

기후요소가 온열질환자수에 미치는 영향

정다은* · 임숙향** · 김도우*** · 이우섭†

*APEC 기후센터, **질병관리본부, ***국립재난안전연구원

The Effects of Climate Elements on Heat-related Illness in South Korea

Jeong, Daeun*, Lim, Sook Hyang**, Kim, Do-Woo*** and Lee, Woo-Seop†

*APEC Climate Center, Busan, Korea

**Centers for Disease Control and Prevention, Cheongju, Korea

***National Disaster Management Research Institute, Ulsan, Korea

ABSTRACT

The relationship between the climate and the number of heat-related patients in South Korea was analysed in this study. The number of the patients was 1,612 during the summer 2011 to 2015 according to the Heat-related Illness (HRI) surveillance system. The coefficient of determination between the number of the patients and the daily maximum temperature was higher than that between the number of them and the other elements: the daily mean/minimum temperature and relative humidity. The thresholds of daily maximum and minimum temperature in metropolitan cities (MC) were higher than those in regions except for MC (RMC). The higher the maximum and minimum temperature became, the more frequently the heat-related illness rate was observed. The regional difference of this rate was that the rate in RMC was higher than that in MC. Prolonged heat wave and tropical night tended to cause more patients, which continued for 20 days and 31 days of maximum values, respectively. On the other hand, the relative humidity was not proportional to the number of the patients which was rather decreasing at over 70% of relative humidity.

Key words : Heat Wave, Heat-related Patients, Climate Elements

1. 서 론

지구온난화와 도시화 현상으로 폭염의 발생빈도, 지속시간, 강도가 심화될 것으로 예측되고 있다(Meehl and Tebaldi, 2004; IPCC, 2007). 실제로 2003년 6월에서 8월 동안 유럽에서는 40°C가 넘는 폭염과 열대야가 지속되면서 35,000명이 사망하는 등 세계 곳곳에서 이상 고온에 의한 피해가 나타났다. 1981년에서 2010년 동안 우리나라의 연평균 폭염일수는 10.1일 수준이며, 온실가스 고배출 시나리오(RCP 8.5)에 의하면 저감 없이 온실가스가 배출된다면 21세기 후반기(2071~2100년)에는 40.4일로 증가할 것으로 전망된다(KMA, 2012). 또한 6개 관측지점(서울, 인천, 강릉, 대구, 목포, 부산)에서는 1912년부터 2008년 동안 평균기온이 1.7°C가 상승했고, 이는 전 지구

평균기온 상승률의 두 배이며, 이 중 20~30%는 도시화에 의한 것이다(NIMR, 2009).

이러한 기온 상승에 의한 폭염과 열대야 등의 고온 현상은 인간에게 열사병, 열탈진, 열실신, 열경련 등의 질병 등 신체적 피해를 줄 수 있고, 인간의 유병율(morbidity) 및 사망률(mortality) 증가에도 영향을 미친다(Cinar *et al.*, 2001; Kim *et al.*, 2006; Kysely *et al.*, 2009; Park and Lee, 2006). 또한 폭염 일수가 많아짐에 따라 폭염 사망자는 지속적으로 증가하고, 최고 기온이 33°C 이상일 때 사망자가 급증한다(Kim *et al.*, 2014). 스페인의 75세 이상의 여성 노인인구 중 일최고기온이 36.5°C 이상인 날이 하루 증가할 때 사망률이 28.4%가 증가한다는 외국의 연구결과도 있다(Diaz *et al.*, 2002).

폭염과 열대야 등의 고온 현상으로 인한 인명 피해를 최소화

† Corresponding author: wslee@apcc21.org

Received May 20, 2016 / Revised June 7, 2016(1st) June 15, 2016(2nd) / Accepted June 20, 2016

화하기 위해서는 폭염의 발생 및 그에 따른 초과 사망자 등을 조사할 필요가 있다(Choi *et al.*, 2005; Kim *et al.*, 2006; Kim and Lee, 2007; Kim *et al.*, 2007; Kysely and Kim, 2009; Lee *et al.*, 2007; Park *et al.*, 2008). 그 일환으로 2010년부터 보건복지부 질병관리본부에서 여름 동안 온열질환에 의한 사망자를 실시간으로 집계하기 시작했다. 하지만 전국 460여 개 응급실에서 보고되는 건수만이 집계되고 있어 전국적 폭염피해를 모두 반영하지는 못하고 있다(KCDC, 2013). 또한 온열질환에 의한 사망자 수는 21년간 총 442명에 불과하다(Kim *et al.*, 2014). 온열질환에 의한 피해자는 사망자만이 아니라, 병원에 내원하여 온열질환을 진단 받은 질환자도 포함되어야 하지만, 이에 대한 연구는 없는 실정이다.

이에 본 연구에서는 선행연구에서 수행되지 않았던 온열질환자와 기후요소의 상관관계를 파악하기 위해 질병관리본부의 온열질환 감시체계 하에 집계된 5년 동안의 온열질환자의 발생 지역, 발생일, 온열질환자수 등을 조사하여 기후요소와의 관련성을 분석하였다.

2. 자료 및 연구방법

2.1 자료

본 연구에서 사용된 온열질환자 수는 2015년 기준 533개의 응급실 운영 의료기관으로부터 수집 및 집계되었다(KCDC, 2015). 환자수는 응급실 일일 내원자 중 폭염 노출로 인해 열사병, 열탈진, 열실신, 열경련, 열부종 등 한국표준질병·사인분류에 의한 질병코드 T67과 같은 증상이 나타나는 “온열질

환”으로 진단된 모든 환자를 포함한다. 폭염 건강피해 현황집계는 증상 발생일을 기준으로 하고, 온열질환자 수에 사망자수는 포함되지 않는다. 질병관리본부에서 운영되는 온열질환 감시체계를 통해 집계한 온열질환자 발생수는 2011년부터 2015년 동안 5월부터 9월까지 일별 및 시도별로 기록되어 있다. 온열질환자수를 집계한 온열감시기간은 2011년부터 2015년까지 총 467일이다. 2011년은 감시 시작일이 7월 1일로서 다른 해에 비해 늦은 편이고, 총 감시일은 68일이며, 2012년에서 2014년의 감시일은 각 98일이다. 2015년에는 감시 초기 개시로 인해 감시일이 다른 해에 비해 긴 105일이다(Table 1). 기후요소가 온열질환자수에 미치는 영향을 분석하기 위해서 기상청 종관 기상관측장비(Automated Synoptic Observing System, ASOS)의 92개 지점 자료를 사용하였다. 또한 본 연구에서 사용된 인구자료는 통계청에서 제공하는 2011년부터 2015년까지의 행정구역(시군구)별 총인구 자료이다.

연구 지역은 우리나라 7대 광역시인 서울, 인천, 대전, 대구, 울산, 광주, 부산과 광역시 외의 지역인 경기, 강원, 충북, 충남, 전북, 전남, 경북, 경남, 제주를 통칭하여 비광역시를 대상으로 하였다. 인구자료는 시군구 단위까지, 기후자료는 시군 단위까지 제공되나, 온열환자수 자료는 시도 단위까지만 제공되므로, 이에 맞춰 광역시(Metropolitan cities, MC)와 비광역시(Regions except for MC, RMC)로 분류하여 분석하였다. 또한 세종시는 본래 충청남도 연기군 남면, 금남면, 동면 일원과 공주시 장기면, 반포면 일원이었고, 세종특별자치시로 분류된 기후자료가 없으므로 세종시는 충남에 포함시켜 비광역시로 분류하였다.

이 연구에서는 일평균기온, 일최고기온, 일최저기온 및 상

Table 1. Description of climate, patients with heat-related illness, and population data

	Climate*	Patients with heat-related illness	Population**
Source of data	ASOS	Heat-related Illness (HRI) surveillance system	Statistics on residents by Local Government
Elements	Daily mean/maximum/minimum temperature and relative humidity	The number of patients with heat-related illness	The number of population
Temporal resolution	Daily	Daily	Yearly
Period	2011~2015 (Monitoring period of HRI surveillance system)	2011 July 1~September 6 (68 days) 2012 June 1~September 6 (98 days) 2013 June 2~September 7 (98 days) 2014 June 1~September 6 (98 days) 2015 May 24~September 5 (105 days)	2011~2015

* <http://data.kma.go.kr/>

** Korean Statistical Information Service (<http://kosis.kr/>)

대습도 자료를 사용하여 기후요소와 온열질환자의 연관성 및 폭염(Heat wave, HW)과 열대야(Tropical night, TN)의 지속기간에 따른 환자수 발생률을 분석하였다. 폭염은 일최고기온이 33℃ 이상인 경우, 열대야는 일최저기온이 25℃ 이상인 경우를 임계온도로 하는 기상청의 정의를 준용하였다. 또한 1973년부터 2015년 6월과 7월의 ASOS 자료를 사용하여 폭염과 열대야의 장기 변동성에 대해 분석하였다.

2.2 연구방법

2.2.1 구간적 회귀모형

단순 선형 회귀분석(simple linear regression)은 자료의 전체 범위에 대한 회귀선을 구하는 분석법이기에 때문에 특정 부분에서 적합도가 떨어지는 경우가 있다. 이를 해결하기 위해 특정 기후요소값 이하에서의 회귀계수와 이상에서의 회귀계수가 달라지는 구간적 회귀모형(piecewise regression model)을 가정하여 기후요소와 온열질환자수의 관계에 가장 적합한 모형을 구하였다(Muggeo, 2003). 회귀계수가 달라지기 시작하는 기후요소값을 역치(threshold 혹은 breakpoint)라 하며, 회귀식은 식 (1)과 같다.

$$y = a_1 + b_1x \text{ for } x \leq c$$

$$y = \{a_1 + c(b_1 - b_2)\} + b_2x \text{ for } x > c \quad (1)$$

여기서 y 는 종속변수, x 는 독립변수, a_1 은 역치 이하에서의 y 절편, b_1 과 b_2 는 각각 역치 이하와 이상에서의 회귀선 기울기, c 는 역치를 나타낸다. 역치는 추정의 표준오차(standard error of the estimate)가 가장 작아지는 지점을 찾아 구한다.

2.2.2 온열질환자 발생률

기후요소에 따른 100만 명당 온열질환자의 발생률을 살펴보면 어떤 조건에서 가장 많은 열질환자가 발생하는지를 확인할 수 있다. 계산 방식은 식 (2)와 같다(Kim et al., 2014).

$$\text{Heat-related illness rate}(t,d) = \frac{\frac{\text{The number of patients}(t,d)}{\text{Population}(d)} \times 10^6}{\text{Frequency}(t)} \quad (2)$$

Heat-related illness rate는 100만 명당 온열질환자 발생률, t 는 기후요소 값, d 는 t 가 발생한 날이다. The number of patients는 환자수, Population은 그 지역 및 그 시기의 인구수로

서 d 의 함수이다. Frequency는 기후요소 구간에 따라 그 구간 내의 값이 나타난 횟수이다. 예를 들어, 광역시의 t 가 24℃에서 26℃인 상황에서 Heat-related illness rate가 5라면 24℃에서 26℃ 사이의 기온이 한 번 나타났을 때 100만 명당 5명의 온열질환자수가 발생했음을 의미한다.

3. 연구 결과

3.1 기후요소와 온열질환자수의 상관관계

3.1.1 기후자료 및 온열질환자수 개괄

Table 2는 온열질환자 감시기간 동안 광역시 및 비광역시 총 16개 권역의 일평균기온(Daily mean temperature), 일최고기온(Daily maximum temperature), 일최저기온(Daily minimum temperature), 상대습도(Daily relative humidity)의 최솟값(min), 평균값(avg) 및 최댓값(max)을 나타낸 것이다. 일평균기온과 일최고기온의 평균값은 13개 권역 중 대구에서 가장 크게 나타났고, 그 값은 각각 24.7℃와 30.5℃이다. 일최저기온은 평균적으로 제주도가 22.5℃로 가장 높게 나타났다. 감시기간 중 일평균기온, 일최고기온, 일최저기온의 최댓값은 33.1℃, 38.8℃, 28.8℃로 모두 울산에서 나타났다. 일최저기온 뿐만 아니라, 상대습도의 평균값도 제주에서 가장 크다. 일평균기온과 일최고기온은 대구에서, 일최저기온과 상대습도는 제주에서 가장 높게 나타났으나, 환자수의 일평균값은 전남에서 1.2명으로 가장 크게 나타났다. 7개 광역시 중에서는 서울의 0.6명이 가장 크다.

3.1.2 기후요소 및 온열질환자수 연도별 증감률

총 감시일의 차이로 2011년의 전국 온열질환자수가 약 443명으로 다른 해에 비해 적다(Table 1). 2011년을 제외하면 2014년의 전국 온열질환자수가 556명으로 가장 적고, 2013년에는 1,189명으로 가장 많이 나타났다. 광역시보다 비광역시의 인구수가 약 400만 명에서 500만 명 정도 많으므로 인구당 온열질환자수를 살펴보기 위해 온열질환자수를 해당 연도의 인구수와 감시일수로 나눈 후 100만을 곱하여 100만 명당 일별 온열질환자수를 살펴보았다(Table 3, Fig. 1). 광역시의 경우, 2012년의 값이 0.145명으로서 가장 높고, 2011년은 0.093명으로서 가장 낮다. 비광역시는 2012년이 아닌 2013년에 0.319명이라는 최댓값이 나타났고, 2014년에는 0.140명의 최솟값이 나타났다. 또한 비광역시의 온열질환자수, 최고기온, 상대습도 값은 2014년을 제외하고 광역시보다 크고, 최저기온은 모든 해에 대해 광역시값에서 더 큰 값을 나타낸다.

Table 2. Minimum, mean, and maximum values of climate elements of each city and province during the monitoring period

	Daily mean temperature (°C)			Daily maximum temperature (°C)			Daily minimum temperature (°C)			Daily relative humidity (%)			The number of patients		
	min*	avg (±std)**	max***	min	avg (±std)	max	min	avg (±std)	max	min	avg (±std)	max	min	avg (±std)	max
Seoul	18.7	25.2 (±2.3)	31.8	20.5	29.4 (±2.8)	36.7	14.0	21.8 (±2.6)	28.7	27.1	69.5 (±13.0)	99.8	0.0	0.6 (±1.8)	19.0
Incheon	15.7	23.2 (±2.3)	29.9	18.9	26.8 (±2.4)	34.8	10.2	20.3 (±2.6)	26.1	44.1	84.1 (±10.3)	99.3	0.0	0.3 (±0.8)	6.0
Daejeon	18.5	25.2 (±2.4)	31.9	21.2	29.5 (±2.8)	36.9	12.0	21.6 (±2.9)	27.4	40.0	78.3 (±10.7)	99.9	0.0	0.2 (±0.5)	3.0
Daegu	17.0	25.7 (±3.1)	32.9	20.9	30.5 (±3.8)	38.3	12.7	21.9 (±3.0)	28.2	32.4	69.9 (±11.8)	97.9	0.0	0.4 (±0.9)	6.0
Ulsan	16.2	24.7 (±3.2)	33.1	19.3	29.1 (±4.0)	38.8	12.0	21.3 (±3.1)	28.8	42.0	75.7 (±9.7)	99.8	0.0	0.5 (±1.1)	9.0
Gwangju	18.3	25.3 (±2.6)	31.4	20.5	29.9 (±3.1)	37.7	13.3	21.8 (±2.8)	27.6	34.4	74.7 (±10.5)	96.9	0.0	0.4 (±1.0)	7.0
Busan	16.3	24.4 (±2.7)	30.1	20.2	27.8 (±3.1)	35.0	13.7	22.0 (±2.7)	28.0	48.8	77.2 (±9.8)	99.6	0.0	0.4 (±0.9)	9.0
Gyeonggi	17.4	24.4 (±2.2)	30.3	21.4	29.6 (±2.7)	36.9	10.1	20.3 (±2.8)	25.9	37.3	75.1 (±10.6)	96.4	0.0	1.0 (±2.0)	14.0
Gangwon	16.2	23.0 (±2.6)	29.4	20.3	27.9 (±2.9)	34.3	11.2	19.2 (±3.0)	26.1	34.9	76.7 (±9.1)	95.5	0.0	0.4 (±1.0)	7.0
Chungbuk	16.0	23.9 (±2.3)	29.7	20.3	28.9 (±2.7)	35.7	10.0	19.9 (±3.0)	26.2	38.1	74.3 (±9.9)	94.4	0.0	0.5 (±1.1)	11.0
Chungnam	17.7	24.2 (±2.4)	30.2	21.4	29.0 (±2.6)	36.5	9.8	20.4 (±3.0)	26.0	48.7	79.6 (±8.6)	96.6	0.0	0.5 (±1.4)	11.0
Jeonbuk	17.7	24.4 (±2.5)	30.3	20.8	29.3 (±2.9)	36.3	10.2	20.6 (±3.0)	26.0	48.2	78.3 (±8.3)	96.0	0.0	0.5 (±1.2)	11.0
Jeonnam	16.5	24.1 (±2.5)	29.4	19.9	28.1 (±2.9)	35.3	12.6	21.0 (±2.8)	26.2	52.9	82.9 (±7.2)	96.0	0.0	1.2 (±2.2)	13.0
Gyeongbuk	15.3	23.7 (±2.7)	30.3	19.9	28.6 (±3.3)	35.7	10.2	19.7 (±3.0)	25.7	38.6	76.5 (±8.8)	94.8	0.0	0.8 (±1.6)	10.0
Gyeongnam	15.3	24.4 (±2.6)	29.9	19.0	29.1 (±3.3)	36.5	11.6	20.9 (±2.9)	26.1	46.8	76.8 (±8.2)	94.0	0.0	1.1 (±2.4)	20.0
Jeju	16.5	24.7 (±2.8)	30.2	19.8	27.6 (±3.0)	34.2	13.6	22.5 (±2.8)	27.4	57.5	84.2 (±6.7)	97.1	0.0	0.3 (±0.9)	8.0

* minimum, ** average(±standard deviation), *** maximum.

특이한 점은 광역시의 경우, 2012년에서 2013년이 되면서 온열질환자수 총합이 330명에서 317명으로, 100만 명당 일평

균 온열질환자수가 0.145명에서 0.139명으로 약 3.9% 감소하는 반면, 비광역시에서는 총합이 654명에서 872명으로, 100만

Table 3. Change of the number of patients per one million per day and each climate element in South Korea, MC, and RMC with each year

	South Korea					MC					RMC				
	2011	2012	2013	2014	2015	2011	2012	2013	2014	2015	2011	2012	2013	2014	2015
	7.1~9.6	6.1~9.6	6.2~9.7	6.1~9.6	5.24~9.5	7.1~9.6	6.1~9.6	6.2~9.7	6.1~9.6	5.24~9.5	7.1~9.6	6.1~9.6	6.2~9.7	6.1~9.6	5.24~9.5
	68 days	98 days	98 days	98 days	105 days	68 days	98 days	98 days	98 days	105 days	68 days	98 days	98 days	98 days	105 days
The number of patients per one million per day*	0.128	0.197	0.237	0.111	0.195	0.093	0.145	0.139	0.074	0.127	0.158	0.241	0.319	0.140	0.250
Rate of change (%)	53.5	20.4	-53.4	76.6		55.8	-3.9	-46.6	71.2		52.1	32.4	-55.9	78.4	
Maximum temperature (°C)	28.9	28.9	29.5	27.7	28.3	28.6	28.8	29.1	27.9	28.3	28.9	28.9	29.5	27.7	28.3
Rate of change (%)	-0.03	2.10	-6.36	2.00		1.00	1.02	-4.15	1.42		-0.14	2.27	-6.18	2.13	
Minimum temperature (°C)	21.8	20.7	21.3	19.8	19.2	22.1	21.5	22.1	20.7	20.2	21.8	20.7	21.2	19.7	19.1
Rate of change (%)	-5.19	2.70	-7.83	-3.11		-2.70	2.55	-6.22	-2.37		-5.18	2.79	-7.42	-3.07	
Relative humidity (%)	81.2	77.4	78.2	78.9	75.9	79.9	75.8	76.9	79.5	75.2	81.3	77.6	78.3	78.9	75.9
Rate of change (%)	-4.92	0.97	0.98	-3.98		-5.14	1.43	3.39	-5.45		-4.64	0.93	0.72	-3.70	

* The number of patients per one million per day : ((Total number of patients÷Population of each year)÷Monitoring period)×10⁶

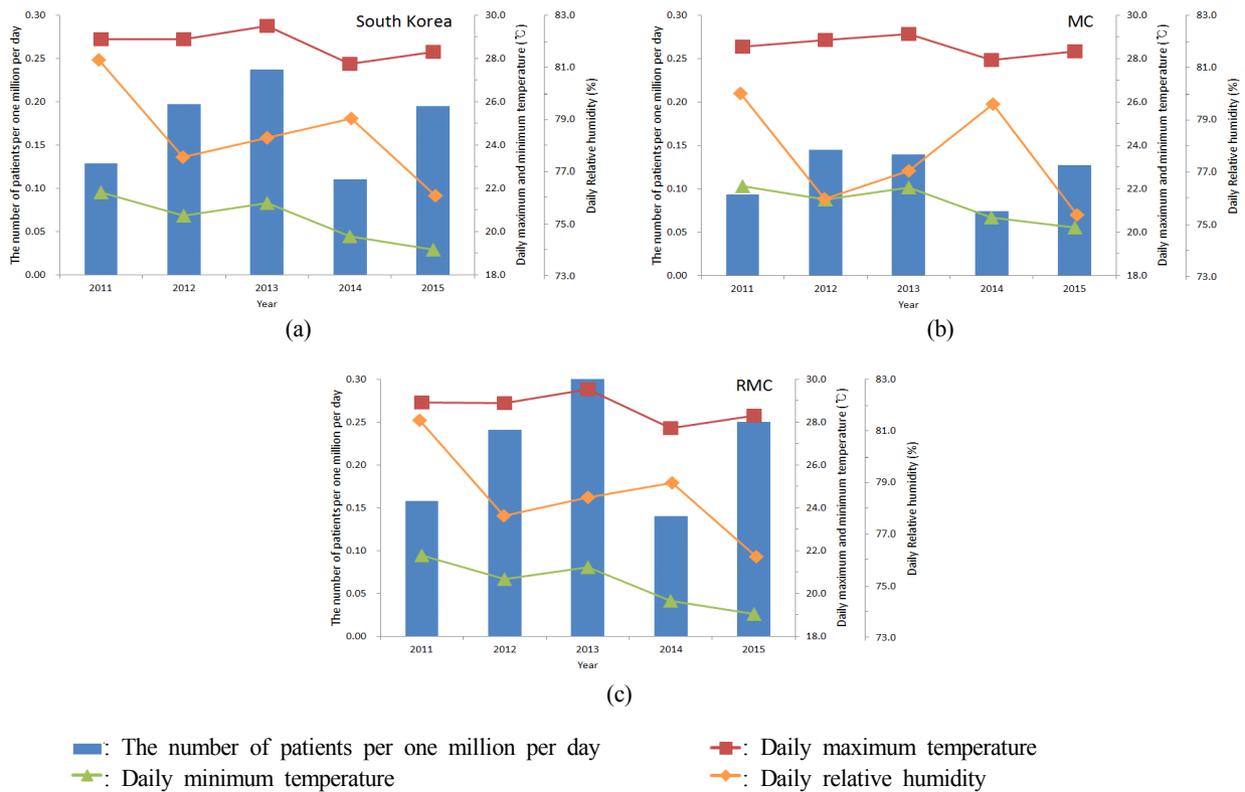


Fig. 1. Change of the number of patients per one million per day and each climate element in (a) South Korea, (b) MC, and (c) RMC with each year.

명당 일평균 온열질환자수가 0.241명에서 0.319명으로 오히려 약 32.4%가 증가하였다. 하지만 기후요소의 경우, 광역시와 비광역시 모두에서 그 값이 증가했다. 이 때 최저기온과 상대습도의 증감률은 광역시에서 각각 2.55%, 1.43%, 비광역시에서 각각 2.79%, 0.93%로 광역시와 비광역시에서 비슷하게 나타나지만, 최고기온의 경우 광역시에서는 1.02% 증가한 반면, 비광역시에서는 2.27%가 증가하여 그 차이가 두 배 이상으로 나타났다.

2013년에서 2014년이 되면서 광역시와 비광역시의 환자가 감소할 때 최고기온, 최저기온은 감소하고 상대습도는 증가하는 모습이 나타난다(Fig. 1(b), (c)). 이 때 광역시의 상대습도 증가율은 3.36%로 비광역시의 증가율인 0.72%의 4.67배이다. 하지만 다음해인 2015년에는 광역시의 환자가 71.2%, 비광

역시의 환자는 78.4% 증가하지만, 최저기온과 상대습도는 감소하고 최고기온은 증가하는 모습을 보인다. 최고기온, 최저기온, 상대습도가 증가함에 따라 온열질환자수가 증가하는 패턴은 전국 및 비광역시에서 2012년에서 2013년이 될 때뿐이며, 온열질환자수와 각각의 기후요소가 매년 일관된 증감 패턴을 보이는 것은 아니고, 온열질환자수의 연별 증감과 기후요소값의 연별 증감을 단순 비교하는 것은 무리가 있을 수 있다.

3.1.3 기후요소와 온열질환자수의 관계

구간적 회귀모형을 통해 전국, 광역시 및 비광역시의 일별 온열질환자수와 기후요소의 상관관계를 살펴보았다(Fig. 2). 전국 일최고기온과 온열질환자수 사이의 결정계수는 0.75로서 전국 온열질환자수의 변화량 중 약 75%가 전국 일최고기온

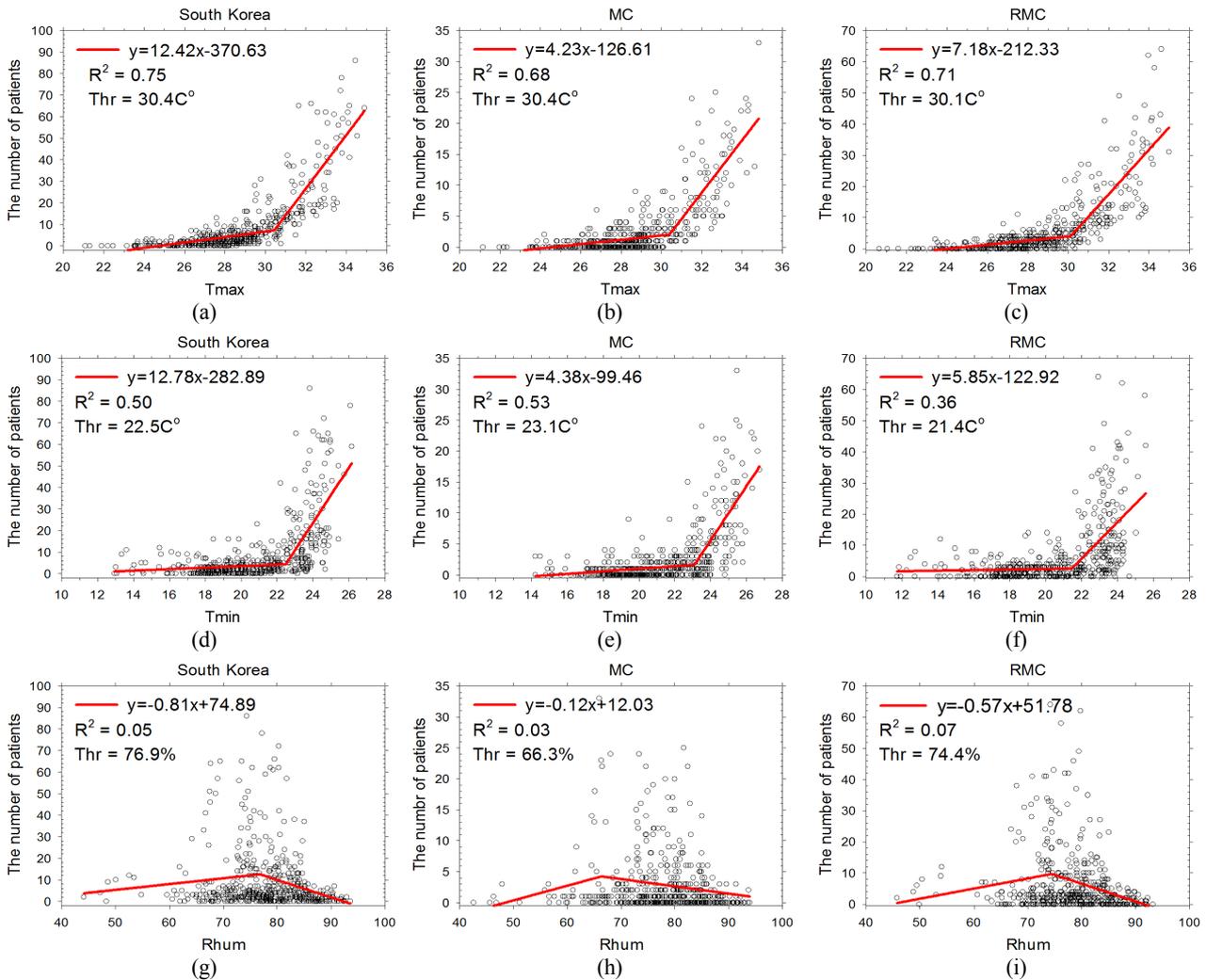


Fig. 2. Piecewise regression between each climate element and the number of heat-related patients of each region. On the graphs are written each R-squared (R²), threshold (Thr), and regression equation at over Thr.

에 의해 설명됨을 뜻한다. 이 값은 광역시의 0.68과 비광역시의 0.71보다 크며, 일최저기온과 상대습도의 결정계수보다도 큰 값이다(Fig. 2(a), (b), (c)). 구간적 회귀분석이 아닌 단순 선형 회귀분석을 통한 일최고기온과 온열질환자수 사이의 결정계수는 전국, 광역시, 비광역시에서 각각 0.61, 0.53, 0.57로서 구간적 회귀 모형을 통해 계산된 값보다 작으며, 단순 회귀 분석 시에는 역치가 고려되지 않기 때문에 회귀선의 적합도 또한 떨어진다(그림 없음).

최저기온과 온열질환자수 사이의 결정계수는 최고기온의 결정계수보다 작다(Fig. 2(d), (e), (f)). 광역시에서의 값은 0.53으로서 전국 및 비광역시에서의 값보다 크다. 비광역시의 최저기온 역치는 21.4°C로 광역시보다 1.7°C 낮은 값이며, 이는 최고기온의 역치 차이인 0.3°C 보다 크다. 이는 도시화 및 열섬 현상에 의한 것으로 판단된다.

기온과 달리 상대습도와 온열질환자수 간의 결정계수는 약 1/10배로 작다(Fig. 2(g), (h), (i)). 전국, 광역시, 비광역시에서의 결정계수는 각각 0.05, 0.03, 0.07이며, 이 중 비광역시에서의 값이 가장 큰 편이다. 광역시의 상대습도 역치는 비광역시의 역치보다 낮은 66.3%이며, 광역시의 일최고기온과 최저기온의 역치가 비광역시의 역치보다 더 큰 것과 반대의 양상이다. 회귀선의 모습 또한 기온과 반대의 양상을 보인다. Fig. 2에 표시된 회귀식은 역치 이상에서의 회귀식이며, 상대습도의 경우 일차항계수가 모두 음이므로, 이는 상대습도와 온열환자수가 음의 관계임을 나타낸다.

회귀식의 일차항계수의 절댓값은 일정 값의 기후요소의 변화에 온열질환자수가 얼마나 많이 증가하는지를 설명하는데 모든 요소에 대해 비광역시의 일차항계수가 광역시의 일차항계수보다 크다. 이는 비광역시에서 기후요소에 따른 온열질환자수의 변화폭이 더 크음을 의미한다. 또한 값들의 분포를 통해 상대습도가 약 70%에서 80%인 지점에 높은 환자수 발생값이 밀집되어 있음을 볼 수 있다.

3.1.4 온열질환자수 발생률

일최고기온 변화에 따른 온열질환자 발생률은 광역시와 비광역시에서 모두 증가 추세를 보인다(Fig. 3(a)). 광역시와 비광역시 모두 34°C 이상, 35°C 미만의 구간에서 각각 0.91, 1.45의 최댓값이 나타나며, 기온기도 이 구간에서 각각 0.31 0.51로서 가장 크다. 25°C 이상, 26°C 미만의 구간을 제외하고, 비광역시의 온열질환자 발생률이 광역시보다 항상 크며, 그 격차 또한 일최고기온이 증가함에 따라 커진다.

일최저기온과 열질환자 발생률은 일최고기온의 경우처럼 양의 상관관계를 나타낸다 (Fig. 3(b)). 광역시에서는 26°C 이

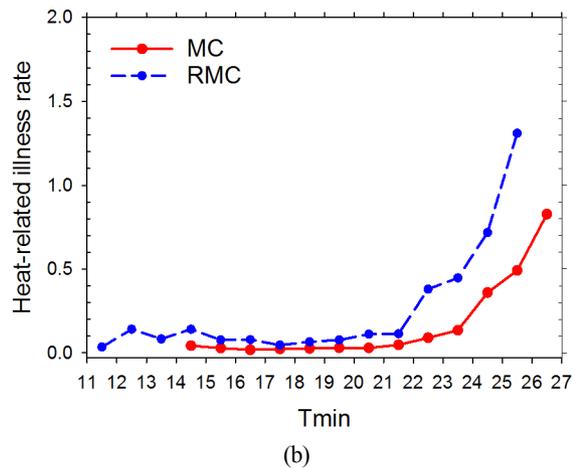
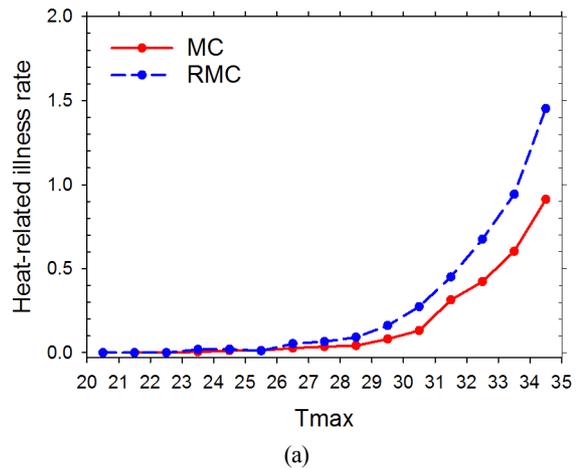


Fig. 3. Heat-related illness rate for daily maximum temperature and (b) daily minimum temperature in MC (solid line) and RMC (dashed line).

상, 27°C 미만의 구간에서 0.82의 최댓값이 나타나며, 비광역시에서는 최저기온이 25°C 이상, 26°C 미만일 때 1.31의 최대 발생률을 보인다. 광역시와 비광역시의 열질환자 발생률 최대 격차는 25°C 이상, 26°C 미만의 구간에서 0.82이다.

3.2 폭염 및 열대야의 영향

3.2.1 폭염 및 열대야의 변동성

한반도 폭염과 열대야의 경년변동성을 보기 위해 일최고기온이 33°C 이상인 날과 일최저기온이 25°C 이상인 날의 지역 평균을 Table 4에 나타내었다. 한반도 평균 폭염과 열대야의 발생 빈도수는 최고기온이 가장 높았던 2013년에 가장 많이 발생한 것으로 나타났으며, 잦은 태풍의 내습으로 인해 최고기온이 가장 낮았던 2014년에 가장 낮게 발생하였다(Table 4).

Table 4. The mean number of days of HW and TN in South Korea, MC, and RMC with each year

		2011	2012	2013	2014	2015	5-year mean
HW	South Korea	5.4	13.3	16.4	5.1	9.5	10.0
	MC	5.0	14.0	15.6	7.3	8.3	10.0
	RMC	5.4	13.2	16.5	4.9	9.7	10.0
TN	South Korea	5.0	8.5	12.8	1.9	3.7	6.4
	MC	4.6	15.9	20.2	4.4	7.7	10.6
	RMC	5.1	7.8	12.0	1.6	3.2	5.9

5년 평균 폭염 빈도수는 비광역시와 광역시에서 모두 10.0일로 거의 동일하게 발생한 것으로 나타난다. 하지만 2013년에 비광역시의 폭염 발생 빈도수는 약 0.9일 많다. 5년 평균 열대야의 빈도수는 광역시가 10.6일, 비광역시가 5.9일로서 광역시의 평균 열대야 빈도수가 약 79.7% 많은 것으로 나타났다.

지역별 5년 간 폭염 발생 분포를 보면, 467일의 온열질환 감시기간 중 80일 이상의 폭염 일수는 전북 일부 지역을 포함하여 대부분 경북 및 경남 지역에서 나타난다(Fig. 4(a)). 경상 내륙 지역은 소백산맥의 지형 효과로 여름철 남서기류에 의해 고온의 공기가 정체되어 폭염이 오래 지속되는 특징이 있는 Kim and Lee(2007)의 결과와 유사하다. 전국에서 폭염 일수의 최댓값은 대구에서 나타난 143일이다. 최근 30년(1973년부터 2015년) 여름(7월 및 8월) 동안 시간에 따른 폭염의 경향성을 살펴보면 15곳을 제외하고 모두 양의 값으로서 폭염 일수가 증가하는 모습을 보인다(Fig. 4(b)). 특히 경남과 전라도에서 그 값이 크며, 대구의 값은 약 0.09로서 95%의 수준에서 유의하다. 이는 Table 2에서도 확인할 수 있듯이, 대구의 일최고기온의 평균값이 가장 크게 나타난 결과와 일치한다.

열대야 일수는 폭염 일수와 달리 남부 해안지방 및 제주도에 큰 값이 나타난다(Fig. 4(c)). 가장 큰 값은 제주도의 제주시 및 서귀포시의 138일 및 135일이며, 내륙지방은 1일 이상 10일 미만의 적은 값들이 나타난다. 열대야 일수의 경향성을 폭염 분석과 같은 기간 동안 살펴보면 충북 지역 등 7곳을 제외하고 모두 증가하는 추세를 보인다(Fig. 4(d)). 특히 제주도에서는 0.35일/년 이상의 값이 나타나며, 이 또한 제주도의 일최저기온 및 상대습도의 평균값이 가장 크게 나타난 Table 2의 결과와 일치한다.

3.2.2 폭염 및 열대야 지속 일수와 온열질환자수의 관계

폭염 및 열대야 지속 일수에 따라 온열질환자수가 어떻게 분포하는지를 살펴보기 위해 광역시 및 비광역시 각 지점의

일최고기온의 평균값이 33℃ 이상인 날과 일최저기온의 평균값이 25℃ 이상인 날이 얼마나 지속되는지를 파악하여 지속기간 동안의 누적 온열질환자수를 살펴보았다. 광역시에서는 폭염이 20일 지속되는 동안 총 22명의 온열질환자수가 발생했다(Fig. 5(a)). 이는 대구에서 발생한 경우이며, Fig. 4(a)에서 대구의 폭염 일수가 가장 큰 것과 관련이 있다. 가장 많은 환자수(93명)가 발생한 사례는 서울에서 폭염이 10일 연속 발생한 경우이다. 비광역시의 경우는 경남에서 16일의 폭염이 연속적으로 발생했을 때 108명의 온열질환자수가 발생했다. 폭염의 지속기간이 최장 17일 이상 지속된 곳은 전북으로서 39명 및 43명의 온열질환자수가 나타났다.

열대야의 경우, 광역시(서울)에서 11일 지속되었을 때 98명의 누적 온열질환자가 발생했다(Fig. 5(c)). 울산에서 최장 20일이 지속되었을 때는 43명의 온열질환자수가 나타났다. 비광역시에서 58명의 최대 온열질환자가 발생했을 때는 경남에서 열대야가 4일 연속 지속되었을 때이고, 지속일이 가장 긴 경우는 2013년 제주도의 31일이다(Fig. 5(d)).

폭염은 광역시에서 3일 정도 더 길게 나타났고, 열대야는 비광역시에서 약 10일 정도 더 길게 나타나는 특징이 있다. 전체적으로 폭염 및 열대야 지속일수가 길어질수록 온열질환자수의 발생이 많아지는 경향을 보이지만, 항상 지속일수가 최댓값일 때 온열질환자수가 최댓값이 나타나는 것은 아니다.

4. 요약 및 결론

본 연구는 질병관리본부의 온열질환자수 자료와 기상청의 기후요소 자료를 사용하여 2011년에서 2015년 온열질환 감시기간 동안의 폭염 및 열대야에 의한 온열질환자 발생 특성을 분석하였다. 일평균기온과 일최고기온의 평균값은 대구에서 가장 크게 나타났고, 일최저기온과 상대습도의 평균값은 제주도에 가장 컸다. 또한 다른 지역에 비해 대구는 폭염이, 제

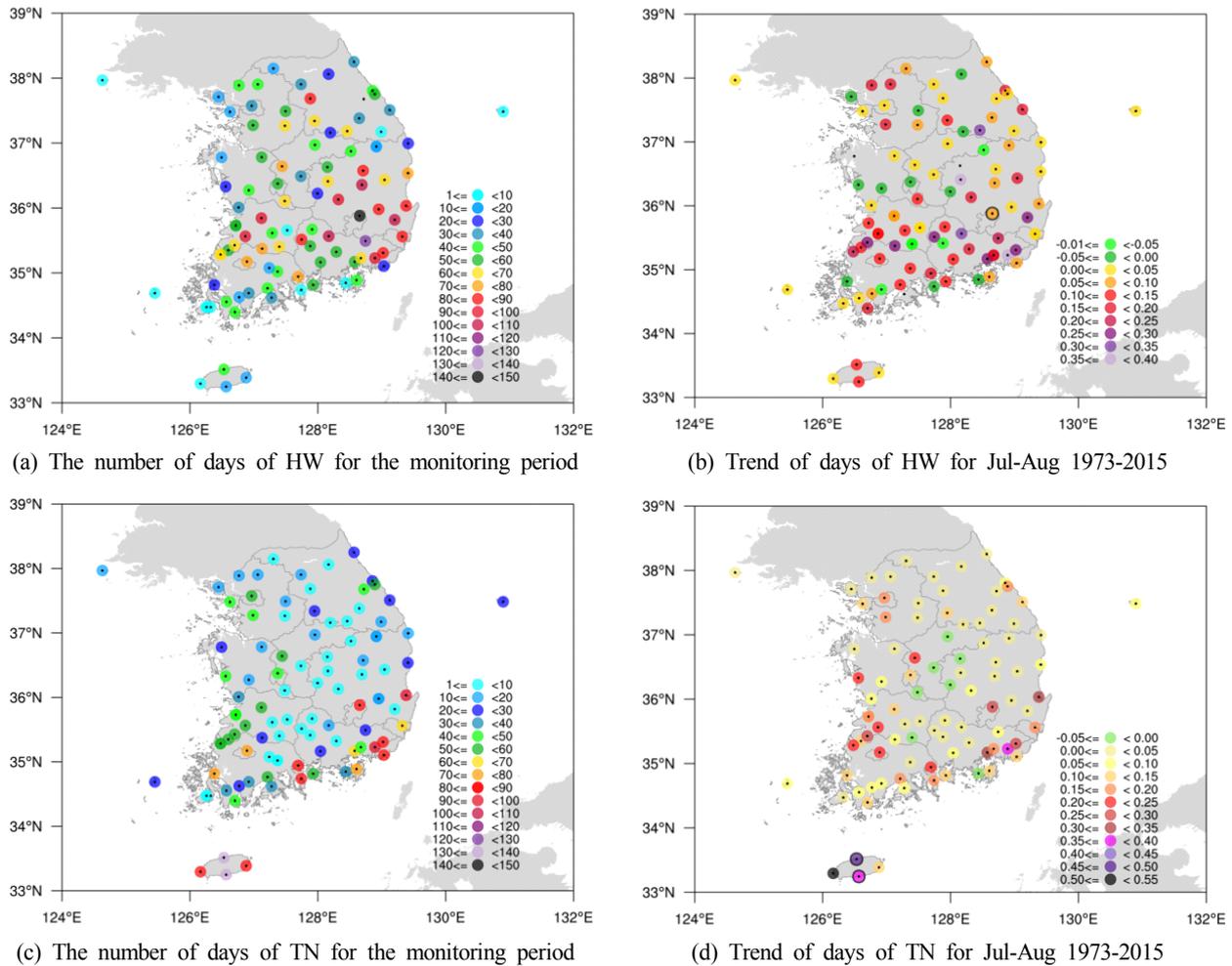


Fig. 4. (a) The number of days of HW for the monitoring period; (b) The trend (days/year) of them for July to August 1973 to 2015; (c) The number of days of TN for the same period of (a); (d) The trend of them for the same period of (b). Open circles on the maps of (b) and (d) represent the stations with 95% confidence.

주도는 열대야가 많이 발생했다.

온열질환감시 기간을 연도별로 나누어 비교해 보면 100만 명당 일평균 온열질환자수와 최고기온은 모든 해에 걸쳐 광역시보다 비광역시에서 값이 크고, 최저기온은 그 반대다. 100만 명당 일평균 온열질환자수가 가장 많이 발생한 해는 2013년으로 전국적으로 0.237명이, 비광역시에서는 0.319명이 나타났다. 2012년에서 2013년이 되면서 최고기온, 최저기온, 상대습도가 모두 증가했는데, 2013년에서 2014년이 되면서 상대습도는 오히려 증가하거나 비슷함에도 온열질환자수는 감소하는 모습을 보였다.

구간적 회귀모형을 통한 일별 온열질환자수와 기후요소의 상관관계를 살펴보면 온열질환자수와 최고기온 사이의 결정계수는 전국에서 0.75, 광역시에서 0.68, 비광역시에서 0.71로

다른 요소들의 결정계수보다 컸다. 지역별로 살펴보면 광역시의 일최고기온과 일최저기온의 역치는 각각 30.4℃, 23.1℃로 비광역시의 기온 역치보다 크며, 상대습도의 경우 66.3%로 비광역시의 상대습도 역치보다 작다.

온열질환자수 발생률을 계산하여 온열질환자수가 가장 많이 발생하는 기후요소의 구간을 살펴보면 최고기온 및 최저기온이 높아질수록 온열질환자수가 많이 나타났다. 최고기온이 34℃ 이상, 35℃ 미만일 때 광역시에서는 0.31명, 비광역시에서는 1.45명의 환자가 발생했다. 최저기온이 26℃ 이상, 27℃ 미만일 때 광역시에서 0.82명의 환자가 발생했고, 비광역시에서는 환자가 나타나지 않은 반면 11℃ 이상, 14℃ 미만의 낮은 기온에서 온열질환자가 발생했다.

온열질환 감시기간 동안의 폭염과 열대야의 지역적 특성에

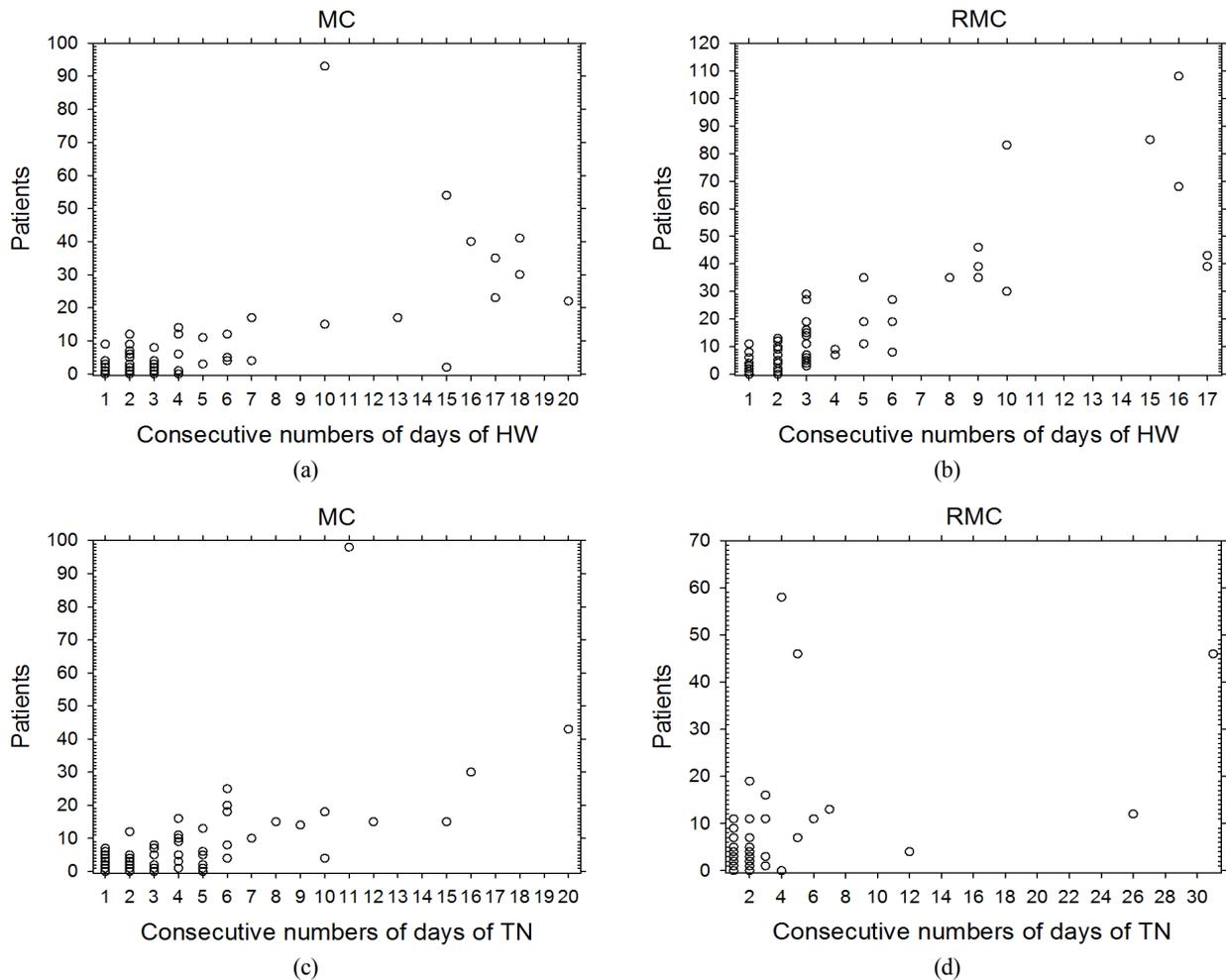


Fig. 5. Distribution of the consecutive numbers of days of HW in (a) MC and (b) RMC; distribution of the consecutive numbers of days of TN in (c) MC and (d) RMC.

따르면 전북 일부 지역과 경북 및 경남 지역의 대부분에서 80 일 이상의 폭염이 나타났다. 또한 최근 30년간의 폭염 일수의 경향을 보면 대구에서 가장 많이 증가했다. 열대야는 남부 해안지방 및 제주도에 많이 발생했고, 30년간의 경향성 또한 제주도에 가장 크게 나타났다. 폭염과 열대야의 지속일수와 온열질환자수의 관계를 살펴보면 광역시에서 폭염 지속일수가 더 길고, 비광역시에서는 열대야 지속일수가 더 긴 경향이 나타나고, 지속일수가 길어질수록 온열질환자수의 발생이 많아지는 모습을 보인다.

본 연구는 최근 5년간 발생한 1,612명의 온열질환자수 자료만을 사용하였다. 폭염사망자수에 비하면 많은 편이지만, 폭염사망자수 자료처럼 연령, 소득, 거주지 등의 정보가 없고, 시군구 단위로 세분화되어 있지 않아 온열환자수와 기후요소의 복잡한 비교는 불가능했다. 하지만 시간이 지나면서 자료가

충분히 쌓이고, 자료의 특성이 구체화되어 온열질환자 발생 특성을 파악할 수 있다면 향후 효율적인 온열질환 대응체계를 위한 토대를 마련할 수 있을 것이다.

5. 사 사

본 연구는 APCC의 지원을 통해 수행되었습니다.

REFERENCES

Choi GY, Choi JN, Kwon HJ. 2005. The impact of high apparent temperature on the increase of summertime disease-related mortality in Seoul: 1991-2000. *Journal of Preventive Medicine and Public Health* 38(3):283-290 (in

- Korean with English Abstract).
- Cinar, Y, Senyol AM, Duman K. 2001. Blood viscosity and blood pressure: Role of temperature and hyperglycemia. *American Journal of Hypertension* 14:433-438.
- Diaz, J, Jordan A, Garcia R, Lopez C, Alberdin J, Hernandez E, Otero A. 2002. Heat waves in Madrid 1986-1997: Effects on the health of the elderly. *International Archives of Occupational and Environmental Health* 75(3):163-170.
- IPCC. 2007; *Climate Change 2007. The physical science basis, summary for policymakers, 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, pp 1-21.
- Kim JY, Lee DG, Park IS, Choi BC, Kim JS. 2006. Influences of heat waves on daily mortality in South Korea. *Atmosphere Korean Meteorological Society* 16(4):269-278 (in Korean with English Abstract).
- Kim JY, Kim HA, Choi BC, Chun YS, Kim KR, Lee DG, Oh JW, Yang IK, Kim SH. 2007. Health-related weather forecasts in Korea: Current status and perspectives. *Global Environ Res* 11:13-22.
- Kim JY, Lee SH. 2007. The distribution of heat waves and its cause in South Korea. *J Korean Geogr Soc* 42(32):332-343 (in Korean with English abstract).
- Kim DW, Chung JH, Lee JS, Lee JS. 2014. Characteristics of heat wave mortality in Korea. *Atmosphere Korean Meteorological Society* 24(2):225-234 (in Korean with English abstract).
- Korea Centers for Disease Control and Prevention (KCDC). 2013. White paper on 2012 heat waverelated health damage. Ministry of Health and Welfare pp 167.
- Korea Centers for Disease Control and Prevention (KCDC). 2015. The results of heat-related illness surveillance 8(38): 906-908 (in Korean with English abstract).
- Korea Meteorological Administration (KMA). 2012. 한반도 기후전망 보고서. 발간번호 11-1360000-000861-01, pp 75.
- Kysely J, Huth R, Kim JY. 2009. Evaluating heat-related mortality in Korea by objective classification of 'air masses'. *Int J Climatology* 30:1484-1500.
- Kysely J, Kim JY. 2009. Mortality during heat waves in South Korea, 1991-2005: How exceptional was the 1994 heat wave? *Climate Res* 38:105-116.
- Lee DG, Kim JY, Choi BC. 2007. Characteristics of daily mortality due to heat waves in Busan in July 1994. *Atmosphere Korean Meteorological Society* 17(4):463-470 (in Korean with English Abstract).
- Muggeo V. 2003. Estimating regression models with unknown break-points. *Statist Med* 23:3055-3071.
- Meehl GA, Tebaldi C. 2004. More intense, more frequent and longer lasting heat waves in the 21st century. *Science* 305(5686):994-997.
- National Institute of Meteorological Research (NIMR). 2009. Understanding climate change 2, Climate change in the Korean peninsula: The present and future: Focused on research performance by National Institute of Meteorological Research, Seoul, 발간번호: 11-1360395-000160-01 pp 5.
- Park JK, Lee DG. 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 JK, Jung WS, Kim EB. 2008. A study on development of the extreme heat standard in Korea. *Journal of the Environmental Sciences* 17(6):657-669 (in Korean with English abstract).