단보

서울에서 극한기온과 초과사망자수의 관계에 관한 연구

임수정 · 이승호

건국대학교 지리학과

(2016년 6월 14일 접수, 2016년 6월 30일 수정, 2016년 6월 30일 게재 확정)

A Study of the Relationship between Extreme Temperature and Excess Mortality in Seoul, Korea

Sujeong Im · Seungho Lee

Department of geography, Konkuk University

(Received 14 June 2016, Revised 30 June 2016, Accepted 30 June 2016)

Abstract : Extreme temperature has direct and indirect effects on Human Health, and usually influences negatively. This study analyzes the correlation between extreme temperature and excess mortality caused by cardiovascular disease in Seoul. Excess mortality correlates with daily maximum temperature, especially daily excess fatality over two standard deviations, has a strong positive correlation. On the other hand, daily minimum temperature is not significantly related with excess death. Recently, significance of the correlation coefficient of high temperature in August decreases because of the heat wave preparation.

Key Words : excess mortality, extreme temperature, heat wave, cold spell

주요어 : 초과사망자, 극한기온, 열파, 한파

1. 서론

전 지구적 기온상승으로 인한 기후변화는 평균 상태의 변화뿐만 아니라 기후 변동성이 증가하는 것을 포함하며, 변동성의 증가는 극한기온, 폭우, 폭설, 한발 등 이상기상과 이상기후의 출현을 야기할 수 있다. 지속적인 전구적 기온상승으로 전 세계 대부분 지역에서 극한저온현상 발생빈도는 감소하고, 극한고온현상은 증가하는 경향이 있지만 모든 지역에서 동일한 경향이 나타나는 것

은 아니다(IPCC, 2013). 예를 들어, 가을철 북극해의 해빙면적이 감소하였을 때 동유럽에서 중앙아시아로 이어지는 지역의 겨울철 기온은 낮아지는 경향이며, 중앙아시아와 북미지역 및 동아시아 지역의 겨울철 기온은 북극해의 겨울철 해빙면적이 감소하였을 때 낮아지는 경향이 있다(Tang *et al.*, 2013). 극한기온의 출현으로 인한 피해는 공간적으로 지역 규모정도로 발생하지만, 인간의 건강에 직간접적인 영향을 미쳐 많은 재산과 인명피해를 발생시킬 수 있다. IPCC 5차 보고서에 따르면, 기

후 관련 영향의 위험은 기후관련 위해 요소와 인간 노출, 취약성 및 적응 수준과 상호작용하면서 발생한다. 대개 기존의 건강문제를 악화시키는 방식으로 인간 건강에 영향을 줄 것이며, 그 중 도시 지역에서 폭염 스트레스 등의 위험이 증가할 것으로 전망된다(IPCC, 2014). Kim *et al.*(2016)은 한국에서도 미래 폭염이 증가할 것으로 전망하고 폭염에 대비한 정책의 필요성을 제안하였다.

우리나라에서는 1994년 여름철 폭염현상으로 많은 초과사망자가 발생하였고, 1993년과 1995년의 같은 기간과 비교하여 889명이 더 많이 사망하였다(Lee and Yu, 2007). 1994년에는 7월 11일부터 31일까지 일 최고기온이 30℃를 넘는 이상고온이 약 3주 간 지속되었으며, 기간 중 최고기온은 38.4℃를 기록하였다. 극한고온에 의한 대규모 사망 사건은 미국의 시카고, 프랑스 파리 등 전 세계적으로 발생하였다. 미국에서는 1995년에서 발생한 폭염으로 시카고에서 약 700명의 사망자가 발생하였으며, 2003년의 여름은 유럽에서 1500년 이후 가장 무더운 시기였고, 최고기온이 40℃에 이르렀으며, 열파로 인한 사망자가 3만 명을 초과하였다(Semenza *et al.*, 1996; Haines *et al.*, 2006). 2012년 겨울에 발생한 이상한파로 인해 아시아에서는 200명 이상, 유럽에서는 160명 이상이 사망하였다. 이와 같이 상대적으로 기온이 높거나 낮을 때 사망률이 증가하지만, 연령대나, 계절, 도시의 특성 등에 따라 다양하게 나타나므로 임계온도 값을 정의하는 것이 어려운 과제이다(Barnett *et al.*, 2010).

한국에서도 기온과 사망의 관계에 대해서 여름철 극한고온 발생 시 사망 임계온도를 계산하는 연구가 진행되었다(Lee *et al.*, 2010; Jung *et al.*, 2014; Lee *et al.*, 2016). Lee *et al.*(2010)은 대기오염을 고려했을 때는 일별 하위 10% 기온, 대기오염을 고려하지 않았을 때는 평균기온의 영향이 더 큰 것을 밝혀냈다. 또한 Lee *et al.*(2010)은 최적의

사망임계온도 도출 모형과 사망임계온도를 비교하였으며, 총 사망에 대한 임계온도와 온도에서 1℃ 상승할 때 증가하는 사망률의 차이가 크지 않다는 결과를 얻었지만, 기온이 사망률 변동에 직접적으로 영향을 미친다고 결론지을 수 없다는 한계를 드러냈다. 취약한 인구구조를 가진 도시일수록, 사회·경제·환경 취약성이 높은 지역일수록 사망 임계온도가 낮다(Jung *et al.*, 2014). Lee *et al.*(2016)의 서울의 사회·경제적 요인이 고온 관련 사망자에 미치는 영향에 대한 연구에서는 고령인구비율이 높고 고학력자 비율이 낮은 지역에서 사망자 임계기온이 상대적으로 낮아 취약하다는 것이 밝혔다.

급격한 저온 발생 시에도 뇌졸중과 심장마비 등의 순환계 질환 이상으로 인한 돌연사 위험이 높아진다. 실내 온도가 1℃씩 내려갈 때마다 수축기 혈압이 1.3mmHg, 이완기 혈압이 0.6mmHg 올라가는 것으로 알려져 있다(Woodhouse *et al.*, 1993). Wilkinson *et al.*(2001)은 영국에서 심장마비나 뇌졸중으로 인한 사망률이 다른 달에 비해 12월과 3월에 23% 더 높다고 밝혔다. Montero *et al.*(2010)은 스페인에서 사망률은 한파기간과 높은 상대습도와 연관되어있음을 밝혔다. 저온과 고온이 사망에 미치는 영향에 대한 Lim and Kim(2011)의 연구에서는 총 사망자에 대한 저온과 고온의 효과가 각각 1℃ 하강 시 2%, 1℃ 상승 시 4%임을 밝혔으나, 극한기온에 취약한 특정 질병에 미치는 영향을 고려하지 않은 한계가 있다.

Statistics Korea(2012)의 예측에 의하면 2060년에는 폭염과 혹한에 취약한 65세 이상 고령인구가 40%를 상회할 것이라 한다. 뿐만 아니라 Kim *et al.*(2016)은 한국에서도 미래 폭염이 증가할 것으로 전망하고 폭염에 대비한 정책의 필요성을 제안하였다. 급격한 고령인구의 증가와 미래 극한기온현상의 증가에 대비하기 위해서 극한기온현상과

사망과의 관계를 밝히는 연구가 필요하다. 따라서 전국을 대상으로 극한기온현상과 사망자의 관계를 밝히는 전 단계로 한국에서 규모가 가장 큰 서울특별시를 사례로 극한저온과 극한고온이 건강에 미치는 영향을 파악하고자 하였다.

2. 연구자료 및 방법

본 연구의 대상지역은 서울이며, 연구 기간은 사망원인별로 사망자 통계가 제공되는 1997년부터 2014년의 최근 18년이다. Lee and Heo(2011)에 의하면 도시규모가 클수록 여름철 관련 극한기온지수값은 상승하였고 겨울철 극한기온지수값은 하강한다. 또한 서울은 인구 1,000만 명에 가까운 한국 최대의 도시이다. 극한고온과 극한저온이 주로 발생하는 최난월과 최한월을 분석대상 기간으로 정하였으며, 과다사망자 발생기간을 산출은 여름철(6~8월)과 겨울철(12~2월)을 대상으로 하였다.

사망자 자료는 통계청에서 제공하는 마이크로데이터의 사망원인통계를 사용하였으며, 이 중 사망년도, 사망월, 사망일, 사망원인 자료를 추출하였다. 전체 사망자 중 사망원인이 한국표준질병사인코드 기준 I군으로 분류된 사례를 선정하였으며, 이는 순환계통 질환을 의미한다. 신체가 고온에 노출이 되면 혈액순환이 활발해지고, 신체의 냉각속도를 높인다. 혈액순환을 활발히 하는 과정에서 심장에 무리가 가며, 온도균형을 유지하는 능력을 잃어 사망할 수 있다. 낮은 온도에 노출되면 피부혈관수축이 일어나고 열을 발생시키기 위해 심박동수와 호흡속도가 증가한다(Budd, 1993; McGeehin and Miravelli, 2001; Lim and Kim, 2011).

사망자수는 통상 발생한다고 기대되는 사망을 훨씬 초과하여 사망이 발생하는 초과사망의 개념을 도입하였다. 이는 실제 총 사망자수에서 기대

사망자수(expected deaths)를 제외한 값으로 초과사망자수(excess deaths)를 계산한다. 기대 사망자수는 특정 년, 일, 요일에 따라 다르게 발생한다(Jung *et al.*, 2014). Kysely(2004)는 이러한 특성에 기초하여 초과사망자수를 구하기 위한 다음의 식을 고안하였다.

$$M_0(y,d)=M_{av}\times M_m(d)\times M_w(y,d)\times M_y(y)$$

$$M_e=M_t-M_0(y,d)$$

여기서 $M_0(y,d)$ 는 y 년도 d 날에 발생할 것으로 기대되는 사망자수이며, M_{av} 는 전체 연구기간의 일 평균 사망자수를 나타낸다. $W_m(d)$ 는 일 가중치로, 365일 중 d 번째 날에 발생한 사망자와 전체 일 평균 사망자수의 비율을 나타낸다. $W_m(d)$ 값을 구할 때 주간변동을 제거하기 위해 7일 가중이동평균을 이용하였으며, 가중치는 1, 2, 3, 4, 3, 2, 1로 설정하여 당일의 값이 가장 크게 영향을 주게 설정하였다. $W_w(y,d)$ 는 요일 별 가중치로 특정 요일에 발생한 사망자수와 전체 요일 평균 사망자수와의 비율을 나타내며, $W_y(y)$ 는 연 가중치로 특정 y 년의 사망자수와 연구기간 전체의 연평균 사망자수와의 비율을 나타낸다. 총 사망자수(M_t)에서 구해진 기대사망자수($M_0(y,d)$)를 뺀 값이 초과사망자수(M_e)이다.

기온은 같은 기간 기상청에서 관측한 서울 지점의 종관기상 관측자료의 일 자료를 사용하였다. 종관기상 관측지점에서 관측하는 요소 중 일 평균 기온, 일 최고기온, 일 최저기온, 풍속과 이를 가공하여 산출된 체감온도를 분석에 사용하였다. 체감온도(T_s)는 저온 관련 지수로, 극한저온 분석에 사용하였다. 체감온도는 외부에 있는 사람이나 동물이 바람과 한기에 노출된 피부로부터 열을 빼앗길 때 느끼는 추운 정도를 나타내는 지수이다. 기온이 10℃ 이하이면서 풍속이 1.3% 이상일 때 산

출된다. 기상청에서 사용하는 체감온도 산출식은 JAG/TI(Joint Action Group for Temperature Indices) 회의에서 발표된 것으로, 미국과 캐나다 등 북아메리카 국가를 중심으로 사용되는 것이다. 산출식은 다음과 같으며, 이 때, T와 V는 각각 기온(°C)과 풍속(km/h)을 의미한다.

$$T_s = 13.2 + 0.6215T - 11.37V^{0.16} + 0.3965V^{0.16}T$$

초과사망자 발생상위 일은 여름(6, 7, 8월)과 겨울(12, 1, 2월)기간의 초과사망자수를 대상으로, 2표준편차(2σ) 이상과 1표준편차(1σ) 이상 일이 분석에 사용되었으며, 이는 차례로 상위 68%와 95%를 의미한다. 전체 기간, 2σ 이상 일, 1σ 이상 일의 초과사망자수와 기온 요소의 개별 변동성을 제거하기 위하여 3일 이동평균 하여 상관분석을 시행하였으며, 상관성을 보여주는 대표적 사례기간을 선정하여 분석하였다.

3. 연구 결과

1) 극한고온과 초과사망자수

한국에서 폭염은 북태평양기단이 강하게 영향을 미치는 시기인 장마 종료부터 늦장마 시작 전 시기에 주로 발생한다. 특히 이 시기는 장마 후여서 대기 중에 습도도 높은 상태이다. 그러므로 최난월 이면서 극한고온이 주로 발생하는 8월의 초과사망자수와 최고기온 간 상관관계를 분석하였다(Table 1). 전체기간동안 초과사망자수와 일 최고기온 간의 상관계수 $r=0.219$ 로 통계적으로 유의한 양의 상관관계가 있다. 이는 최고기온이 높을수록 초과사망이 많이 발생한다는 것을 의미한다. 일 최고기온의 평년값에 대한 편차와 초과사망자수 간의 상관계수 $r=0.234$ 이며, 유의수준 $\alpha=0.01$ 에서 통계

Table 1. The correlation coefficient between excess mortality and daily maximum temperature (T_{max}) in August.

excess mortality	T_{max}	T_{max} anomaly
total	0.219**	0.234**
> 2σ	0.697*	0.466
> 1σ	0.129	0.048

* $p<0.05$, ** $p<0.01$

적으로 유의하다.

초과사망자수가 평균보다 2표준편차 이상인 날을 추출했을 경우, 초과사망자수와 일최고기온 간의 상관계수 $r=0.697$ 로 크게 상승한다(Figure 1). 이 중 선형회귀선과의 잔차(-2.09)가 큰 2013년 8월 18일의 한 사례를 제외하면 두 변수 사이의 상관계수 $r=0.810$ 으로 증가하여 통계적으로 유의한 강한 양의 상관관계가 있다. 사례일의 초과사망자는 4.89명이 발생하였고 최고기온은 31.8°C를 기록했다. 그러나 일 최고기온이 이전 4일 전부터 지속적으로 하강하는 경향을 보였다. 즉, 당일 이전의 낮은 기온이 당일 최고기온에 비하여 초과사망자수가 낮아진 이유라 할 수 있다. 반면, 2012

Figure 1. The scatter map between daily maximum temperature and excess mortality over 2σ. Solid line is linear regression line and white circle refers to 18 August 2013 (* $p<0.05$).

년 8월 초에는 연구기간동안 최고기온을 기록하였으며, 폭염 경보 발효 기준에 해당하는 최고기온이 35℃ 이상이 7일 동안 지속되었던 일주일간 약 12.40명의 초과사망자가 발생하였다.

2004년 여름은 초과사망자와 최고기온의 상관성을 보여주는 대표적인 사례이다(Figure 2). 7월 31일은 연구기간동안 초과사망자가 가장 많이 발생한 날로 18.00명(3일 이동평균 7.54명)의 초과사망자가 발생하였다. 이전 5일 동안 최고기온이 29.1℃에서 34.0℃로 급격히 상승하였으며, 7.54명의 초과사망자가 발생하였다. 그 후 8월 8일까지 기온이 점차 낮아지는 동안 초과사망자 발생도 감소하는 추세를 보였다. 이후 8월 11일 경 다시 한번 최고기온 극값이 발생하지만 사망자는 다소 증가하였으나 최댓값을 나타내지 않았는데, 이는 신체의 열 적응으로 인한 결과로 판단된다. 고온이 사망에 미치는 영향은 당일 또는 이튿날이 가장 높으며, 시간이 지남에 따라 점차 줄어든다(Curriero *et al.*, 2002). 이후 기온이 하강함과 동시에 초과사망자수도 감소하며, 최고기온 발생 사흘 뒤인 14일을 기준으로 초과사망자수는 음의 값을 나타낸다. 이는 해당 일의 기대사망치보다 사망자가 덜 발생

Figure 2. Daily maximum temperature (T_{max} , solid line) and excess mortality (bar) from July 24 to August 20 in 2004.

하였음을 의미한다. 이 사례는 2003년 프랑스에서 발생한 폭염에 의한 초과사망자의 변동 패턴과 유사한 결과를 보여준다.

2) 극한저온과 초과사망자수

한국에서는 1970년대 이후 극한저온 및 한파가 뚜렷한 감소경향이며, 특히 1980년대에서 90년대 걸쳐 급격한 감소가 나타났다(Heo and Lee, 2006; Choi and Park, 2010). 그러나 기온변동 중 겨울철 극한저온을 포함하는 한파 등은 지역별로 1990년대 말보다 2000년대 초 다소 증가하는 경향으로 겨울철 극한저온의 불안정한 출현 가능성이 제기되었으며(Heo and Kwon, 2007), 극한저온지수 중 최근 10년간 결빙일수, 한파지속기간이 이전 10년보다 많아진 사실을 통하여 한파의 발생빈도와 규모가 오히려 많아지거나 커질 가능성도 제기되었다(Choi and Park, 2010).

Table 2는 최한월인 1월의 초과사망자수와 최저기온 간 상관계수(r) 값을 제시한 것이다. 일 최저기온(T_{min}), 일 최저기온의 편차(T_{min} anomaly), 체감온도(T_s)와 초과사망자수가 평균보다 2표준편차 이상인 경우와 1표준편차 이상인 경우를 나타낸 것이다. 전체기간과 2표준편차 이상 일(Figure 3)에 발생한 초과사망자수와 최저기온, 최저기온 편차, 체감온도의 상관계수 $r=0.037$ 에서 0.076의 범위로 분포하며, 통계적으로 유의하지 않다. 1표준편차 이상 일의 경우, 각각 상관계수(r) 값은 0.159,

Table 2. The correlation coefficient between excess mortality and daily minimum temperature (T_{min}) and sensible temperature (T_s) in January.

excess mortality	T_{min}	T_{min} anomaly	T_s
total	0.076	0.075	0.073
> 2σ	0.065	0.037	0.067
> 1σ	0.159	0.153	0.174

Figure 3. The scatter map between daily minimum temperature ($T_{\min}$) and excess mortality over 25.

0.153, 0.174로 그 값이 커졌지만 통계적 유의성이 없다. 이는 1월의 초과사망자수와 기온은 상호 관련성이 낮다는 것을 의미한다. 또한, 모두 약한 양의 상관으로 이는 저온 발생 시 사망이 증가한다는 선행연구와 상반된 결과이다. 이는 점차 난방시설 등이 개선되면서 과거에 비하여 겨울철 추위를 극복하는 것이 쉬워지고 있다는 것을 보여준다 할 수 있다.

극한고온과 마찬가지로 연구기간 내 초과사망자가 가장 많이 발생한 사례인 2014년 2월 2일 전후의 일 최저기온과 초과사망자수를 Figure 4에 나타내었다. 기간 내 발생한 초과사망자 수는 최저기온의 변동 패턴과 유사한 경향을 보이지 않았으며, 유의확률 0.593으로 통계적으로 유의하지 않았다. 즉, 겨울철의 초과사망에는 극한기온보다 다른 요인이 더 큰 영향을 미친다고 할 수 있다. 그러나 한파의 규모가 예외적으로 강할 경우 사망자가 급격히 증가하는 사례도 발생하였다. 2001년 1월은 11~17일의 7일간 특보가 발효되었던 강력한 한파가 기습하였으며, 18일에 8.34명의 초과사망자가 발생하였고, 2011년 1월에도 3일간 한파 특보가 발효된 직후인 18일에 6.53명이 초과 사망하

Figure 4. Daily minimum temperature ($T_{\min}$, solid line) and excess mortality (bar) from January 26 to February 22 in 2014.

였다.

4. 토의 및 결론

여름철 초과사망자수와 최고기온 및 최고기온 편차 간 상관관계수의 시계열 변화를 파악하기 위하여 연도별로 상관관계수를 구하였다(자료 미제시). 서울의 여름철 최고기온과 초과사망자수의 상관관계 값은 감소하는 경향이며, 동시에 통계적 유의성도 감소한다. 즉, 시간이 지남에 따라 초과사망과 기온 간 상관관계가 낮아진다는 것을 의미한다. 특히, 2011년을 제외하면, 2006년 이후 두 변수 사이의 상관관계가 유의하지 않는 경향이 뚜렷하다. 이런 경향은 폭염에 대한 대비책 및 적응이 개선되었기 때문으로 해석될 수 있다. 대표적인 폭염 대비책인 ‘무더위 쉼터’는 보건복지부에서 2007년에 ‘폭염대비 노인보호 대책’을 수립하여 추진하고 있으며(Ministry of health and welfare, 2007), 폭염이 지속되는 기간 동안 읍면동사무서 등 냉방시설이 갖춰진 공간의 일부를 노인들이 더위를 식힐 수 있는 ‘무더위 쉼터’로 제공하는 것

이다¹⁾.

이 연구에서는 기온이 인간 건강에 미치는 영향을 파악하기 위하여 각각 극한고온과 극한저온이 나타나는 8월과 1월의 서울의 사망자수와 기온과의 관계를 분석하였다. 통계청에서 제공하는 1997~2014년 서울특별시의 사망자 통계와 같은 기간 기상청에서 관측한 기온 및 풍속 자료가 사용되었다. 사망자는 열 스트레스와 한랭 스트레스에 취약한 순환계 원인 사망자만을 추출하였으며, 전체 사망자수에서 기대 사망자수를 뺀 초과사망자수를 사망자 변수로 사용하였다.

극한고온과 초과사망자수는 통계적으로 유의한 약한 양의 상관성을 보이며, 초과사망자수 발생 상위 95%(2표준편차 이상)의 경우는 상관성이 강한 것으로 나타났다. 대표 사례인 2004년 8월에 최고기온과 초과사망자 발생의 유사한 경향성을 확인하였다.

극한저온은 초과사망자와 상관성이 매우 낮으며, 통계적 유의성도 없었다. 초과사망과 고온의 상관성이 저온에 비해 비교적 높은 것은 난방시설 보급 확대에 의한 저온의 대응은 높아진 반면, 고온에 대한 대응인 냉방시설은 사회경제적 지위에 따라 보급정도가 다양하여 저온 대응만큼 이루어지지 않았기 때문이다(Medina-Ramon and Schwartz, 2007).

이러한 연구 결과를 바탕으로 고온 취약성을 극복하기 위하여 폭염에 대한 대응방안이 확충되어야 할 것이다. 비교적 효과적인 대비책으로 평가받는 무더위 쉼터 또한 홍보 부족과 심리적 접근성 제한 등의 문제가 제기되고 있다(Eum and Yun, 2015). 추후, 초과사망 발생과 다양한 극한기온지수와의 관계 분석이 필요하며 전국적인 범위의 분석도 이루어져야 할 것이다. 이러한 연구는 현재의 사후대응에만 국한된 극한기온 관련 피해에 대해 예보를 바탕으로 한 사전 예방대책을 수립하는

데 기여할 것이며, 향후 미래 기온을 전망한 기후변화 시나리오 자료를 활용하여 미래 기후변화가 건강에 미치는 영향에 대한 분석의 기반으로 사용될 수 있다.

사사

이 논문은 2013년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2013S1A3A2052995).

주

1) 2015년 6월 기준, 무더위 쉼터는 전국 39,344개소이다.

참고문헌

- Barnett, A. G., Tong, S., and Clements, A. C. A., 2010, What measure of temperature is the best predictor of mortality?, *Environmental Research*, 110, 604-611.
- Budd, G. M., 1993, Cold stress and cold adaptation, *Journal of Thermal Biology*, 18(5-6), 629-631.
- Choi, Y. and Park, C., 2010, Distributions of Cold Surges and Their Changes in the Joongbu Region, the Republic of Korea, *The Geographical Journal of Korea*, 44(4), 713-725 (in Korean).
- Curriero, F. C., Heiner, K. S., Samet, J. M., Zeger, S. L., Strug, L., and Patz, J. A., 2002, Temperature and mortality in 11 cities of the eastern United States, *American Journal of Epidemiology*, 155(1), 80-87.
- Eum, J. and Yun, S., 2015, A study on the heatwave management plan for low-income aged people, *Space and Environment*, 25(4), 317-342 (in Ko-

- rean).
- Haines, A. and Kovacs, R. S., Cambell-Lendrum, D., and Corvalan, C., 2006, Climate change and human health: impacts, vulnerability and public health, *Public health*, 120(7), 585-596.
- Heo, I. and Kwon, W. T., 2007, Temperature change of recent 10 years (1996-2005) in Korea, *Journal of climate research*, 2(2), 79-93 (in Korean).
- Heo, I. and Lee, S., 2006, Changes of unusual temperature events and their controlling factors in Korea, *Journal of the Korean geographical society*, 41(1), 94-105 (in Korean).
- IPCC, 2013, *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., and Midgley, P. M. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535pp.
- IPCC, 2014, *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Summaries, Frequently Asked Questions, and Cross-Chapter Boxes*. A Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C. B., Barros, V. R., Dokken, D. J., Mach, K. J., Mastrandrea, M. D., Bilir, T. E., Chatterjee, M., Ebi, K. L., Estrada, Y. O., Genova, R. C., Girma, B., Kissel, E. S., Levy, A. N., MacCracken, S., Mastrandrea, P. R., and White, L. L. (eds.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 190 pp.
- Jung, J., Kim, I.-G., Lee, D.-G., Shin, J., and Kim, B.-J., 2014, Study on the vulnerability regarding high temperature related mortality in Korea, *Journal of the Korean geographical society*, 49(2), 245-263 (in Korean).
- Kim, J.-A., Kim, K. R., Lee, C. C., Sheridan, S. C., Kalkstein, L. S., and Kim, B.-J., 2016, Analysis of Occurrence Distribution and Synoptic Pattern of Future Heat Waves in Korea, *Journal of climate research*, 11(1), 15-27 (in Korean).
- Kysely, J., 2004, Mortality and displaced mortality during heat waves in the Czech Republic, *International Journal of Biometeorology*, 49(2), 91-97.
- Lee, J., Kim, M.-K., and Park, J., 2016, The effects of socioeconomic factors on mortality under high temperature in Seoul, South Korea, *Journal of the Korean association of regional geographers*, 22(1), 195-210 (in Korean).
- lee, S. and Heo, I., 2011, The Impacts of Urbanization on Changes of Extreme Events of Air Temperature in South Korea, *Journal of the Korean geographical society*, 46(3), 257-276 (in Korean).
- Lee, K. and Yu, H., 2007, The Impact of High Temperature on the Increase of Mortality in Summertime: The Case of Seoul, *Journal of Climate Research*, 2(2), 118-127 (in Korean).
- Lee, S., Kim, H., and Yi, S.-M., 2010, The relationships between temperature changes and mortality in Seoul, Korea, *Korean Journal of Environmental Health Sciences*, 36(1), 20-26 (in Korean).
- Lim, Y.-H. and Kim, H., 2011, Climate change and health-a systemic review of low and high temperature effects on mortality, *Korean Journal of Environmental Health Sciences*, 37(6), 397-405 (in Korean).
- McGeehin, M. A. and Mirabilli, M., 2001, The potential impacts of climate variability and change on temperature-related morbidity and mortality in the United States, *Environmental Health Perspective*, 109(2), 185-189.
- Medina-Ramon, M. and Schwartz, J., 2007, Temperature, temperature extremes, and mortality: a study of acclimatization and effect modification in 50 united states cities, *Occupational and envi-*

- ronmental medicine*, 64(12), 827-833.
- Ministry of health and welfare, 2007, *07' senior care preparations for heat wave* (in Korean).
- Montero, J. C., Mir_n, I. J., Criado-Alvarez, J. J., Lin-ares, C., and Diaz, J., 2010, Mortality from cold waves in Castile-La Mancha, Spain, *Science of the Total Environment*, 408(23), 5768-5774.
- Semenza, J. C., Rubin, C. H., Falter, K. H., Selanikio, J. D., Flanders, W. D., Howe, H. L., and Wil-helm, J. L., 1996, Heat-related deaths during the July 1995 heat wave in Chicago, *New Eng-land journal of medicine*, 335(2), 84-90.
- Statistics Korea, 2012, *Population projections for Ko-rea:2010-2060*, 378pp.
- Tang, Q., Zhang, X., Yang, X., and Francis, J. A., 2013, Cold winter extremes in northern continents linked to Arctic sea ice loss, *Environmental Re-search Letters*, 8(1), 014036.
- Wilkinson, P., Armstrong, B., and Landon, M., 2001, *Cold Comfort: The Social and Environmental Determinants of Excess Winter Deaths in England 1986-1996*, The Policy Press, Bristol.
- Woodhouse, P.R., Khaw, K.T., and Plummer, M., 1993, Seasonal variation of blood pressure and its re-lationship to ambient temperature in an elderly population, *Journal of hypertension*, 11(11), 1267-1274.

책임편집: 최광용

영문교열: 조창현