

ORIGINAL ARTICLE

## 대구와 제주의 폭염 및 열대야의 발생 특성

김진아 · 김규량\* · 김백조

국립기상과학원 응용기상연구과

### The Occurrence Characteristic and Future Prospect of Extreme Heat and Tropical Night in Daegu and Jeju

Jin-Ah Kim, Kyu-Rang Kim\*, Baek-Jo Kim

*Applied Meteorology Research Division, National Institute of Meteorological Sciences, Jeju 63568, Korea*

#### Abstract

Observation data (1981-2014) and climate change scenario data (historical: 1981-2005; RCP 2.6 and 8.5: 2006-2100) were used to analyze occurrence and future outlook of the extreme heat days and tropical nights in Daegu and Jeju. Then we compared the mortality and observations data (1993-2013). During 1981-2014, the average of extreme heat days (tropical nights) was 24.41 days (12.47 days) in Daegu, and 6.5 days (22.14 days) in Jeju. Extreme heat days and tropical nights have been similarly increased in Daegu, but tropical nights increased more than extreme heat days in Jeju. Extreme heat days and tropical nights in both, Daegu and Jeju showed high correlation with daily mortality, specifically Daegu's correlation was higher than that of jeju.

The yearly increasing rate of extreme heat of the future (2076-2100) was 1.7-3.6 times and 7.8-37.7 times higher than the past (1981-2005) in Daegu and Jeju, respectively. The yearly increase rate of tropical nights of future was 2.6-5.0 times and 2.9-5.6 times higher in Daegu and Jeju, respectively. During 2006-2100 periods, the trend of extreme heat days was observed both in Daegu and Jeju. On the average, extreme heat days and tropical nights in Jeju increased more than that of Daegu. However, the trend of extreme heat days increase in Daegu was higher than that in Jeju, whereas, the trend of tropical nights in Jeju was higher than that in Daegu.

**Key words** : Extreme heat, Tropical night, Mortality, Climate change scenario

#### 1. 서 론

전 지구의 평균 기온이 상승하고 있으며 그 편차도 커져 기상재해의 빈도와 강도가 증가하고 있다(Alexander et al., 2006; Frich et al., 2002; Park et al., 2009). 이와 더불어 전세계적으로 일 최저기온 및 일 최고기온의 증가가 뚜렷하게 나타나고 있다(Moberg and Jones, 2005;

Roveson, 2004). 이러한 현상은 동아시아 영역에 포함된 한반도에서 일어나고 있으며(Hulme et al., 1994), 한반도에서도 평균 기온이 상승했다는 연구(Choi et al., 2007; Ha et al., 2004; Kim et al., 2014; Lee and Kang, 1997)와 극한기온의 빈도가 증가한다는 연구(Choi et al., 2007; Heo and Kwon, 2007)가 뒷받침 해 주고 있다. 이러한 연구결과에 따르면, 폭염과 열대야일

Received 2 October, 2015; Revised 20 October, 2015;

Accepted 26 October, 2015

\*Corresponding author : Kyu-Rang Kim, Applied Meteorology Research Division, National Institute of Meteorological Sciences, Jeju 63568, Korea

Phone: +82-64-780-6753

E-mail: krk9@kma.go.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

수도 증가할 것이다. 한반도의 폭염일이 증가한다는 연구(Park et al., 2008; Park et al., 2013)와 열대야가 증가한다는 연구(Choi and Kwon, 2005; Heo and Kwon, 2007; Park and Suh, 2011)도 있다.

폭염은 기상재해일 뿐만 아니라 사회·경제적 피해가 발생할 수 있다. 2011년 9월 15일에 발생한 폭염으로 인해 일시적인 순환 정전으로 접수된 피해신고는 9,083건, 피해액은 628억원에 달했다(Korea Claim Adjuster Association, 2011). 폭염에 의한 인명 피해는 더욱 심각하다. Kim(2004)의 연구에 따르면, 서울에서는 기온의 90분위 수에 해당하는 29.9°C보다 1°C 상승할 때마다 사망자수가 3% 증가함을 밝혔다. 또한 2015년 한해 동안 발생한 인도와 파키스탄의 폭염으로 인한 사망자수가 각각 2,005명, 1,300명으로 조사되었다. 이는 1900~2014년 극한기온으로 인한 사망자수 순위 중 10위권 안에 들어가는 숫자이다(Disaster Profiles, 2015, url: [http://www.emdat.be/disaster\\_profiles/index.html](http://www.emdat.be/disaster_profiles/index.html)). 국내에서도 1994년에 발생한 폭염(33일 지속)으로 직접적 영향뿐만 아니라 간접적 영향까지 포함하여 3,027명이 사망하였다(Heo and Song, 2012).

소리없는 살인자인 폭염으로 인해 신체가 갑작스런 열에 적응하지 못하게 되면, 직접적으로 열사병 및 일사병을, 간접적으로 심혈관 질환이나 뇌혈관 질환 등을 발병시킬 수 있다(Basu and Samet, 2002; Cinar et al., 2001; Park et al., 2008). 특히 고령 인구의 경우 온열 질환이 발생할 가능성이 높다는 다양한 연구(Diaz et al., 2002; Kim et al., 2007; Kim et al., 2008; Sheridan et al., 2012)가 있다.

한편 열대야는 폭염에 비해 그 주목도가 낮긴 하지만 직접적으로 폭염 지속일을 증가시킬 가능성이 높으며 인체의 생체리듬을 혼드는 수면부족을 일으킨다(Choi and Kwon, 2005). 수면부족은 노화속도를 촉진시키며, 수명을 단축할 수 있다. 또 야간의 높은 기온 때문에 냉방기기 사용도 증가하게 되어 냉방병에 걸릴 가능성이 높아지고, 척추와 관련된 질병(허리디스크, 목디스크, 척추관협착증)을 일으킬 수 있다.

본 연구에서는 대구와 제주에 대한 연도별 폭염 및 열대야일수를 분석하고 해당 지역의 사망자수와 비교분석하였다. 그 후 미래 기후변화 시나리오를 사용하여 폭염 및 열대야일수를 전망하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 자료

본 연구에서 기상청에서 제공하는 지상관측자료와 기후변화 시나리오 자료, 통계청에서 제공하는 사망원인 통계 자료를 사용하였다. 지상관측자료는 1981-2014년 전국 75개 지점의 일 최고기온과 일 최저기온을 사용하였다.

기후변화 시나리오는 1981-2005년의 historical 자료와 2006-2100년 미래 기후변화 시나리오 자료(RCP 2.6, RCP 8.5)를 사용하였다. 해상도는 12.5km 지역기후모델 자료를 이용하였고, 사용한 변수는 일 최고기온과 일 최저기온이다. 대구(35.885°N, 128.619°E)와 제주(33.514°N, 126.163°E)의 지점자료는 해당 위·경도에서 가장 가까운 격자의 자료를 추출하여 사용하였다. 그 후 지상관측자료와 historical 자료의 평균을 계산하여 편차를 제거한 후 분석하였다.

사망원인통계 자료는 사망시간, 장소, 사망원인, 연령 등이 포함되어 있는 자료이다. 사용한 지역은 지상관측자료와 동일하게 대구와 제주를 사용하였고, 비교분석을 위해 서울, 부산, 인천, 광주, 대전의 자료도 사용하였다. 제주의 경우, 1993년 이후부터 자료가 존재하므로 1993-2013년 사망원인통계 자료를 사용하였다. 그리고 온열질환 사망자를 발생시키는 직접적 원인인 T67군(열 및 빛의 영향), 간접적 영향인 I군(순환계통의 질환), J군(호흡계통의 질환)에 속한 자료(Lee and Yu, 2007; Park and Suh, 2011; Sung et al., 2001)를 사용하였고, 그중 이상 고온에 취약한 계층인 65세 이상을 추출하여 분석하였다.

해당 분석에서 사용한 폭염일과 열대야일은 각각 일 최고기온이 33°C 이상인 날과 일 최저기온이 25°C 이하인 날(National Institute of Meteorological Sciences, 2012)로 정의하여 분석하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 현재 폭염 및 열대야일수 비교 분석

한반도의 전 지점(75개 지점)으로 살펴볼 때, 대구가 가장 많은 폭염이 발생하였고, 제주는 서귀포 다음으로 열대야가 많이 발생한 지역이다(Table 1). 대구와 제주

**Table 1.** Top 5 yearly mean extreme heat days and tropical nights in Korea out of 75 stations in total

Rank	Extreme heat days	Tropical nights
1	Daegu (24.41)	Seogwipo (26.00)
2	Hapcheon (19.76)	Jeju (22.15)
3	Miryang (19.65)	Gosan (17.37)
4	Uiseong (19.12)	Changwon (14.73)
5	Yeongcheon (17.97)	Pohang (12.91)

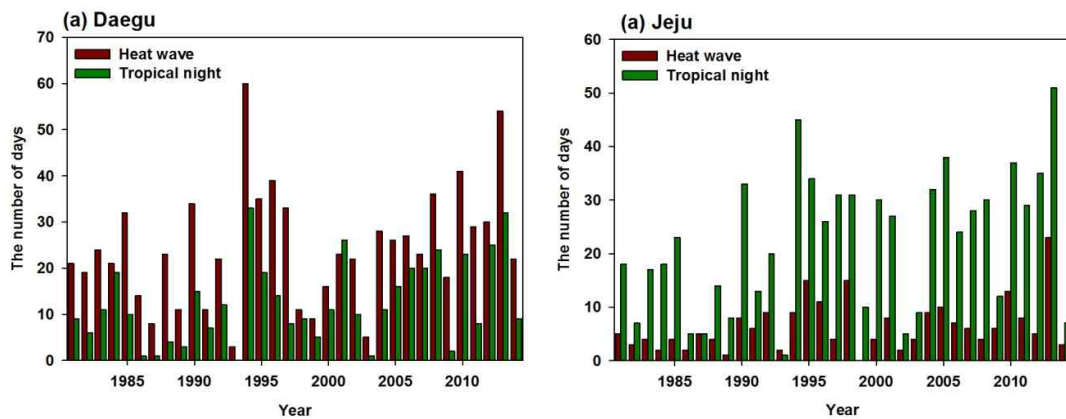
의 1981-2014년 평균 폭염일수는 각각 24.41일과 6.5일 이고, 평균 열대야일수는 각각 12.47일과 22.15일이다.

폭염일수는 대구에서 1994년(60일), 제주에서 2013년(23일)에 가장 많이 발생하였다. 최대 열대야일수는 폭염과 동일한 해에 나타났으며, 대구는 1994년에 33일, 제주는 2013년에 51일 발생하였다(Fig. 1). 전국적으로 강한 폭염 및 열대야가 발생한 1994년(폭염: 27.97일; 열대야: 13.44일)에 대구도 가장 많은 폭염 및 열대야가 발생하였다. 하지만 제주에서는 폭염 및 열대야가 2013년에 가장 많이 발생하였다. 제주의 폭염은 한반도에서 두 번째로 폭염이 많이 발생할 해인 2013년(15.65일)과 일치하였고 1994년은 7번째로 폭염이 많이 발생한 해였다. 제주의 열대야역시 가장 많이 발생한 해는 제주의 폭염 최대연도와 일치하였으나 1994년은 2번째로 열대야가 많이 발생한 해였다. 따라서, 대구와 제주의 폭염 및 열대야의 최대 발생연도는 대구와 제주 각각 동일연도에 발생하나 두 지점의 발생 연도 순위는 서로 달랐다.

대구의 폭염일은  $0.352 \text{ day year}^{-1}$ , 제주는  $0.170 \text{ day year}^{-1}$ 로 두 지역 모두 증가하는 경향을 나타냈다. 대구의 열대야일 변화 경향도  $0.345 \text{ day year}^{-1}$ , 제주는  $0.525 \text{ day year}^{-1}$ 로 역시 증가하였다. 대구는 폭염일과 열대야일의 변화 경향이 크게 차이가 나지 않으나 제주의 경우 열대야일수가 급격히 증가하였다. 이는 최근 제주지역의 일 최저기온이 일 최고기온보다 급격히 증가한 것에 기인한다.

3.2. 폭염 및 열대야일수와 사망자수와의 관련성

1993-2013년 연도별 대구와 제주의 폭염 및 열대야일과 그날의 온열질환 사망자수를 비교하였다. 제주의 온열질환 사망자수는 폭염 및 열대야일수가 가장 많이 나타난 해인 2013년(폭염에 의한 사망자: 68명, 열대야에 의한 사망자: 20명)에 가장 많았다. 대구의 경우, 폭염일수가 가장 많이 발생한 연도인 1994년에 가장 많은 온열질환 사망자(122명)가 발생하였다. 2013년에도 동일한 사망자수가 나타났다. 그러나 열대야가 가장 많이 나



**Fig. 1.** The annual number of extreme heat days (red bar) and tropical nights (green bar) in (a) Daegu and (b) Jeju.

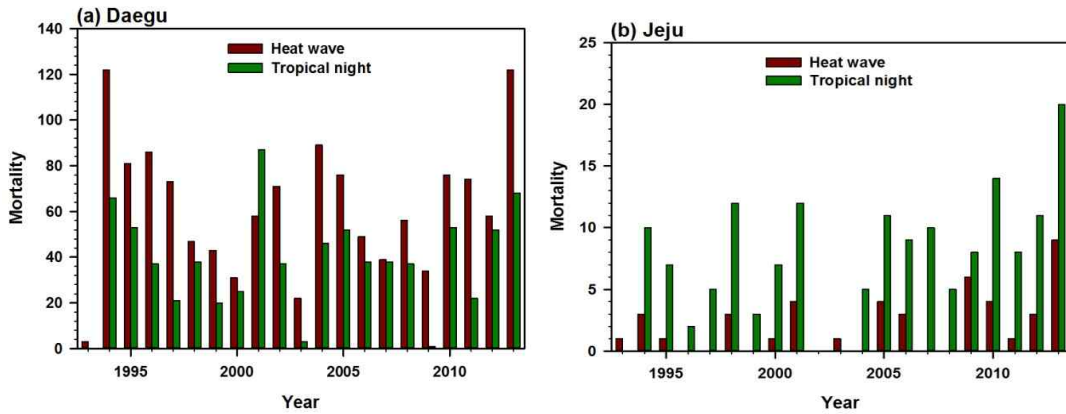


Fig. 2. The annual mortality on extreme heat days (red bar) and tropical nights (green bar) in (a) Daegu and (b) Jeju.

타난 연도(1994년)에 가장 많은 사망자수가 발생하지 않았다. 2001년에 가장 많은 사망자수(87명)가 발생하였으나 이는 1994년(66명), 2013년(68명)에 이어 세 번째로 열대야가 많이 발생한 해이다(Fig. 2). 특이한 점은 2001년 대구에서 열대야로 인한 사망자수가 폭염으로 인한 사망자수보다 많았는데 이는 해당 연구의 분석 기간 중 유일하게 폭염보다 열대야가 더 많이 발생한 것이 원인으로 판단된다.

폭염일수와 온열질환 사망자수의 상관성은 대구가 0.89이고, 제주는 0.61로, 열대야일수와 온열질환 사망자수의 상관성은 대구가 0.88이고, 제주가 0.79로 나타났다. 폭염 및 열대야와 사망자수와 상관성은 대구가

제주보다 더 높은 것으로 나타났다. 그러나 6대 도시의 폭염( $r=0.90$ ) 및 열대야( $r=0.91$ )의 사망자수와 비교했을 때, 두 지점 모두 낮게 나타났다. 따라서 6대 도시의 평균 상관성에 비해 두 지역 모두 상관성이 낮아, 대구와 제주는 6대 도시보다 고온 순응이 많이 된 것으로 판단된다.

3.3. 미래 폭염 및 열대야 일수 비교

미래 폭염 및 열대야일수를 살펴보기 전 단계로, 미래 기후변화 시나리오의 historical 자료를 분석하였다(Fig. 3). 대구의 평균 폭염일수는 24.44일이고, 제주는 1.32일이었었다. 대구의 평균 열대야일수는 14.52일, 제주는 15.92일이다. 대구와 제주 지역의 변화경향은 폭염(대

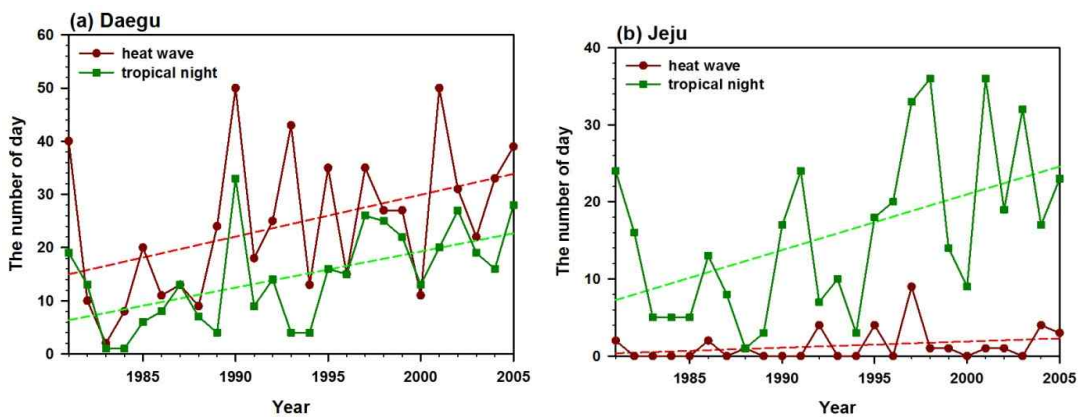


Fig. 3. The annual number of extreme heat days and tropical nights in (a) Daegu and (b) Jeju from the RCP historical data.

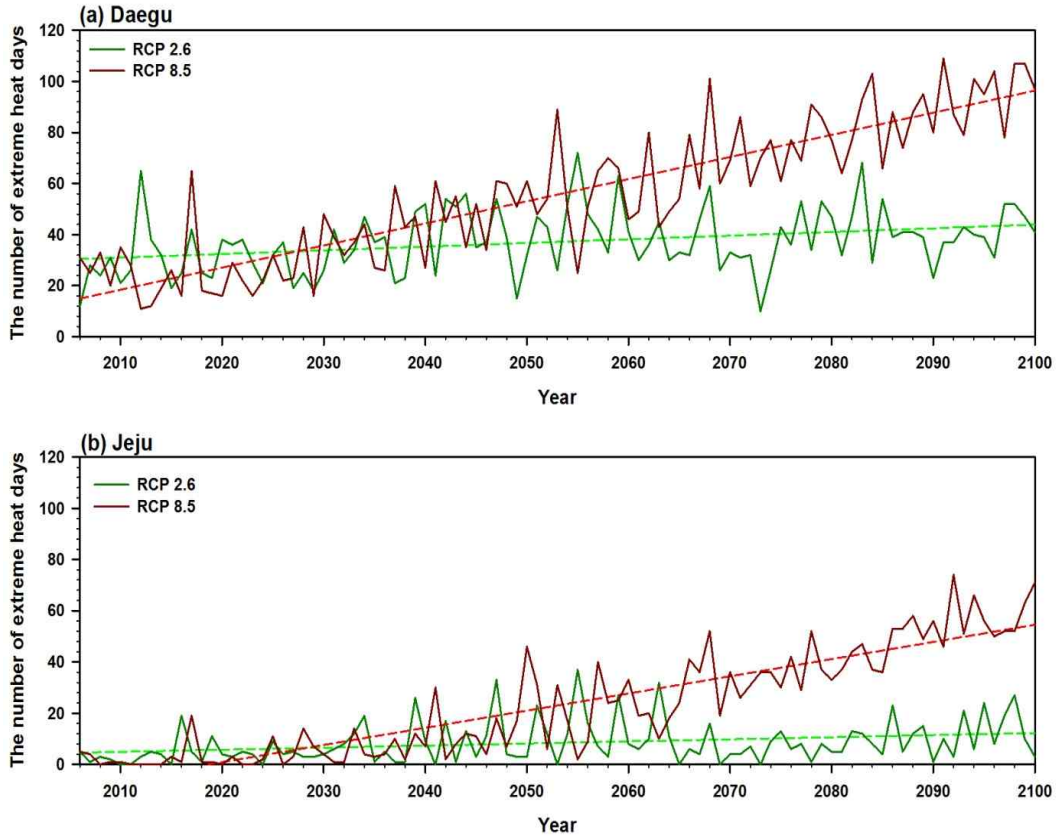


Fig. 4. The annual number of extreme heat days in (a) Daegu and (b) Jeju from RCP 2.6 (green solid line) and RCP 8.5 (red solid line). The dashed lines denote trend from RCP 2.6 (red) and RCP 8.5 (green).

구:  $0.787 \text{ day year}^{-1}$ ; 제주:  $0.081 \text{ day year}^{-1}$ )과 열대야 일수(대구:  $0.68 \text{ day year}^{-1}$ ; 제주:  $0.722 \text{ day year}^{-1}$ ) 모두 증가하였다. 관측값과 비교하였을 때, 증가하는 경향은 일치하나 값은 앞서 살펴본 지상관측자료와의 차이가 있다. 그 이유는 분석기간의 차이, 모델과 관측자료의 1년을 나타내는 날짜수의 차이(지상관측자료: 365일 또는 366일; 모델자료: 360일), 모델의 불확실성에 의한 것으로 판단된다.

미래 평균 폭염일수는 대구에서 과거(1981-2005년)보다 21세기 후반(2076-2100년)에 RCP 2.6은 42.2일, RCP 8.5는 87.68일로 1.7~3.6배 증가하였다. 제주의 경우, RCP 2.6은 10.28일, RCP 8.5는 49.76일로 7.8~37.7배 증가하였다(Fig. 4). 미래 평균 열대야일수

역시 증가하였다(Fig. 5). 대구가 RCP 2.6은 37.96일, RCP 8.5가 72.32일로 2.6~5.0배 증가하였다. 제주의 경우, RCP 2.6은 46.32일, RCP 8.5가 89.36일로 2.9~5.6배 증가하였다. 특히 2006-2100년 폭염과 열대야의 변화경향 역시 평균일수와 동일하게 대구와 제주 둘 다 증가한다. RCP 8.5에서 대구의 폭염은  $0.866 \text{ day year}^{-1}$ 이고 열대야는  $0.671 \text{ day year}^{-1}$ 이다. 제주의 폭염은  $0.772 \text{ day year}^{-1}$ 이고, 열대야는  $0.972 \text{ day year}^{-1}$ 이다. 결국, 대구는 폭염이, 제주는 열대야의 변화경향이 더 큰 것으로 나타났다. 따라서, 대구와 제주 모두 일 최고기온과 일 최저기온이 상승하나, 대구는 일 최고기온의 증가가, 제주는 일 최저기온의 증가가 더 크다는 것을 의미한다.

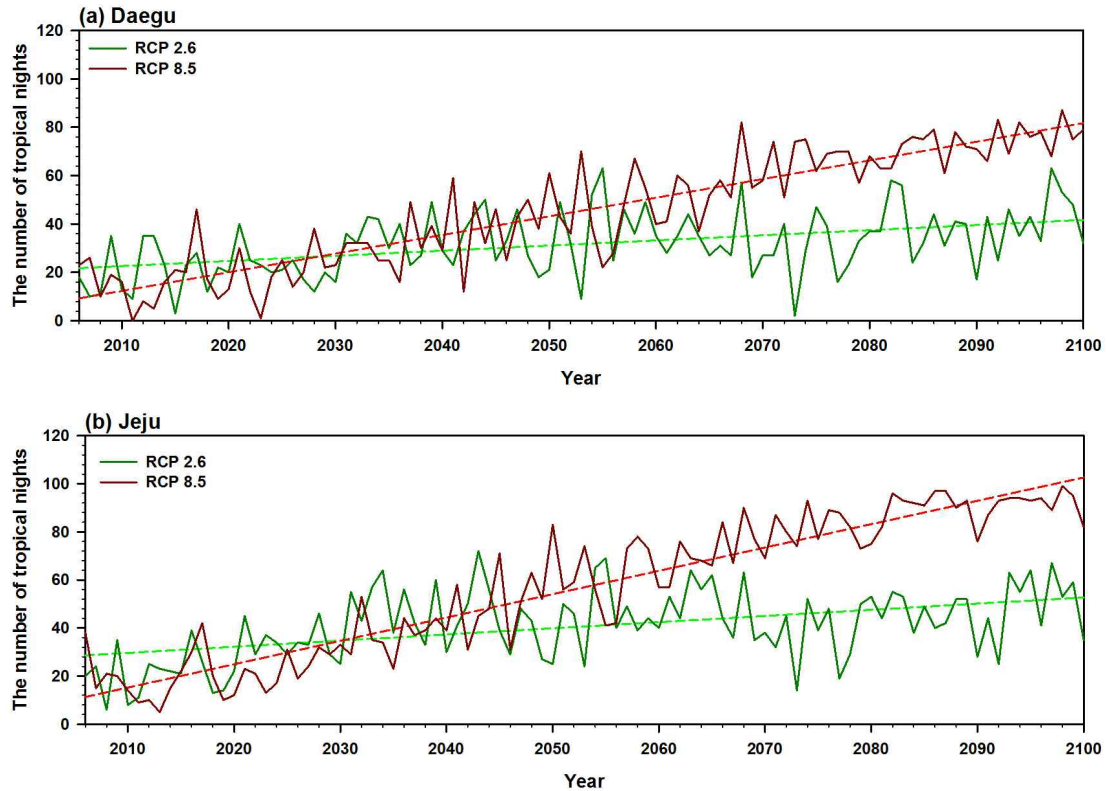


Fig. 5. The annual number of tropical nights in (a) Daegu and (b) Jeju from RCP 2.6 (green solid line) and RCP 8.5 (red solid line). The dashed lines denote trend from RCP 2.6 (red) and RCP 8.5 (green).

#### 4. 요약 및 결론

지상관측자료와 기후변화 시나리오 자료를 이용하여 대구와 제주의 폭염 및 열대야일수에 대해 분석하였다. 1981-2014년 평균 폭염일수는 대구가 24.41일, 제주가 6.5일이고, 평균 열대야일수는 대구가 12.47일, 제주가 22.14일로, 폭염은 대구가, 열대야는 제주가 많이 발생하였다. 변화경향을 살펴볼 때, 대구는 폭염과 열대야의 차이가 크지 않았으나 제주는 열대야일수가 급격히 증가하여 일 최고기온보다 일 최저기온의 상승이 크다는 것을 알 수 있었다. 폭염 및 열대야일수와 사망자수의 상관성은 대구와 제주 모두 높게 나타났으며, 특히 대구가 더 높게 나타났다.

미래 폭염 및 열대야는 대구와 제주 모든 지점에서 증

가하는 것으로 나타났다. 1981-2005년과 2076-2100년을 비교해본 결과, 폭염일은 대구가 최대 3.6배 증가하고 제주가 37.7배 증가할 것으로 나타났고, 열대야는 대구가 최대 5.0배, 제주가 5.6배 증가할 것으로 나타났다. 따라서, 21세기 후반에는 여름 동안 여러 날에 걸쳐 폭염 및 열대야가 발생할 것으로 분석된다.

대구와 제주의 뚜렷한 폭염 및 열대야의 발생 특징은 지형적 영향이 큰 것으로 판단된다. 대구는 낮에 지면의 가열이 크고 야간에 냉각이 활발히 이루어져 폭염일수가 열대야일수보다 많은 대륙성 영향이 클 것으로 추정되고 제주는 낮 동안 가열속도가 느리고 밤 동안 냉각이 약해 폭염일수보다 열대야일수가 더 크게 나타나는 해양성 영향이 더 큰 것으로 판단된다. 전국 75개 지점의 평균 폭염일수와 열대야일수를 비교하면, 열대야가 폭염보다 더

많이 발생한 지역은 서울을 제외하고 모두 해안 지역 또는 섬 지역이었다. 이는 저녁 열대야는 내륙도시에서, 새벽 열대야는 해안가 지역에서 주로 발생한다는 결과와 같이 지표면 근처가 냉각되는 시간이 다른 것(Choi and Kwon, 2005)이 원인으로 판단된다. 추후 두 지역의 폭염 및 열대야의 발생에 대한 원인을 분석하기 위해 추측이 아닌 기상학적 요인 및 위·경도에 의한 일사량의 원인 등에 대한 분석이 필요하다.

#### 감사의 글

본 논문의 개선을 위해 좋은 의견을 제시해 주신 심사 위원께 감사를 드립니다. 이 연구는 국립기상과학원 주요사업 “응용기상기술개발연구”의 지원으로 수행되었습니다.

#### REFERENCE

- Alexander, L. V., Zhang, X., Peterson, T. C., Caesar, J., Gleason, B., Klein Tank, A. M. G., Haylock, M., Collins, D., Trewin, B., Rahimzadeh, F., Tagipour, A., Rupa Kumar, K., Revadekar, J., Griffiths, G., Vincent, L., Stephenson, D. B., Burn, J., Aguilar, E., Brunet, M., Taylor, M., New, M., Zhai, P., Rusticucci, M., Vazquez-Aguirre, J. L., 2006, Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation, *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 111: D05109 DOI: 10.1029/2005JD006290.
- Basu, R., Samet, J. M., 2002, Relation between elevated ambient temperature and mortality: a review of the epidemiologic evidence, *Epidemiologic Reviews*, 24(2), 190-202.
- Choi, B. C., Kim, J. Y., Lee, D. G., Jan, K., 2007, Long-term trends of daily maximum and minimum temperatures for the major cities of South Korea and their implications on human health, *Atmosphere*, 17(2), 171-183.
- Choi, G. Y., Kwon, W. T., 2005, Spatial-temporal patterns and recent changes of tropical night phenomenon in South Korea, *Journal of the Korean Geographical Society*, 40(6), 730-747.
- Cinar, Y., Senyol, A. M., Duman, K., 2001, Bloodviscosity and blood pressure: role of temperature and hyperglycemia, *American Journal of Hypertension*, 14(5), 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.
- Frich, P., Alexander, L. V., Della-Marta, P., Gleason, B., Haylock, M., Klein Tank, A. M. G., Peterson, T., 2002, Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the 20th century, *Climate Research*, 19(3), 193-212.
- Ha, K. J., Ha, E. H., Yoo, C. S., Jeon, E. H., 2004, Temperature trends and extreme climate since 1909 at big four cities of Korea, *Journal of the Korean Meteorological Society*, 40(1), 1-16.
- Heo, B. Y., Song, J. W., 2012, Countermeasures on heat wave related disasters increasing due to climate change, *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*, 12(6), 171-177.
- Heo, I. H., Kwon, W. T., 2007, Temperature change of recent 10 years (1996-2005) in Korea, *Journal of Climate Research*, 2(2), 79-93.
- Hulme, M., Zhao, Z. C., Jiang, T., 1994, Recent and future climate change in East Asia, *International Journal of Climatology*, 14(6), 637-658.
- Kim, E. B., Park, J. K., Jung, W. S., 2014, A study on the occurrence characteristics of tropical night day and extreme heat day in the metropolitan city, Korea, *Journal of Environmental Science International*, 23(5), 873-885.
- Kim, J. O., 2008, A study on the cooling center manual of facility and maintenance for extreme heat disaster, *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*, 8(4), 17-22.
- Kim, J. Y., Kim, J. O., Yu, K. Y., 2007, A study on foreign cases for the management of extreme heat response plan in Korea, *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*, 7(2), 25-33.
- Kim, S. Y., 2004, The impact of summer heatwave on mortality. Doctoral degree, Ajou University, Suwon, Korea.
- Korea Claim Adjuster Association, 2011, A study on compensation standard criteria for outage damage,



- Research service report, Ministry of Trade, Industry and Energy, Sejong.
- Lee, K. M., Yu, H. J., 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.
- Lee, M. I., Kang, I. S., 1997, Temperature variability and warming trend in Korea associated with global warming, *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*, 33(3), 429-443.
- Morberg, A., Jones, P. D., 2005, Trends in indices for extremes of daily temperature and precipitation in Central and Western Europe 1901-1999, *International Journal of Climatology*, 25(9), 1149-1172.
- National Institute of Meteorological Sciences, 2012, Global climate change report 2012 for the corresponding IPCC 5 assessment report-outlook of climate change according to RCP 2.6/4.5/6.0/8.5, 11-1360395-000341-10, NIMS.
- Roveson, S. M., 2004: Trends in time-varying percentiles of daily minimum and maximum temperature over North America, *Geophysical Research Letters*, 31(4), doi:10.1029/2003GL019019.
- Sheridan, S. C., Allen, M. J., Lee, C. C., Kalkstein, L. S., 2012, Future heat vulnerability in California, Part II: Projecting future heat-related mortality, *Climatic Change*, 115(2), 311-326.
- Sung, J. H., Kim, H., Cho, S. H., 2001, Summertime heat waves and ozone: an interaction on cardiopulmonary mortality-based on the 1994 heat wave in Korea, *Journal of Preventive Medicine and Public Health*, 34(4), 316-322.
- Park, C. Y., Choi, Y. E., Kwon, Y. A., Kwon, J. I., Lee, H. S., 2013, Studies on changes and future projections of subtropical climate zones and extreme temperature events over South Korea using high resolution climate change scenario based on PRIDE model, *Journal of the Korean Association of Regional Geographers*, 19(4), 600-614.
- Park, J. K., Jung, W. S., Kim, E. B., 2008, A study on development of the extreme heat standard in Korea, *Journal of the Environmental Sciences International*, 17(6), 657-669.
- Park, J. K., Jung, W. S., Kim, E. B., 2009, Study on the establishment of threshold criteria for heat health watch warning system in Korea; Part I : establishment of criteria and verification, *Journal of the Environmental Sciences International*, 18(7), 767-780.
- Park, W. S., Suh, M. S., 2011, Characteristics and trends of tropical night occurrence in South Korea for recent 50 years (1958-2007), *Atmosphere*, 21(4), 361-371.