

우리나라 폭염 인명피해 발생특징

김도우¹⁾ · 정재학¹⁾ · 이종설^{1),*} · 이지선²⁾

¹⁾국립재난안전연구원 안전연구실, ²⁾국립기상연구소 응용기상연구과
(접수일: 2014년 2월 7일, 수정일: 2014년 4월 2일, 게재확정일: 2014년 4월 5일)

Characteristics of Heat wave Mortality in Korea

Do-Woo Kim¹⁾, Jea-Hak Chung¹⁾, Jong-Seol Lee^{1),*}, and Ji-Sun Lee²⁾

¹⁾National Disaster Management Institute, Seoul, Korea

²⁾National Institute of Meteorological Research, Jeju, Korea

(Manuscript received 7 February 2014; revised 2 April 2014; accepted 5 April 2014)

Abstract Analysis of the cause of death (Statistics Korea) showed that heat wave caused 442 deaths (21 per a year) from 1991 to 2011 in Korea. The number of summer heat-related deaths (heat disorders) increased exponentially as heat wave prolonged. In 1994 when the extreme heat wave prevailed, there were 92 heat-related deaths. Seasonally, heat-related deaths occurred most frequently in early August when air temperature is highest for a year, but it is frequent as well in late July when air temperature increases rapidly after withdrawal of Changma. The frequency of deaths by age has begun to increase from 40s and more than half of total deaths were occurred in the elderly (≥ 60). Except retired elderly, the most vulnerable group (job and age) was the elderly agricultural workers and the next was the jobless people in 40 s~50 s, assumed as homeless people. The most vulnerable regions were Hapcheon-gun, Uiryong-gun, and Sancheon-gun, which are inland rural area in Gyeongsang-do where the heat wave occurs most frequently in Korea. The heat-related death rate increased rapidly when air temperature exceeded 33°C in both of the urban and rural area. Interestingly, the heat-related death were observed in the relatively lower temperature in the cities (29°C), as compare to the rural area (31°C).

Key words: Heat wave, heat-related death, heatstroke, vulnerability, rural, urban

1. 서 론

폭염은 기후변화가 진행됨에 따라 피해가 가장 많이 증가될 것으로 우려되는 기상재해 중 하나이다. 2003년과 2006년에는 유럽에서 이례적인 폭염이 발생하였으며, 2010년에는 러시아에서 유럽 사례보다 더 넓은 지역에 걸쳐 폭염이 지속되는 등 세계 곳곳에서 이상 고온에 의한 피해가 발생하였다. 우리나라 역시

매년 폭염에 의한 피해가 발생하고 있으며, 기후변화에 따라 2050년까지 폭염 발생빈도가 2~6배 증가될 것으로 예측되어 이에 대한 대책 수립이 시급한 실정이다(NIMR, 2011). 우리나라의 국가차원의 폭염대책은 비교적 최근에서야 수립·개선되고 있다. 2005년에 중앙재난안전대책본부의 소방방재청을 중심으로 첫 폭염종합대책이 수립되었으며, 2007년부터 보건복지부와 공동으로 시/도, 시/군/구 합동 테스트포스(TF)가 구성되어 운영되고 있다. 2008년에 기상청은 폭염 예보체계인 폭염특보제를 첫 시행하였으며, 2010년부터 보건복지부는 폭염건강피해감시체계를 구축하여 운영하고 있다. 하지만, 이러한 노력에도 불구하고 우리나라 폭염위기대응체계는 선진국에 비해 아직 시작

*Corresponding Author: Jong-Seol Lee, National Disaster Management Institute, 136 Mapo-dearo, Mopo-gu, Seoul 121-719, Korea.
Phone : +82-2-2078-7780, Fax : +82-2-2078-7789
E-mail : ljs0925@empas.com

단계라는 평가를 받고 있으며(Choi *et al.*, 2009; Jang *et al.*, 2009; Kim *et al.*, 2012), 특히 신뢰성 있는 장기간의 자료에 기반을 둔 폭염과 폭염에 의한 인명피해의 정량적 관계분석 및 폭염취약계층에 대한 구체적인 통계치가 부족하여 효율적인 폭염대책 수립에 어려움을 겪고 있다.

전 세계적으로 폭염에 의한 피해는 “초과사망자 수”와 “온열질환에 의한 사망자 수”로 집계되고 있다. 초과사망자 수는 특정기간 동안 평균적으로 예상되는 사망자 수와 실제 사망자 수 간의 차이를 나타낸다. 2003년에는 유럽 전역에서 이례적인 폭염이 지속되어 약 35,000여 명의 초과사망자가, 2010년 러시아에서는 56,000여 명의 초과사망자가 발생하였다. 우리나라의 경우 기상관측 이래 가장 심한 폭염이 지속된 1994년 여름 동안 총 3,384명이 초과사망한 것으로 추정된다(Kysely and Kim, 2009). 초과사망자 자료는 모집단 수가 풍부하여 통계적으로 유의성 높은 결과를 도출할 수 있는 장점이 있어 많은 연구들에서 사용되고 있다(e.g., Davis *et al.*, 2003; Hajat *et al.*, 2007). 미국의 경우 초과사망자가 급증하는 임계기온이 보스턴은 30°C, 애틀랜타는 32°C, 댈러스는 40°C, 덴버는 34°C, 피닉스는 44°C로 밝혀진바 있다(Kalkstein, 2003). 우리나라의 경우 서울시에서 초과사망자가 급증하는 기온은 31.2°C임이 밝혀진 바 있으며(Kim *et al.*, 2006), 일최고기온이 36°C 일 때 인구 천만 명당 초과 사망률은 인천 23.6명, 서울 19.8명, 대전 17.7명, 부산 12.2명, 광주 11.6명, 대구 6.9명 순임이 제시된 바 있다(Kim *et al.*, 2009). 특히, 폭염 발생 시 가장 민감하게 초과사망자 수가 증가하는 계층은 주로 65세 이상 노인층임이 밝혀진 바 있다(Park *et al.*, 2008). 하지만 이러한 초과사망자 수 통계는 같은 지역이라도 초과사망자 수 산출 방법 및 그에 사용된 평균 기간에 따라 결과값이 달라질 수 있는 단점이 있다. 뿐만 아니라 중병을 앓고 있던 사람들의 사망시기가 폭염에 의해 앞당겨지는 현상(Mortality Displacement) 등 폭염의 간접적 영향까지 포함하고 있어(Koppe *et al.*, 2004; Kysely, 2004; Hajat *et al.*, 2005) 국가폭염대책 수립을 위한 피해현황 자료로서는 부족한 측면이 있다. 실제로 우리나라 폭염종합대책의 경우, 폭염에 의한 인명피해 자료로서 초과사망자 수 통계가 아닌 질병관리본부에서 집계되는 온열질환 사망자 수 통계를 인용하고 있다.

온열질환에 의한 사망자 수는 과도한 자연열 노출에 의해 열사병/일사병 등으로 사망한 사례를 집계한 통계로 폭염에 의한 직접적인 피해를 나타낸다. 미국의 경우 연평균(1979~2004) 203명이 온열질환에 의해 사망하며, 애리조나, 미주리, 아칸소스에서는 주로 노인과 흑인이 주로 피해를 입는 것으로 보고된 바 있

다(Thacker *et al.*, 2008). 특히, 애리조나 주에서는 멕시코에서 국경을 넘어 사막지역을 건너는 불법 이민자들에서 심한 피해가 발생하고 있는 것으로 조사되었다(Mrela and Torres, 2010). 일본의 경우 연평균(1968~2009) 182명이 여름 동안 온열질환에 의해 사망하며, 그 중 65세 이상 노인이 50% 이상을 차지함이 보고된 바 있다(JME, 2011). 이처럼 초과사망자와 온열질환 사망자는 서로 상이한 통계이며 따라서 수치상 큰 차이가 있다. 한 예로 2003년 폭염 당시 스페인에서는 4,200여 명의 초과사망자가 발생하였지만, 실제로 폭염이 직접적인 사인으로 진단된 사례는 불과 59명뿐이었다(Koppe *et al.*, 2004). 우리나라에서는 최근 2010년부터 보건복지부 질병관리본부에서 여름 동안 온열질환에 의한 사망자를 실시간으로 집계하기 시작하였다. 하지만 아직 전국 460여 개 읍급실에서 보고되는 건수만이 집계되고 있어 전국적 폭염피해를 모두 반영하지 못하는 실정이다(KCDC, 2013). 질병관리본부 감시 결과, 2011년 7월1일~9월3일 동안 총 6명이 온열질환에 의해 사망한 것으로 집계된바 있지만(KCDC, 2013), 본 연구에서 같은 기간 전국 사망원인통계를 분석한 결과 총 사망자는 22명으로 약 3배 이상의 차이를 보였다. 최근 2년의 질병관리본부 자료(2012년: 15명, 2013년 14명)는 통계청 사망자원인통계자료가 아직 집계되지 못해 비교되지 못하였다.

현재까지 우리나라 폭염 연구는 폭염의 정의 및 시공간적 발생특성 등 기상학적 특징에 대해서는 다루진 바 있으나(Choi, 2006; Kim and Lee, 2007; Kim *et al.*, 2008), 그에 상응하여 실제 피해가 지역적, 시·기적, 계층적으로 어떻게 다르게 발생하는가에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 이 때문에 폭염대책이 그 지역 폭염발생 및 피해특징에 따라 차별화되기보다는 전국 거의 모든 지역에서 유사한 대책이 수립되어 시행되고 있다. 본 연구에서는 1991~2011년 통계청 사망원인자료와 기상청 기온관측 자료를 이용하여 시·군·구단위의 온열질환 사망자 발생 특성을 제시함으로써 향후 폭염에 대한 효율적 재난관리자원 분배 및 상황관리·대응체계를 개선할 수 있는 토대를 제공하고자 한다.

2. 자 료

통계청 사망원인통계는 사망자의 주소지, 성별, 사망시간, 사망장소, 사망자직업, 진단자, 혼인상태, 교육정도, 사망원인1, 사망원인2, 국적이 코드로 구성되어 있다. 이중 사망원인1이 온열질환에 해당되며(사인코드 T670~T679), 사망원인2가 과다한 자연열에 노출(사인코드 X300~X309) 혹은 일광에 노출(사인코드 X320~X329)에 해당되면 온열질환 사망자로 분류될

Table 1. Standard classification of heat-related diseases.

Code	Cause of death	Code	Cause of death
T670	Heatstroke and sunstroke	T675	Heat exhaustion, unspecified
T671	Heat syncope	T676	Heat fatigue, transient
T672	Heat cramp	T677	Heat edema
T673	Heat exhaustion, anhydrotic	T678	Other effects of heat and light
T674	Heat exhaustion due to salt depletion	T679	Effect of heat and light, unspecified
X300~X309	Exposure to excessive natural heat	X320~X329	Exposure to sunlight

수 있다(Table 1). 온열질환은 구체적으로 열사병 및 일사병(T670), 열실신(T671), 열경련(T672), 열탈진(T673~T675), 열피로(T676), 열성 부종(T677), 기타 및 상세불명의 열 및 빛의 영향(T678~T679)으로 구분되며, 그 중 사망에 이르는 중증질환은 주로 열사병 및 일사병이다. 사망자 직업은 관리자(01), 전문가 및 관련 종사자(02), 사무 종사자(03), 서비스 종사자 및 판매 종사자(05), 농림어업 숙련 종사자(06), 기능원 및 관련 기능 종사자(07), 장치 기계조작 및 조립 종사자(08), 단순노무 종사자(09), 학생 가사 무직(13), 미상 및 군인(99)으로 분류된다.

통계청 사망원인 통계는 전국의 모든 사망자를 대상으로 산출되며, 의료기관의 비교적 정확한 진단 결과에 기반을 두므로 현존하는 폭염피해 자료 중 신뢰성이 가장 높은 자료라 할 수 있다. 하지만 전국 사망자 집계하여 자료를 제공하는 데 약 1년 이상 시간이 소요되므로, 실시간 폭염피해를 감시하는 자료로서의 역할은 하지 못한다. 2013년 현재, 1991년부터 2011년까지의 자료가 이용 가능하다. 1996년까지는 사망자 지역이 광역시·도 단위로 집계되었으나, 1997년부터는 시·군·구 단위로 집계되어 비교적 구체적인 사망지역 정보를 얻을 수 있다. 따라서 본 연구는 1991년부터 2011년의 가용자료를 모두 사용하되, 지역 및 그 지역 기온에 따른 폭염 피해 특성 분석을 위해서는 1997년부터 2011년 자료를 이용하였다.

폭염 일수 및 폭염사망자 발생일 최고기온 분석은 전국에 분포되어 있는 종관기상관측소 최고기온 자료를 이용하여 분석하였다(Fig. 1). 전국적으로 59개 종관기상관측소 자료가 이용 가능하지만, 지리적으로 내륙과 멀리 떨어진 울릉도 지점과 해발고도가 상대적으로 매우 높은 대관령 지점(842 m)은 자료의 균질성을 위해 제외하였다. 실제로 이 관측지점들이 속한 행정구역인 울릉도와 평창군에서는 1997년부터 2011년까지 단 한 명의 폭염사망자도 발생하지 않았다. 폭염 발생일은 폭염주의보의 기온 기준을 준용하여 일 최고기온이 33°C 이상인 날로 정의하였다. 폭염사망자 발생일의 최고기온으로는 사망자 발생 시·군·구에 가장 가깝게 위치한 종관기상관측소의 관측값을

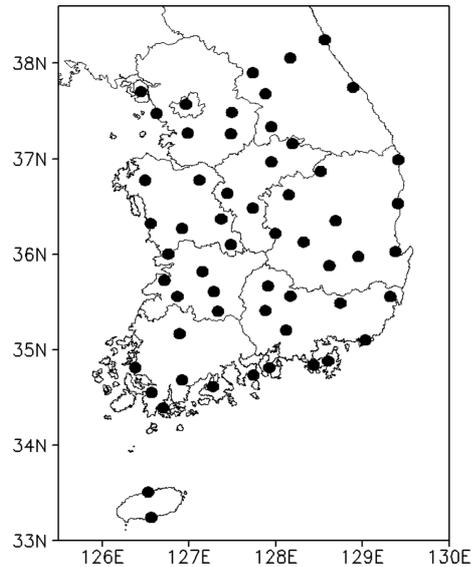


Fig. 1. Spatial distribution of the 57 weather stations.

사용하였다.

3. 폭염발생에 따른 폭염사망자 수 변화

1991년부터 2011년까지의 우리나라 전국 평균 폭염 발생일수와 전국 총 폭염사망자 수 시계열을 Fig. 2a에 제시하였다. 21년간 평균 폭염일수는 9.4일이며, 평균 폭염사망자 수는 21명(442명/21년)이다. 1994년에는 매우 이례적으로 평균보다 3.1배 많은 30일 동안 폭염이 발생하였으며, 폭염사망자 역시 평균보다 4.4배 많은 92명 발생하였다. 또 다른 특징으로 2004년 이후 폭염사망자가 전반적으로 증가하였음이 발견된다. 연령별 사망자 수 분석 결과, 2004년 이후 특히 60세 이상 고령층 사망자가 유의하게(신뢰수준 99.9%) 증가하였음이 확인된다. 따라서 2004년 이후 폭염사망자 수의 증가는 폭염일수가 다소 증가한 영향(1991~2003년 평균폭염일수: 9.2일, 2004~2011년 평균폭염일수: 10.6일)과 함께 급속히 진행되고 있는 고

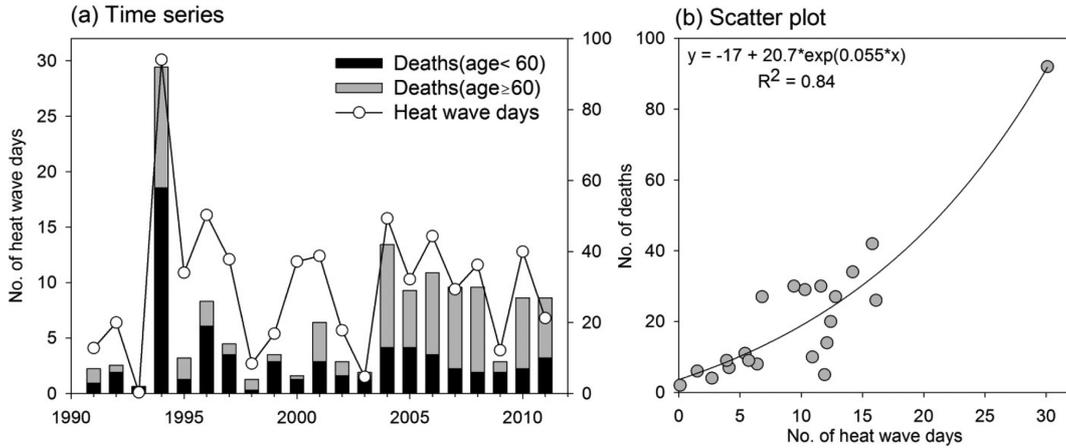


Fig. 2. (a) Time series and (b) scatter plot of summer (JJAS) heat wave days and heat related deaths (heat disorders).

평화 현상(1991년 고령인구: 2,266,411명, 2011년 고령인구: 5,655,990명)과 관련 있을 것으로 사료된다. 21년간 폭염일수에 따른 폭염사망자 수의 회귀분석 결과(Fig. 2b), 폭염 일수가 증가할수록 폭염사망자 수가 증가함이 확인되며, 그 관계가 단순 선형적이기($R^2 = 0.77$) 보다 지수함수와 가깝게($R^2 = 0.84$) 급격히 증가함이 특징적이다. 이러한 지수적 증가는 일본 환경성에서 발표한 1968~2009년 폭염발생일수와 폭염사망자 수 관계에서도 유사하게 나타난 바 있다(JME, 2011).

1991년부터 2011년의 여름 순별 평균 폭염발생일수와 폭염사망자 수 분포를 Fig. 3에 제시하였다. 1994년은 매우 이례적인 사례이므로 평균 계산 시 포함하지 않고, 평균과 구분하여 따로 나타내었다. 평균적으로 우리나라 폭염은 장마가 종료되는 시점인 7월 하순부터 8월 중순까지 집중적으로 발생하며, 특히 8월 초순에 최대 빈도를 나타낸다. 폭염사망자 수 역시 폭염발생빈도를 따라 7월 말에 급증하여 8월 초에 최대치를 보인다. 폭염발생일 수는 7월 하순과 8월 중순에 각각 2일과 1.9일로 근소한 차이를 보이지만 폭염사망자 수는 각각 81명과 40명으로 7월 하순에 2배 더 많이 발생함이 특징적이다. 이는 7월 하순은 장마 종료와 함께 기온이 급격히 상승하는 시기이므로, 인체의 고온순화가 이루어지지 않아 피해가 상대적으로 크게 발생하는 것으로 사료된다. 1994년의 경우 여름 내내 평균보다 높은 빈도로 폭염이 발생하였으며, 특히 이른 여름인 7월 중순 동안 평균(0.6일)보다 13배 많은 7.7일 폭염이 발생하였으며, 그에 따라 7월 중순 20년 총 사망자 23명보다 더 많은 26명의 사망자가 발생하였다. 이례적인 1994년 폭염은 8월 초순까지 지속되어, 7월 하순에 33명의 폭염사망자 수 최고치를 기록하였으며, 8월 초순에서 13명이 추가적으로 사망

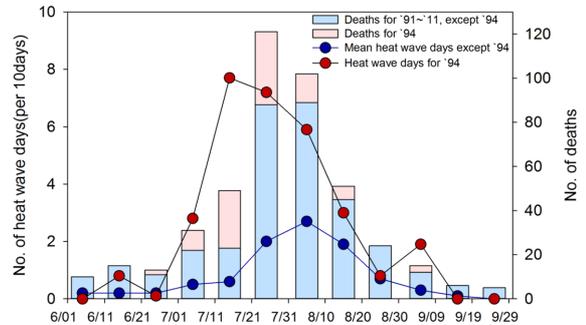


Fig. 3. Intra-seasonal distribution of heat wave days and heat-related deaths (heat disorders) for 20 summers (1991~1993 and 1995~2011; blue) and the extreme hot summer of 1994 (red).

하였다. 1994년은 폭염일 수 자체가 평균보다 많았다는 점도 있지만, 폭염발생 시기가 인체가 여름에 적응하기 전인 초여름에 집중되었다는 점이 피해를 증가시킨 요인으로 생각된다.

4. 폭염에 대한 취약계층 분포 특징

4.1 연령별 직업별 분포

21년간(1991~2011) 총 442명 폭염사망자 중 1994년을 제외한 20년간 사망자 327명의 연령대 별 성비 분포를 Fig. 4a에 제시하였다. 남성이 64.6%로 여성에 비해 약 2배 많은 특징을 보였으며, 이러한 성비의 불균형은 50대 이하에서 주로 나타났다. 연령별 폭염사망자 비율은 0~10대에서 2.5% 미만으로 매우 낮고 20~30대 역시 약 6%로 낮은 경향을 보였다. 하지만 40~50대부터 약 10~15%로 급증함이 나타난다. 60세

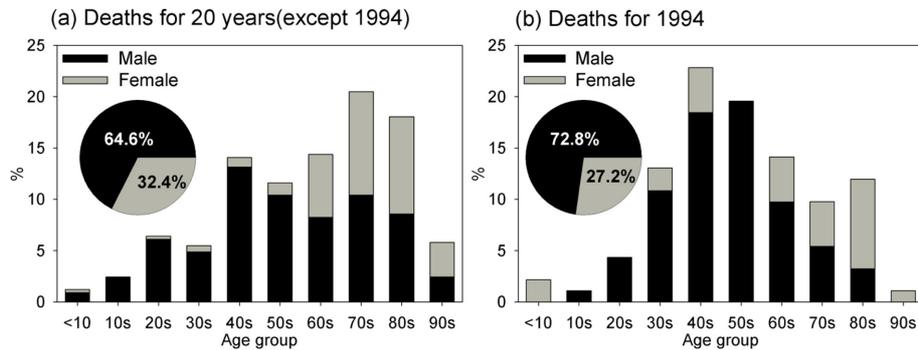


Fig. 4. The heat-related deaths (heat disorders) by age for (a) the 20 summers (1991~1993 and 1995~2011) and (b) the extreme hot summer of 1994.

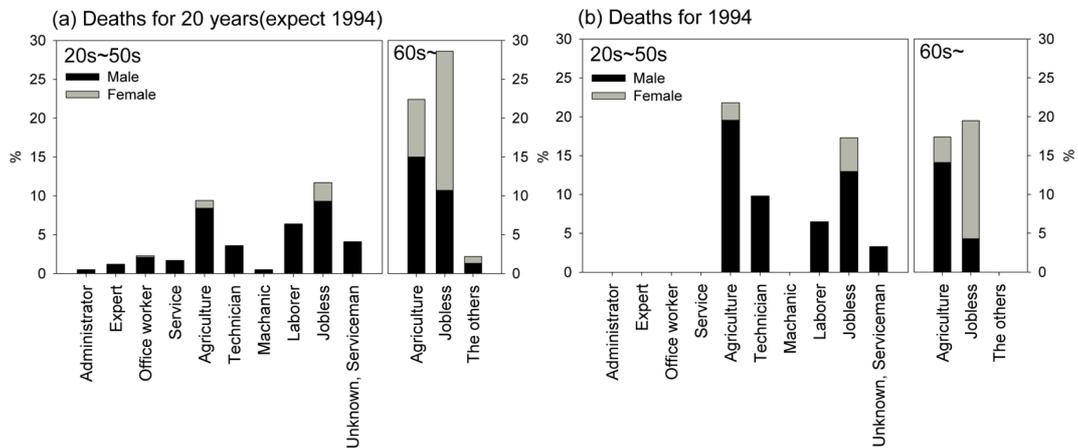


Fig. 5. The heat-related deaths (heat disorders) by job for (a) the 20 summers (1991~1993 and 1995~2011) and (b) the extreme hot summer of 1994.

이상 고령층의 비율은 58.7%로 전체의 절반 이상을 차지하며, 가장 높은 빈도는 70대(20.5%)에서 나타났다.

폭염사망자의 직업분포를 Fig. 5에 제시하였다. 60대는 농림어업 및 자영업자를 제외한 대부분의 직종에서 은퇴시기에 해당되므로 60대 이상 사망자의 직업 중 무직의 비율이 가장 높다. 하지만 60대 이상 농림어업 종사자가 전체 폭염사망자 수의 약 22.4%로 매우 높은 비중을 차지함이 특징적으로 나타난다. 이는 사망원인통계자료의 전체 사망자 중 농림어업에 종사하는 노인의 비율이 12.5%임을 감안하면 약 1.8배 증가한 수치이다. 2012년 질병관리본부 집계결과 총 14명 폭염사망자 중 7명(50%)이 논, 밭, 비닐하우스에서 작업 중이었던 60세 이상 노인인 것으로 나타났다(KCDC, 2013). 60세 이하 사망자의 직업별 빈도를 살펴보면 무직이 11.7%로 가장 높은 비율을 차지하였다. 여기서 무직이란 주부를 포함한다. 하지만 무직 사망자의 성비를 살펴보면 남성이 79.4%, 여성이 20.6%

로 주부를 포함함에도 불구하고 남성의 비율이 월등히 높다. 이는 무직 사망자 중 노숙자가 상당부분 포함되어 있을 것이라 추측을 가능케 한다. 한 예로 2012년 질병관리본부에서 집계한 총 14명의 폭염사망자 중 3명이 노숙자로 조사되었다(KCDC, 2013). 그 다음으로 농림어업종사자, 단순노무자, 직종 미상 혹은 군인, 기능직 순으로 많이 발생하였으며, 직업적 특성 때문이 남성이 사망자의 거의 대부분을 차지하고 있다. 이는 실외 근무자(주로 남성)가 폭염에 매우 취약한 것을 의미한다. 2012년 질병관리본부 통계 자료에서도 실내보다 실외에서 온열질환자 발생 비율이 3.34배 높았다(KCDC, 2013).

1994년 이례적인 폭염사태의 연령별 사망자 분포를 보면 30~50대 비율이 평년보다 급증하였음이 특징적이다(Fig. 4b). 전체 사망자의 성비 역시 남성이 72.8%로 높아져 여성보다 2.8배 많았으며, 직업적으로는 60세 이하 농림어업자와 무직자에서 급증하였음을 확인

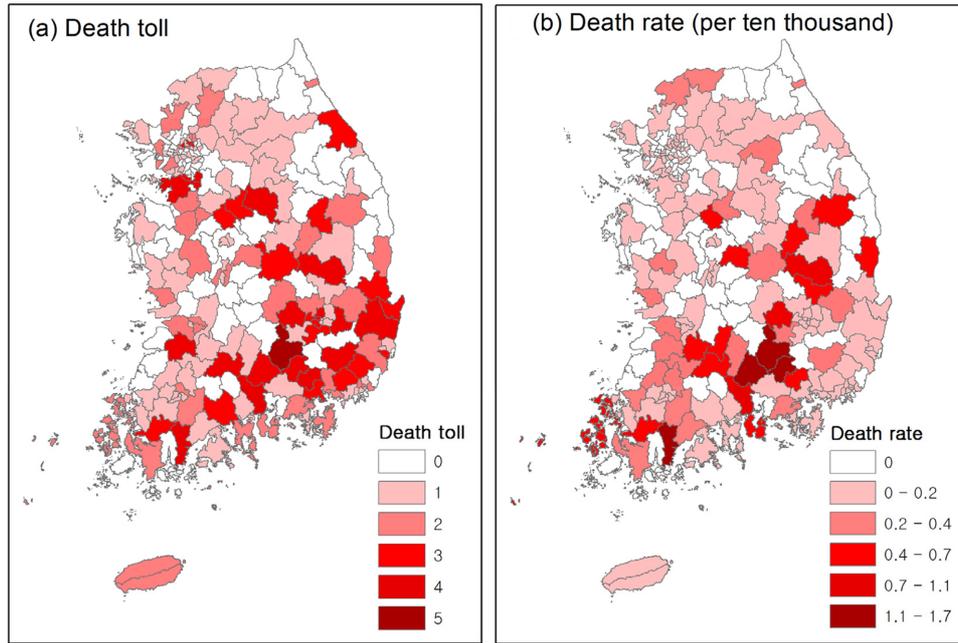


Fig. 6. Spatial distribution of the heat-related (a) death toll (heat disorders) and (b) death toll per ten thousand people for 1997 to 2011.

Table 2. Regional heat-related death toll from 1997 to 2011 (unit: si-gun-gu administrative district).

	Si	Death toll (per 10 ⁶)	Gun	Death toll (per 10 ⁶)	Gu	Death toll (per 10 ⁶)
1	Namwon (전북 남원)	4 (0.51)	Hapcheon (경남 합천군)	5 (1.56)	Seo-gu, Daegu (대구 서구)	4 (0.19)
2	Miryang (경남 밀양)	4 (0.4)	Uiryeong (경남 의령군)	4 (1.25)	Buk-gu, Daegu (대구 북구)	4 (0.09)
3	Jeongeup (전북 정읍)	4 (0.36)	Sancheong (경남 산청군)	4 (1.15)	Nam-gu, Pohang (포항시 남구)	3 (0.12)
4	Chungju (충북 충주시)	4 (0.2)	Jangheung (전남 장흥군)	4 (1.12)	Buk-gu, Pohang (포항시 북구)	3 (0.12)
5	Gyeongju (경북 경주시)	4 (0.16)	Seongju (경북 성주군)	4 (1.09)	Seodaemun-gu, Seoul (서울시 서대문구)	3 (0.1)
6	Gyeongsan (경북 경산시)	4 (0.15)	Hadong (경남 하동군)	4 (0.96)	Gwonseon-gu, Suwon (수원시 권선구)	3 (0.1)
7	Hwaseong (경기 화성시)	4 (0.08)	Uiseong (경북 의성군)	4 (0.78)	Dongdaemun-gu, Seoul (서울시 동대문구)	3 (0.09)
8	Sangju (경북 상주시)	3 (0.31)	Haman (경남 함안군)	4 (0.66)	Nam-gu, Ulsan (울산시 남구)	3 (0.09)
9	Yeongju (경북 영주시)	3 (0.28)	Yeongam (전남 영암군)	3 (0.66)	Seongbuk-gu, Seoul (서울시 성북구)	3 (0.07)
10	Gangneung (강원 강릉시)	3 (0.14)	Jincheon (충북 진천군)	3 (0.64)	Dalseo-gu, Daegu (대구시 달서구)	3 (0.05)

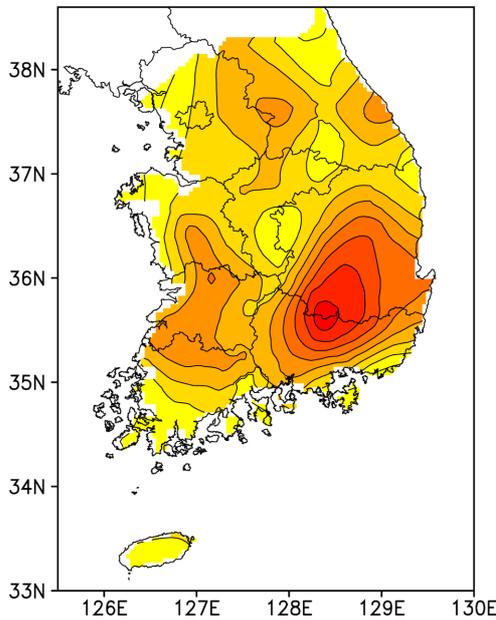


Fig. 7. Spatial distribution of mean heat wave days for 1997 to 2011. The contour interval is 3 days.

할 수 있다(Fig. 5b).

4.2 지역적 분포

1997~2011년 폭염사망자 294명의 시·군·구별 분포를 Fig. 6a에 제시하였다. 전국 9개도의 사망자를 비교하면, 경북(45명), 경북(44명), 경기(29명), 전남(26명), 전북(19명), 충북(15명), 강원(12명), 충남(10명), 제주(4명) 순이다. 이를 인구 십만 명당 사망자로 환산하면, 경북(1.7명), 전남(1.5명), 경남(1.4명), 전북(1.1명), 충북(1.0명), 강원(0.8명), 제주(0.8명), 충남(0.5명), 경기(0.3명)으로 경북과 경남, 전남이 폭염에 특히 더 취약함이 나타난다. 전국 7개 광역시를 비교하면, 서울(27명), 대구(18명), 부산(12명), 울산(7명), 인천(7명), 광주(6명), 대전(6명) 순이며, 이를 인구 십만 명당 사망자로 환산하면(Fig. 6b), 대구(0.7명), 울산(0.6명), 광주(0.4명), 대전(0.4명), 부산(0.4명), 서울(0.3명), 인천(0.3명) 순으로 대구와 울산이 폭염에 특히 더 취약함이 나타난다. 특히 이러한 광역시별 취약순위는 김지영 등(2009)의 초과사망자 기반 분석의 취약순위와 거의 반대되는 결과로, 온열질환 사망자 통계와 초과사망자 통계의 특성이 매우 상이함을 확인 할 수 있다. 시·군·구 단위로 사망자를 집계하면(Table 2) 경남 합천군에서 5명으로 전국에서 가장 많이 사망하였고, 그 밖에 경남 5개 시·군(의령군, 산청군, 하동군, 함안군, 밀양시), 경북 4개 시·군(성주군, 의성군, 경주시, 경산시), 대구 2개 구(서구, 북구), 전북 2개 시(남

원시, 정읍시), 전남 1개 군(장흥군), 충북 1개시(충주시), 경기 1개시(화성시)에서 4명 사망하였다. 인구 만 명당 사망자 수로 환산하면 합천군(1.56명), 의령군(1.25명), 산청군(1.15명)에서 전국 최고 피해치를 보였다. 이들 지역들은 전국에서 폭염이 가장 많이 발생하는 경상내륙 지역에 위치하는 농촌지역이라는 공통점이 있다(Fig. 7). 경상내륙 지역은 기상학적으로 여름철 남서기류에 소백산맥의 지형 효과가 결합되어 고온 건조해진 공기가 분지 지형 때문에 정체되고 지속적인 남서기류의 유입으로 인해 폭염이 오래 지속되는 특징이 있다(Kim and Lee, 2007).

4.3 도시와 농촌지역의 위험도 차이

1997~2011년 294명 폭염사망자 사례에 대해 사망 지역(시·군·구) 인구밀도와 사망일 최고기온의 관계를 산점도로 분석하였다(Fig. 8). 인구밀도 400명을 기준으로 도시와 농촌지역을 구분하면 도시지역(84개 시·구)에서는 총 145명의 폭염사망자가 발생하였으며, 농촌지역(74개 시·군·구)에서는 149명 폭염사망자가 발생하였다. 인구밀도가 높은 도시일수록 상대적으로 낮은 기온에서 피해가 발생함이 확인되며, 도시와 농촌 지역의 폭염사망 발생일의 일최고기온 중앙값이 각각 31.7°C와 33°C로 도시지역이 1.3°C 낮으며 평균값 역시 신뢰수준 90%에서 유의한 차이를 보이고 있다. 이에 따라 도시지역의 폭염사망 발생일의 최고기온은 중앙값을 중심으로 정규분포 형태로 분포하고 있으나 농촌지역의 일최고기온은 중심이 높은 쪽으로 치우친 형태로 분포하고 있다. 이는 즉 도시 지역에서는 여름 기간 내내 폭염 피해가 꾸준히 발생하지만, 농촌 지역은 여름 중에서도 폭염 특보가 발표되는 등 실제 폭염이 발생하였을 때 피해가 급증함을 의미한다. 한편, 이러한 도시와 농촌의 피해기온 차이가 전국 57개 중관기상관측장비(ASUS)자료의 낮은 공간해상도로 인해 열섬효과 등 도시의 국지적 고온현상을 고려하지 못하였기 때문에 발생하는 관측적 오류인지를 확인하기 위해 도시지역의 국지적 고온현상을 고려할 수 있는 전국 450개 자동기상관측장비(AWS)자료를 사용하여(Hong et al., 2013) Fig. 8과 같은 방법으로 분석해 보았다(그림 생략). 그 결과 도시와 농촌 지역의 폭염사망 발생일의 일최고기온(AWS)의 중앙값이 각각 31.8°C와 33°C으로 전국 57개 중관기상관측장비(ASUS)자료의 일최고기온 분석결과와 거의 같은 값을 얻었으며, 1사분위수 및 3사분위수 등의 분포 특성 또한 매우 유사하였다. 따라서 두 지역간의 피해 발생 기온 차이가 관측적 오류가 아닌 실제 피해양상의 차이임을 확인하였다.

Fig. 9에 일최고기온에 따른 도시지역(84개 시·구)과 농촌지역(74개 시·군·구)의 평균 폭염사망률을

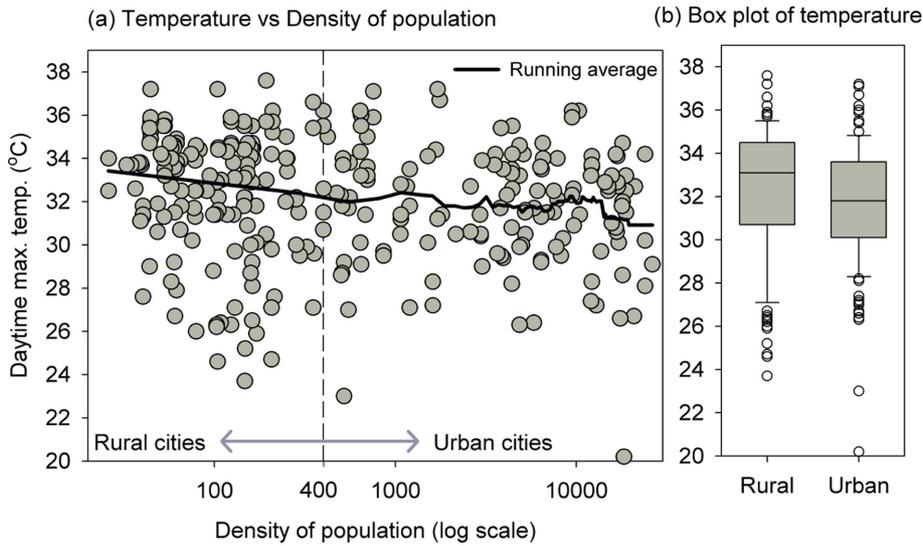


Fig. 8. (a) Scatter plot between density of city population and daytime maximum temperature for 294 heat-related death (heat disorders) events (1997~2011) and (b) box plot of daytime maximum temperature in the 74 rural cities and the 84 urban cities.

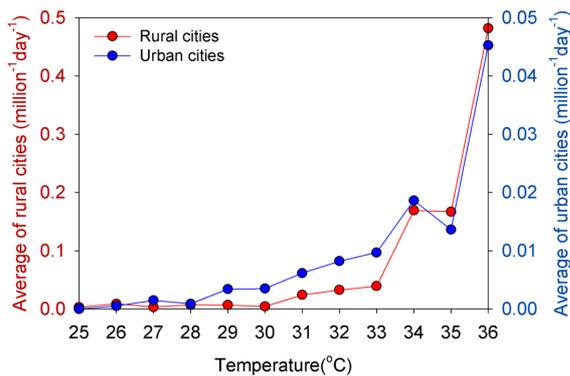


Fig. 9. Change of heat-related death (heat disorders) rate responded to daytime maximum temperature in the rural (red color with left axis) and urban (blue color with right axis) cities.

제시하였다. 기온(t)별 지역(d)별 폭염사망률은 아래의 식(1)을 통해 계산되었다. 여기서 $Freq_{(t,d)}$ 는 해당 시·군·구(d)에서의 해당 일최고기온(t)의 발생일수, $Heat\ related\ death_{(t,d)}$ 는 해당 시·군·구(d)에서의 해당 일최고기온(t) 발생일 동안 폭염 사망자 수, $Pop_{(d)}$ 는 해당 시·군·구(d)의 인구 수이다.

$$Heat\ related\ death\ rate_{(t,d)} = \frac{Heat\ related\ death_{(t,d)} \times 1,000,000}{Freq_{(t,d)} \times Pop_d} \quad (1)$$

최고기온이 30°C일 때 하루 인구 백만 명 당 사

망률이 농촌은 0.0043명, 도시는 0.0035명으로 비슷 하였으나, 최고기온이 36°C에 다다르면 농촌은 0.481명, 도시는 0.045명으로 농촌의 사망률이 도시에 비해 약 10배 정도 높아짐이 확인된다. 도시와 농촌 모두 일최고기온이 33°C를 초과하면 사망률이 급증하는 공통점이 있지만, 그 증가율이 농촌지역에서 더 크게 나타난다. 뿐만 아니라 농촌의 경우 31°C부터 사망률이 증가하기 시작하나, 도시의 경우 상대적으로 더 낮은 기온인 29°C부터 사망률이 증가하기 시작함이 특징적이다. 이는 도시의 경우 약한 더위에도 건강피해를 입을 수 있는 냉방시설이 구비되지 않은 곳에 거주하는 독거노인 및 건강상태가 좋지 않은 노숙인이 주요 취약계층이나, 농촌의 경우 폭염 경보를 인지하지 못하거나, 인지하고도 논, 밭, 비닐하우스 등 고온의 환경에서 노동을 해야만 하는 노인층이 주요 취약계층이기 때문인 것으로 사료된다.

여름 내 순별 도시와 농촌의 사망자 발생 분포를 Fig. 10에 제시하였다. 도시의 경우 앞서 설명한 바와 같이 연중 폭염빈도가 가장 높은 8월 초에 사망자가 가장 많이 발생하며, 그 다음으로 7월 말에 많이 발생한다. 하지만 농촌의 경우 8월 초보다 7월 말에 사망자가 더 많이 발생함이 특징적으로 나타난다. 평균적으로 장마가 종료되는 시점인 7월 말은 농촌지역에서 병충해 방제를 위한 농약살포 등 야외노동활동이 급격히 증가하는 시기이며, 따라서 여름철 기온 상승과 함께 7월 말에 농촌지역의 폭염 취약성이 특히 증가하는 것으로 사료된다.

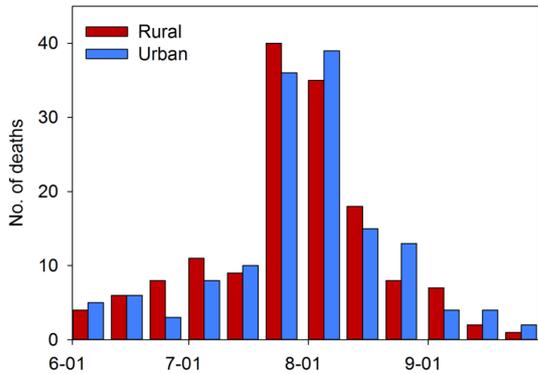


Fig. 10. Intra-seasonal distribution of the heat-related deaths (heat disorders) in the rural (red) and urban (blue) areas for 15 summers (1997~2011).

5. 요약 및 토의

본 연구는 통계청 사망원인자료와 기상청 최고기온 관측자료를 이용하여 장기간(1991~2011) 폭염에 의한 사망자 발생 특성을 분석하였다. 21년간 총 442명이 여름(6~9월) 동안 온열질환에 의해 사망하였으며, 1994년에 92명으로 가장 많이 발생하였다. 폭염사망자 수와 폭염 일수의 관계를 분석한 결과 폭염 일수가 많아짐에 따라 폭염사망자가 지수적으로 증가함이 확인되었다. 계절적으로는 연중 폭염이 가장 자주 발생하는 8월 초순에 폭염사망자 역시 최대발생빈도를 보였다. 7월 하순과 8월 중순 동안에는 폭염 발생 빈도는 유사하나 장마 후 기온이 급격히 상승하는 7월 하순에 폭염사망자가 8월 중순보다 2배 많이 발생하여 폭염에 특히 취약한 시기임이 확인되었다.

연령별 사망자 수를 분석한 결과, 사망자 수는 40대부터 급증하였으며, 60세 이상 고령자가 전체 58.7%를 차지하였다. 고령자 중에서는 특히 농림어업 종사자들이 취약함이 확인되었다. 현 폭염대책에서는 저소득 독거노인이 폭염의 주요취약 계층으로 분류되어 있지만, 통계청 사망원인통계자료에는 동거인의 여부 및 소득 수준이 포함되어 있지 않아 본 연구에서 저소득 독거노인의 폭염 취약성을 다루기에는 한계가 존재하였다. 이는 추후 폭염 사망자 원인 조사의 고도화 및 집계 시스템 확장을 통해 해결되어야 할 문제로 생각된다. 60세 이하 직업군 중 가장 취약한 계층은 무직자이다. 무직 범주에 주부도 포함되나 실제 사망자 대부분이 남성인 것으로 미루어보아 노숙자가 상당수 포함되었으리라 판단된다.

지역적으로는 전국적에서 폭염이 가장 빈번히 발생하는 경상내륙 지역 중에서도 농촌지역인 합천군, 의령군, 산천군이 폭염에 가장 취약한 것으로 확인되었

다. 광역시 및 도 단위로 비교하면 경북, 전남, 경남, 전북 및 대구, 울산, 광주, 부산의 남부지역이, 시단위로는 남원시, 밀양시, 정읍시, 충주시, 경주시가, 구단위로는 대구 서구와 북구, 포항시 남구와 북구, 서울시 서대문구가 폭염에 취약함이 나타났다. 인구밀도를 기준으로 도시와 농촌지역을 구분하여 폭염사망자 발생일의 최고기온을 분석한 결과 공통적으로 최고기온이 33°C 이상일 때 사망자가 급증함이 보였으나, 사망자가 발생하기 시작하는 임계기온이 도시의 경우 29°C, 농촌의 경우 31°C로 큰 차이를 보였다.

본 연구에서는 우리나라 폭염피해가 시기별, 지역별, 계층별로 상당한 차이가 있음을 확인하였다. 하지만 현재 우리나라 폭염대책에는 이러한 특징들이 반영되지 못해 여름 전체기간(6월1일~9월30일) 동안 폭염특보, 무더위쉼터 운영, 재난도우미 활동 등 전국적으로 거의 공통된 대책이 수립·운영되고 있다. 영국의 경우 폭염 특보 기준이 지역별(9개 지역)로 다르며, 런던시의 경우 시내 고온지역을 선정하여 향후 2030년까지 녹지비율을 5% 높이는 등 차별 및 선택적인 폭염대책을 시행하고 있다(Mayor of London, 2010). 따라서 우리나라도 폭염피해 집중기간 및 다발지역 등을 선정하여 폭염관리자원 운영의 효율성을 높인다면 폭염피해 경감에 상당한 도움을 줄 수 있을 것이라 생각된다. 뿐만 아니라 도시와 농촌 지역의 피해 양상이 상이함을 확인하였으며, 도시 지역의 경우 피해발생 임계기온이 상대적으로 낮으므로 녹지비율 증대, 독거노인 및 노숙인 등 폭염취약계층 보건서비스 보완 등 복지적 측면에서의 중장기적 대책 강화가 필요하며, 농촌의 경우 여름 중에서도 폭염특보가 발효되었을 때 피해가 집중되므로 폭염특보의 효과적인 전달 및 폭염 위험성에 대한 인식 제고를 위한 교육·홍보 방안 개발 등이 필요할 것으로 생각된다.

본 연구는 최근 21년간 여름에 발생한 폭염사망자 442명 자료를 확보하여 결과를 도출하였다. 그 중 시·군·구 단위의 공간적 분석은 97년 이후 발생한 폭염사망자 294명 자료만이 사용되었다. 이러한 폭염사망자 표본 수는 우리나라의 전 연령 및 계층을 통계적으로 유의하게 대표하기에는 부족한 측면이 있다. 따라서 향후 폭염의 발생특성에 따라 본 연구결과 범위에서 벗어난 피해양상이 나타날 여지가 충분히 존재한다. 하지만 이는 현 시점에서 이용 가능한 자료의 한계로 인한 것이며, 이후 시간이 지남에 따라 충분한 자료가 쌓인다면 더 세밀하고 대표성 높은 결과를 얻을 수 있을 것이라 생각된다.

감사의 글

이 연구는 국립재난안전연구원 복합·사회적 재난

대응 기술개발사업의 지원으로 수행되었습니다.

REFERENCES

- Choi, H. S., and Coauthors, 2009: Study on estimation of heat wave damage and development of heat wave management system. *Natl. Emerg. Manage. Agency*, 56 pp (in Korean).
- Choi, G., 2006: A definition of Korean heat waves and their spatio-temporal patterns. *J. Korean Geogr. Soc.*, **41**, 527-544.
- Davis, R. E., P. C. Knappenberger, P. J. Michaels, and M. N. Wendy, 2003: Changing heat-related mortality in the United States. *Environ. Health Perspect.*, **111**, 1712-1718.
- Hajat, S., B. G. Armstrong, G. Nelson, and P. Wilkinson, 2005: Mortality displacement of heat-related deaths: a comparison of Delhi, Sao Paulo, and London. *Epidemiology*, **16**, 613-620.
- _____, R. S. Kovats, and K. Lachowycz, 2007: Heat-related and cold-related deaths in England and Wales: who is at risk?. *Occup Environ Med*, **64**, 93-100.
- Hong, J. W., J. K. Hong, S. E. Lee, and J. W. Lee, 2013: Spatial distribution of urban heat island based on local climate zone of automatic weather station in Seoul metropolitan area. *Atmosphere*, **23**, 413-424 (In Korean with English abstract).
- Jang, J. Y., S. J. Kim, S. H. Kim, M. H. Nam, and J. S. Nam, 2009: Development of response plan and health management plans for heat waves. *Ajou University, Health Promotion support club*, 276 pp (In Korean with English abstract).
- Japanese Ministry of the Environment (JME), 2011: Health manual of heat stroke, 6-7 (In Japanese).
- Kalkstein, L. S., 2003: Heat and health: methodological considerations for warning system development. *Public Weather Program Leader's Meeting*. Minneapolis, MN, June 24, 2003.
- Kim, D. W., B. Y. Heo, J. Y. Won, D. S. Choi, and S. Y. Paek, 2012: A Study on improvement of response and legislation on heat wave. *National Disaster Management Institute*, 72 pp (In Korean with English abstract).
- Kim, J. Y., and S. H. Lee, 2007: The distribution of heat waves and its cause in South Korea. *J. Korean Geogr. Soc.*, **42**, 332-343 (In Korean with English abstract).
- _____, D. G. Lee, I. S. Park, B. C. Choi, and J. S. Kim, 2006: Influences of heat waves on daily mortality in South Korea. *Atmosphere*, **16**, 269-278 (In Korean with English abstract).
- _____, D. G. Lee, and J. Kysely, 2008: A synoptic and climatological comparison of record-breaking heat waves in Korea and Europe. *Atmosphere*, **18**, 355-365 (In Korean with English abstract).
- _____, D. G. Lee, and J. Kysely, 2009: Characteristics of heat acclimatization for major Korean cities. *Atmosphere*, **19**, 309-318 (In Korean with English abstract).
- Koppe, C., R. S. Kovats, G. Jendritzky, and B. Menne, 2004: Heat-waves: risks and responses. Health and Global Environmental Change Series, Vol. 2, *WHO Regional Office for Europe*, 123 pp.
- Korea Centers for Disease Control and Prevention (KCDC), 2013: White paper on 2012 heat wave-related health damage, *Ministry of Health and Welfare*, 167 pp (in Korean).
- Kysely, J., 2004: Mortality and displaced mortality during heat waves in the Czech Republic. *Int. J. Biometeorol.*, **49**, 91-97.
- _____, and J. Y. Kim, 2009: Mortality during heat waves in South Korea, 1991 to 2005: How exceptional was the 1994 heat wave?. *Clim. Res.*, **38**, 105-116.
- Mayor of London, 2010: The draft climate change adaptation strategy for London. *Greater London Authority*, 136 pp.
- Mrela, C. K., and C. Torres, 2010: Deaths from exposure to excessive natural heat occurring in Arizona, 1992-2009. *Arizona Department of Health Services*, 26 pp.
- National Institute of Meteorological Research (NIMR), 2011: Report on climate change scenario 2011, 117 pp (In Korean).
- Park, J. K., W. S. Jung, and E. B. Kim, 2008: A Study on the influence of extreme heat on daily mortality. *J. Korean Soc. Atmos. Environ.*, **24**, 523-537 (In Korean with English abstract).
- Thacker, M. T. F., R. Lee, R. I. Sabogal, and A. Henderson, 2008: Overview of deaths associated with natural events, United States, 1979~2004. *Disasters*, **32**, 303-315.