	% change (95% CI)
Mean	25.9	2.65 (1.92~3.37)	25.7	2.51 (1.83~3.19)	27.5	7.02 (6.06~7.98)
Max	30.1	1.99 (1.39~2.59)	26.5	1.08 (0.79~1.36)	31.1	3.91 (3.31~4.51)
Min	20.7	1.65 (1.22~2.08)	19.9	1.46 (1.09~1.83)	24.4	7.20 (6.07~8.33)
Q90	29.8	2.49 (1.71~3.17)	26.2	1.17 (0.84~1.49)	29.8	3.84 (3.26~4.42)
Q10	21.4	1.76 (1.31~2.20)	25.0	5.94 (3.83~8.06)	25.4	10.69 (9.20~12.19)

온 중 사망과 가장 연관성이 높은 모형으로 분석을 통해 산출된 Deviation 통계량에 의해 결정된다. 또한 대기오염을 고려하였을 때 평균기온 25.9°C에서 1°C 상승하면 사망자수가 2.65%(95% CI: 1.92~3.37) 증가하며, 대기오염을 고려하지 않았을 때는 평균기온 25.7°C에서 1°C 상승할 때마다 사망자수가 2.51%(95% CI: 1.83~3.19) 증가하는 것으로 나타났다. 두 결과를 비교하면, 역치온도는 0.2°C 차이가 나며, 사망자수 증가율은 0.1% 정도로 차이가 그리 크지 않다. 나머지 일별 기온의 역치온도 및 사망자수 증가율도 Q10기온을 제외하고, 대기오염을 고려한 결과와 고려하지 않은 결과가 큰 차이를 보이지 않았다. 그리고 두 경우 모두 Q10기온과 평균기온이 최적 상위 2가지 모형으로 산출되었다. 즉, 기온과 사망과의 관련성을 파악하고자 할 때, 대기오염의 영향이 두 변수의 관계 설명 시 큰 요인으로 작용하지 않는 것으로 판단된다. 폭염기간을 포함하여 진행된 선행연구의[10,16] 역치온도는 28°C~30°C (평균기온)로 나타나 본 연구의 역치온도보다 3°C~4°C 높은 것으로 나타났다. 이는 분석방법의 차이에 의한 것일 수도 있으나, 분석기간이 가장 크게 기여할 것으로 사료되어 분석방법을 동일하게 적용하여(대기오염 제외) 1994년~2007년과 1999년~2007년의 결과를 비교해 보았다. 두 기간 모두 최적 모형으로 평균기온이 도출되었으며, 이 기온을 기준으로 전자의 역치온도가 1.8°C 더 높으며, 역치온도에서 1°C 상승할 때마다 증가하는 사망자수도 4.51% 더 크게 나타났다. 나머지 일별 기온의 역치온도 및 사망자수 증가율도 1994년~2007년의 결과가 더 높은 것으로 파악되었다.

기온에 따른 사망자수의 변화를 살펴보면 일반적으로 "U" 자형으로 나타난다.[10,17] 하지만 그 형태는 분석기간에 따라 다소 차이가 있는데, 이를 Fig. 1을 통해서도 파악할 수 있다. Fig. 1을 보면, 저온과 고온에서

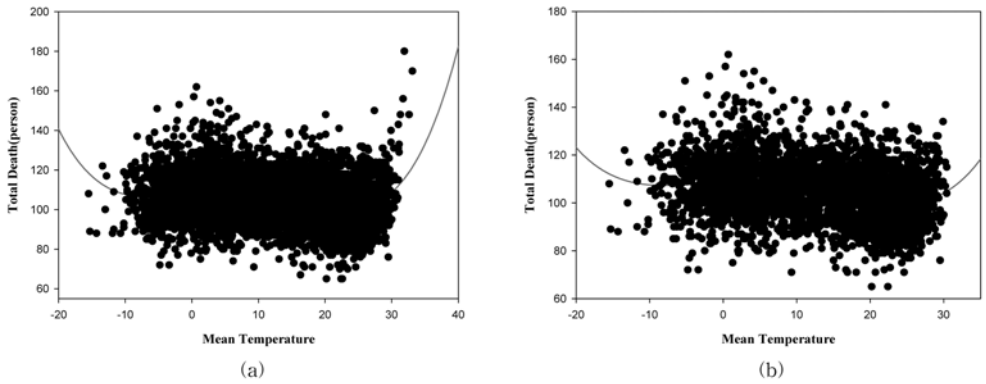

Fig. 1. Plots of mortality on daily temperature show the basic relation: (a) 1994~2007 and (b) 1999~2007.

사망자수가 증가하는 패턴을 보인다. 특히, 폭염일수가 많았던 1994년이 포함된 Fig. 1(a)의 경우 고온에서 사망자수가 급증하는 뚜렷한 "U" 자형이 나타났다. 하지만, Fig. 1(b)의 경우 약간 완만한 형태를 보였는데, 이는 기온과 사망과의 관계 분석시 폭염기간의 포함 여부에 따라 그 결과가 매우 상이하게 도출될 수 있음을 의미한다. 따라서 분석기간의 특성에 따른 기온과 사망과의 관계 분석은 연령 및 사망원인별로 기온모형 결과를 세분화하여 나타내었다.

전체 연령을 대상으로 한 1994년~2007년 모형의 결과는 평균기온의 역치온도가 총 사망과 심혈관계 질환에 대한 최적의 모형으로 도출되었으며, 호흡기계 질환은 Q10기온이 최적 모형으로 파악되었다. 1999년~2007년 모형의 결과는 총 사망에서는 평균기온이 최적 모형으로 파악되었지만, 심혈관계 질환과 호흡기계 질환에서는 최저기온이 최적 모형으로 파악되었다. 취약그룹인 65세 이상을 대상으로 모형 적합도를 분석한 결과 두 기간 모두 총 사망에서는 평균기온이, 호흡기계 질환에서는 최저기온의 역치온도가 최적 모형으로 도출되었다. 또한 1994년~2007년의 심혈관계 질환은 Q10기온이, 1999년~2007년은 최대기온이 최적모형으로 도출되었다. 65세 미만 그룹은 65세 이상 그룹보다 분석기간 및 사망원인별로 최적 모형이 더 다양하게 파악되었다. 이는 고온에 비교적 민감하지 않은 연령도 포함되어 있고, 연령의 범위가 넓어 뚜렷하게 기여도가 높은 기온모형이 도출되지 않은 것으로 판단된다. 그리고 2000년 이후의 최근 자료를 적용한 본 연구 결과, 최저기온이 최적의 역치기온 모형으로 도출된 연령 및 사망원인이 있다. 이것은 평균기온이나 최대기온이 사망과 관련성이 큰 최적 모형으로 도출된 선행연구[18-20]와 상이한 결과로 최근의 최저기온 상승은 보건학적으로 의미하는 바가 크다고 볼 수 있다. 선행연구들에서는 1990년대 후반이나 2000년대 초반까지의 자료를 적용하여 최근의 기온변화 경향을 고려하지 못하였다. 따라서 시계열 자료의 분석 결과를 활용하기 위해서는 시간의 흐름에 따라 최근 자료를 적용한 재분석이 필요하다.

기온별 역치온도를 분석기간별로 Table 2에 나타내었다. 연령에 따른 결과를 뚜렷이 파악하기 위해 65세 미만과 65세 이상으로 구분하였으며, 기온과 관련성이 높은 질병의 역치온도를 중점적으로 파악하기 위해 심혈관계 질환과 호흡기계 질환으로 구분하여 나타내었다. 1994년~2007년의 결과는 일별 기온에 따라 역치온도가 다르게 나타나며, 사망원인에 따라서도 역치온도의 수준이 크게 차이가 나는 것으로 나타났다. 특히 두 그룹간 최고기온의 역치온도 차이는, 심혈관계 질환에서는 4°C, 호흡기계 질환에서는 8°C 이상으로 나타났으며 Q90기온도 두 그룹간의 역치온도가 큰 차이를 보였다. 65세 이상에서의 역치온도가 65세 미만 보다 상당히 낮게 산출되는 것으로 보아 고령 인구가 고온에 더 취약한 것이 파악되었다. 따라서 고온에 노출되었을 때의 대응 방안은 최적 모형으로 도출된 역치기온을 토대로 연령별로 체계적으로 수립되어야 할 것으로 판단된다.

1999년~2007년의 결과는 폭염이 심했던 1994년을 포함한 결과와 다소 다른 결과를 나타내었다. 대체적으로 일별 기온의 역치온도가 65세 미만 보다 65세 이상에서 더 낮게 산출되었으나, 최저기온과 Q10기온은 65세 미만의 역치온도가 더 낮게 나타났다. 이는 고령인구와 더불어 취약그룹으로 알려져 있는 영유아 그룹이 역치수준에 영향을 주었을 것이라 예상된다. 따라서 위 결과에 대한 정확한 고찰을 위해서는 연령 구분이 본 연구보다 좀 더 세분화된 추후 연구가 필요하다. 또한 1994년~2007년의 결과보다 역치온도가 전체적으로 낮게 산출되었는데, 이는 시계열 자료 분석방법의 특성상 과거기온의 특성이 반영된 결과로 사료된다.

분석기간의 차이가 기온과 사망 관계의 분석에 미치는 영향을 더 자세히 파악하기 위해 모형에서 도출된 회귀계수를 이용하여 역치온도에서 1°C 상승하였을 때

Table 2. Estimates threshold value (°C) in mortality counts by various temperature model: 1994-2007 and 1999-2007

Temp model	1994-2007				1999-2007			
	Cardio-vascular	Res-piratory	Cardio-vascular	Res-piratory	Cardio-vascular	Res-piratory	Cardio-vascular	Res-piratory
	under 65 ages		65 or more ages		under 65 ages		65 or more ages	
Mean	29.3	28.8	27.9	26.7	28.3	29	25.4	26.5
Max	36.1	34.6	31.8	25.7	31.6	31	31.8	26.1
Min	24.7	25.4	23.6	25.5	22.1	19.6	20.7	25.5
Q90	34.1	33.1	31.1	26.5	31.9	29.1	25.1	25.6
Q10	26.1	26.2	22.9	25.7	20.5	20.1	21.8	25.1

증가하는 사망률을 Fig. 2~Fig. 4에 나타내었다. Fig. 2는 전체 연령을 대상으로 도출한 결과이며, 1994년~2007년 자료에서 일별 기온 및 사인에 따른 사망자 증가율이 높게 도출되었다. 또한 평균기온을 기준으로 도출된 증가율이 1994년~2007년은 7.02%(95% CI: 6.06~7.98)이지만, 1999년~2007년은 2.51%(95% CI: 1.83~3.19)로 사망률이 50% 이상 감소하는 것으로 나타났다. 그리고 호흡기계 질환은 각 일별 기온이 역치온도에서 1°C 상승할 때 사망자수가 가장 많이 증가하는 것으로 나타났으며, 최저기온의 위험도가 가장 큰

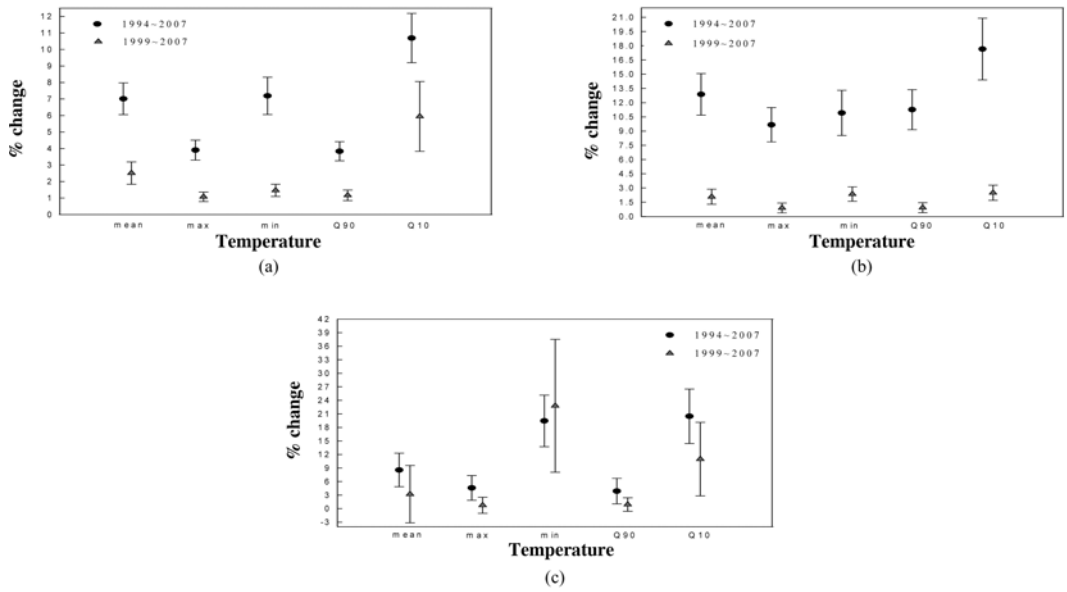

Fig. 2. Percentage change in relative risk of all ages group mortality and 95% confidence interval: (a) all-cause mortality, (b) cardiovascular mortality, and (c) respiratory mortality.

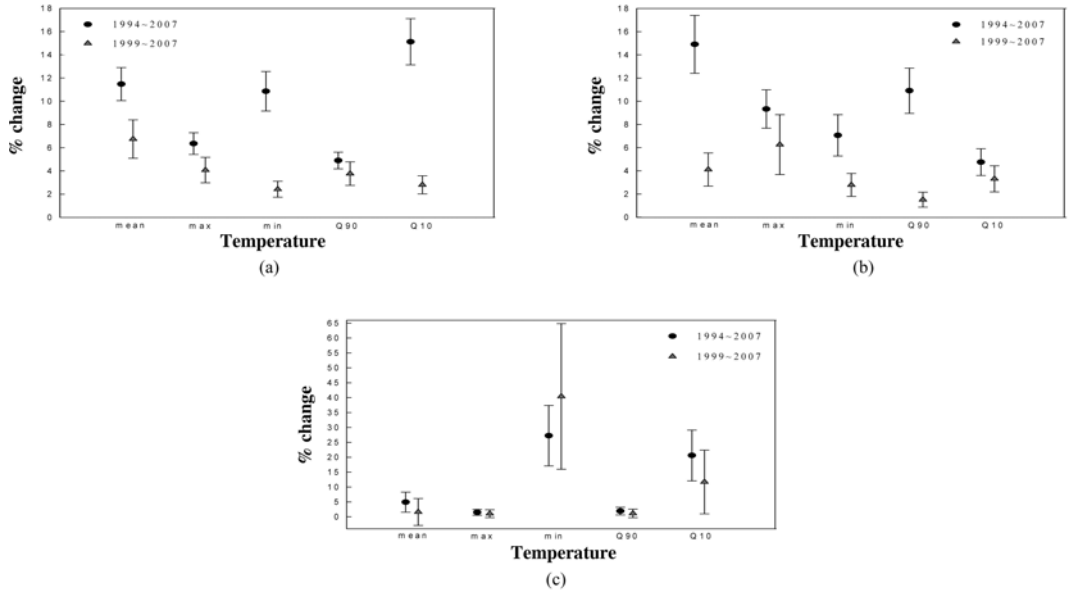

Fig. 3. Percentage change in relative risk of mortality over 65 ages and 95% confidence interval: (a) all-cause mortality, (b) cardiovascular mortality, and (c) respiratory mortality.

것으로 파악되었다. 이 결과를 통해서도 최저기온의 상승이 기온과 사망과의 관계 파악에 중요한 요인이 되는 것으로 파악되었다.

Fig. 3에 나타낸 65세 이상의 1994년~2007년 결과를 보면, 전체 연령과 마찬가지로 호흡기계 질환이 각 일별 기온의 역치온도에서 1°C 상승할 때마다 사망자수가 가장 많이 증가하는 것으로 나타났다. 또한 호흡기계 질환에서 최저기온의 위험도만 제외하고, 모든 기온 및 사망원인에서 사망자수 증가율이 1999년~2007년 보다 높게 도출되었다.

65세 미만에서의 기온별 사망자수 변화에 미치는 영향을 살펴본 결과 Fig. 4와 같이 나타났다. 1994년~2007년 결과를 보면 다른 연령과 비슷한 사망자 증가율 패턴을 보이나, 1999년~2007년의 결과는 최저기온 및 Q10 기온을 제외하고 사망과의 유의성이 다른 연령에 비해 낮게 도출되었다. 이는 분석기간에 폭염이 적었고, 고온에 민감한 연령이 아니므로 그 관련성이 상대적으로 낮게 도출된 것으로 파악된다.

위 결과들을 종합해보면, 기온모형에 따라 다르게 나타나긴 하지만, 적합 모형 및 역치온도 도출에 미치는 대기오염의 영향은 대체로 적게 나타났다. 또한 분석기간의 차이가 기온과 사망의 관계 연구에 더 큰 영향을 준다는 것이 파악되었다. 따라서 연구 결과를 바탕으로 효과적인 기후변화 적응 대책을 마련하기 위해서는 좀 더 정확한 기온과 사망의 관계 모형 설계를 위한 추가 논의가 필요하다. 그리고 본 연구는 관측된 기상자료를 이용하여 사망과의 관련성을 통계적으로 분석한 것으로 실제 사망자가 고온에 노출된 것이 확인되지는 않았다. 따라서 기온과 사망률이 관계가 있다고 볼 수는 있으나, 본 연구방법을 통해서 도출된 결과만으로 기온이 사망률에 영향을 끼친다고 직접적으로 결론지을 수 없는 한계점이 있다.

IV. 결 론

서울시의 기온과 사망자수 간의 관련성을 파악하기 위해 분석요인 및 기간을 다르게 설정하여 최적의 역치기온 모형과 역치온도를 비교하였다. 분석요인 중 대기오염의 영향 여부를 파악하고자 같은 분석기간을 대상으로 비교한 결과, 전체 연령에서는 총 사망에 대한 역치온도와 이 온도에서 1°C 상승할 때 증가하는 사망률의 차이가 크지 않은 것으로 나타났다. 그리고 최적의 역치기온 모형은 대기오염을 고려했을 때는 Q10기온이, 고려하지 않았을 때는 평균기온이 도출되었지만, 두 결과 모두 상위 2가지의 최적 모형으로 평균기온과 Q10 기온이 도출되었다. 따라서 기온과 사망의 관계 분석 시 대상으로 하는 기온에 따라 분석요인이 작용하는 영향력이 다르므로 그 정도를 파악하여 연구를 수행하면 좀 더 정확한 기온 모형 구축이 가능할 것이다.

과거기온의 특성이 기온과 사망의 관계 설명에 작용

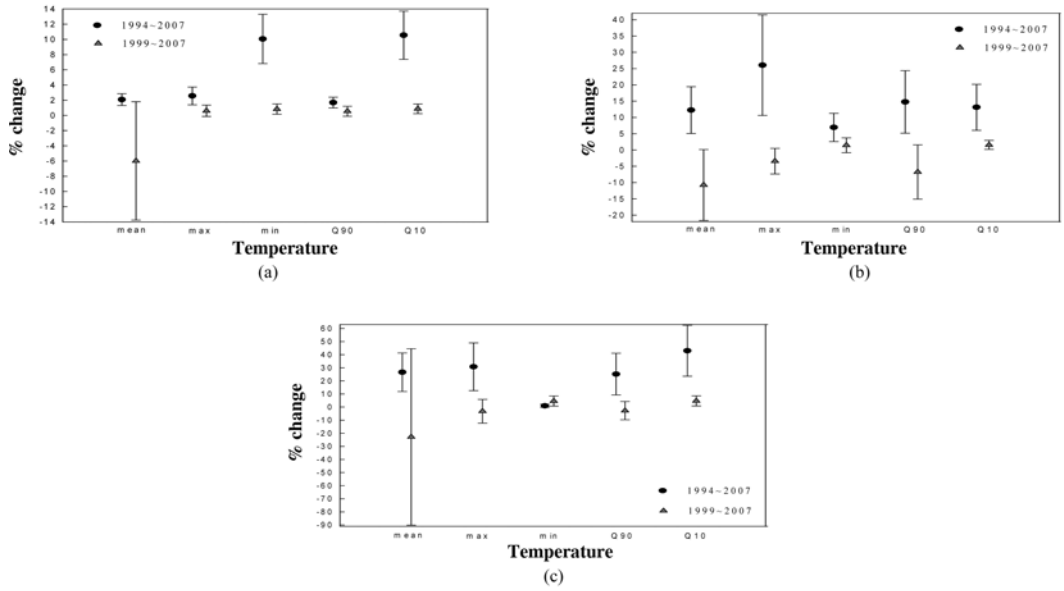

Fig. 4. Percentage change in relative risk of mortality under 65 ages and 95% confidence interval: (a) all-cause mortality, (b) cardiovascular mortality, and (c) respiratory mortality.

하는 정도를 파악하고자 폭염이 심했던 연도를 분석기간에 포함시켰을 때와 고온현상이 비교적 적었던 연도만을 대상으로 하여 기온과 사망의 관련성을 살펴본 결과, 대체로 평균기온, 최저기온 및 Q10 기온이 최적모형으로 도출되었으나, 분석기간에 따라 연령 및 사망원인별로 조금씩 다른 결과가 나타났다. 또한 역치온도 및 사망자수 증가율은 전자의 분석 결과가 더 높고, 큰 것으로 파악되었다. 이는 분석기간 선정의 중요성을 부각시키는 결과로 시계열 자료의 분석 한계점으로 나타났다. 따라서 향후 기온과 사망의 관계를 보다 정확하게 파악하기 위해서는 장기간의 분석 변수를 수집하여 연구 기간 선정에 대한 고찰을 함께 실시해야 할 것이다.

마지막으로 본 연구는 분석 변수인 대기오염 자료를 1999년부터 획득할 수 있어 폭염이 심했던 기간에 작용하는 대기오염의 영향 유무를 파악할 수 없었다. 그리고 분석기간에 따른 결과 비교와 좀 더 다양한 일별 기온 모형의 도출에 초점을 두어 기온과 사망의 관계 연구에 영향을 끼칠 수 있는 사회경제적 변수를 고려하지 못한 제한점이 있다. 따라서 향후 기온변화가 사망에 미치는 영향을 좀 더 정확하게 파악하기 위해서는 이들 변수에 대한 다각적인 고찰이 필요할 것이다.

감사의 글

본 연구는 환경부 지정 기후변화특성화대학원 사업에서 지원된 연구이며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. IPCC : IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4). 2007.
2. Ellis, F. P. : Mortality from heat illness and heat-aggravated illness in the United States. *Environment Research,* **5**, 1-58, 1972.
3. Ellis, F. P., Nelson, F. : Mortality in the elderly in a heat wave in New York City, August 1975. *Environment Research*, **15**, 504-512, 1978.
4. World Health Organization : Heat-waves : risks and responses, Health and Global Environmental Change, Series, No. 2. Energy, *Environment and Sustainable Development*, **123**, 2004.
5. Cho, H.-J., Jang, S.-H., Kim, Y.-S. : Development of CO_2 Emission Estimation Model by Multiple Regression Analysis. *Journal of Environmental Health*, **34**(4), 316-326, 2008.
6. National Institute of Meteorological Research : Study on the extreme heat health watch warning system(II). 2007.
7. Korea Meteorological Administration, http://web.kma.go.kr
8. Korea National Statistical Office, http://www.nso.go..kr
9. Kim, S.-Y., Lee, J.-T., Hong, Y.-C., Ahn, K.-J., Kim, H. : Determining the threshold effect of ozone on daily mortality: an analysis of ozone and mortality in Korea, 1995-1999. *Environmental Research*, **94**, 113-119, 2004.
10. Ha, J.-S. : An evaluation of threshold effects of temperature on daily mortality - Based on seven metropolises in Korea 1994-2003. School of Public Health, Seoul National University, 2006.
11. Braga, A., Zanobetti, A., Schwartz, J. : The time course of weather-related deaths. *Epidemiology*, **12**, 662-667, 2001
12. Curriero, F. C., Heiner, K. S., Samet, J. M., Zeger, S. L., Strug, L., Patz, J. A. : Temperature and mortality in 11 cities of the eastern United States. *American Journal of Epidemiology*, **155**, 80-87, 2002.
13. Dominici, F., McDermott, A., Zeger, S. L., Samet, J. M. : On the use of generalized additive models in time-series studies of air pollution and health. *American Journal of Epidemiology*, **3**(156), 193-203, 2002.
14. Ramsay, T., Burnett, R., Krewski, D. : Exploring bias in a generalized additive model for spatial air pollution data. *Environmental Health Perspectives*, **10**(111), 1283-1288, 2003.
15. Ramsay, T., Burnett, R., Krewski, D. : The effect of concurvity in generaliized additive models linking mortality to ambient particulate matter. *Epidemiology*, **14**(1), 18-23, 2003..
16. Kim, S.-Y. : The impact of Summer Heatwave on Mortality. Department of Medical Sciences the Graduate School, Ajou University, 2004.
17. McMichael, A. J., Woodruff, R. E., Hales, S. : Climate change and human health: present and future risks. *Lancet*, **367**(9513), 859-869, 2006.
18. Lee, K.-M., Yu, H.-J. : The Impact of high temperature on the increase of mortality in summertime : The case of Seoul. *Meteorological Rearch*, **2**(2), 118-127, 2007.
19. Park, J.-K., Jung, W.-S., Kim, E.-B. : A study on the influence of extreme heat on daily mortality. *Korean Society for Atomospheric Environment*, **24**(5), 523-537, 2008.
20. Basu, R., Ostro, B. D. : A multicounty analysis identifying the populations vulnerable to mortality associated with high ambient temperature in california. *American Journal of Epidemiology*, **168**(6), 632-637, 2008.