

대구의 장기적 도시기후 변동에 관한 연구

김 해 동

계명대학교 환경학부 지구환경보전전공
(2003년 1월 23일 접수; 2003년 6월 27일 채택)

Study on the Long-term Change of Urban Climate in Daegu

Hae-Dong Kim

Department of Environmental Conservation, Faculty of Environmental Studies, Keimyung Univ., Daegu 704-714, Korea

(Manuscript received 23 January, 2002; accepted 27 June, 2003)

Through data analysis using the meteorological data during 40 years(1961~2000) for 2 stations(Daegu and Chupungnyong), we studied the present condition and long-term trends in urban climatic environments of Daegu.

It was found that there was about 1.5°C rise in annual mean temperature of Daegu from 1961 to 2000. On the other hand, that of Chupungnyong was not more than 0.4°C for the same period. The regional disparity in temperature changes has been caused by the difference of urban effects on climate between two regions. In particular, the urban warming appears more significant in winter season. There was about 3°C rise in annual mean daily minimum temperature of winter season(Dec.~Feb.) in Daegu. As the result, the number of winter days continuously decreased from 115 days(1961) to 75 days(2000).

The long-term trends of relative humidity were also studied to examine the effects of urbanization on climate in Daegu. It was found that there was about 7% decrease in relative humidity of Daegu during past 40 years(1961~2000). On the other side, the decrease of Chupungnyong was not more than 2% for the same period. The long-term trends of the other climatic factors(fog days, tropical night days, etc) were also studied in this study.

Key words : Urbanization, Winter day, Tropical night, Winter season

1. 서 론

도시는 좁은 영역에 많은 인구가 집중하여 활발한 인간활동이 이루어지고 있다. 그 결과, 도시에서는 인접해 있는 주변의 교외지역과는 상이한 기후상태가 만들어진다. 이러한 도시기후의 형성 및 변화는 도시승온화와 도시건조화로 대변된다.

도시의 승온화는 주로 다음의 3가지 효과, 즉, 콘크리트나 아스팔트와 같은 열저장효과가 큰 물질에 의한 도시공간의 포장화, 녹지면적과 수변지역의 감소로 인한 증발잠열 소비의 감소, 인간활동에 따른 인공열 배출량의 증가에 크게 기인한다고 알려

져 있다¹⁻³⁾. 그리고 도시건조화는, 도시의 팽창에 수반하여 녹지대와 수변지대가 파괴된 지면이 도로의 포장과 인공구조물의 건설로 피복되어 지면증발원이 감소되어 대기로의 수증기 공급량이 감소하고, 앞에서 기술한 여러 원인에 의해 도시가 승온화되어 도시지역의 상대습도가 낮아지기 때문에 발생한다.

20세기 중반 이래로 침체해 있던 도시기후학이 최근에 다시 관심을 모으고 있는 것은 주로 환경친화적 도시계획과 관련이 있다. 도시의 악화되는 열적 환경을, 도시계획의 단계에서 자연환경을 이용하여 제어하기 위한 기술개발을 위해서는 도시기후학에 대한 지식이 필요불가결한 것이다. 우리나라에서도 2001년 8월부터 국토개발에 있어서 부지의 타당성 평가를 주요 목적으로 하는 사전환경성검토 제도가 실시되고 있다. 여기에서 가장 중요시 하는

Corresponding Author : Hae-Dong Kim, Department of Environmental Conservation, Faculty of Environmental Studies, Keimyung Univ., Daegu 704-714, Korea
Phone : +82-53-580-5930
E-mail : khd@kmu.ac.kr

3가지 기본사항이, 녹지대·수문환경·바람의 길(통풍경로)의 보전인데, 이는 도시기후학의 주요 연구대상과 일치한다⁴⁾.

환경친화적 도시계획과 연계되어 수행된 최근의 주요 도시기후학적 연구는 도시의 바람의 길 조성 연구 분야와 관련되어 있다. 이는 주로 풍속이 약하고 건조한 독일을 포함한 유럽의 내륙지역에서 활발한데⁵⁻¹⁰⁾, 최근에는 해안에 발달한 대규모 도시에 저온의 해풍 또는 강바람을 도심으로 유입하여 도시열섬현상을 완화하고자 하는 시도가 일본을 포함한 아시아 국가에서 활발히 이루어지고 있다¹¹⁻¹³⁾.

한편, 최근에 이르러 선진국 대도시의 경우에 환경관리를 성공적으로 수행하여 기존의 도시기후 관련 교과서^{3,14,15)}에서 소개되고 있는 도시기후의 나쁜 점들(예로서, 도시안개의 다발, 도시열섬화, 도시건조화 등)이 대폭 개선되어 과거와는 전혀 다른 모습의 도시기후가 나타나고 있음이 소개되기도 하였다¹⁶⁾. Omoto¹⁶⁾는 도시기후의 개선을 위하여 지속적으로 노력하여야 하지만, 기성의 편견에 치우쳐서 도시기후 개선의 현상을 객관적으로 파악하는 것을 소홀히 하여서는 아니 된다고 지적하였다. 그는 최근 확인되고 있는 도시기후의 변화양상을 다음과 같이 소개하고 있다.

도시의 발달에 의해 열섬이 강화되는 것으로 널리 알려져 있지만, 인공적인 관개로 시내를 녹화하고 있는 건조 및 반건조 지역의 대都市는 한낮에 냉섬(cool island)에 습윤섬(wet island)화 되어, 일반적인 대도시와는 반대의 도시기후가 형성되어 있기도 하다.

또, 사람들의 생활양식 변화와 대기오염대책의 성공적 수행으로, 일본과 영국을 포함한 선진국의 도시기후에 관한 이전의 상식이 맞지 않는 경우가 발생하고 있다²⁾. 예로, 공해대책이 진척된 나라의 대都市는 교외에 비해서 안개가 발생하기 어렵게 되었다. 그리고 여름철 한낮에는 대류가 발달하므로 도시의 승온효과가 나타나기 어려운 것으로 알려져 왔지만, 반드시 그렇다고 말할 수 없는 결과도 얻어지고 있다.

본 연구의 주요목적은 도시의 열오염현상을 저감할 수 있는 대안제시에 앞서, 대구의 도시기후현황을 파악하는 것이다. 그리고 Omoto¹⁶⁾가 지적한 최근의 도시기후변화특성에 대하여 최근 우리 나라 도시기후에도 과거와 다른 모습의 도시기후학적 특징이 나타나고 있는지를 확인해 보고자 하는 것이다. 이를 위하여 대구를 평가대상 지역으로 하여, 장기적인 도시기후 변화경향 및 현황을 분석하여

선진국의 도시기후현황과 비교·평가하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 연구재료

대구 도시화로 인한 장기적 도시기후변화와 현황을 분석하고자 기상청에서 관측한 대구와 대구에 인접하고 있어 동일 기후구에 속하면서도 도시화의 영향을 거의 받지 않고 있는 추풍령의 과거 40년간(1961~2000)의 주요 기상요소(기온, 습도, 일사량)를 이용하였다. 이 자료를 이용하여, 열환경 관련지수인 열대야일수, 겨울일수, 안개일수 등을 계산하여 도시기후 평가에 활용하였다.

도시화에 의한 기온변화효과를 아는 방법으로는, 연구대상의 도시와 거의 같은 기후구에 포함되면서도 도시의 영향을 거의 받고있지 않는 것으로 간주되는 측정점과의 비교로 평가하는 것이 가장 보편적이다. 일본의 A. Harada¹⁷⁾는 동경의 도시기후변화를 평가하기 위하여 동경에서 북북동쪽으로 약 60km 떨어져 있는 Tskuba산 정상(해발 870m)의 관측치를 이용한 바 있다. 그 이유로, 그들은 Tskuba산 정상은 지구온난화 등에 따른 대규모로 발생하는 기후변화의 영향은 받지만 도시의 영향은 배제되기 때문에 동경의 도시화효과를 평가하기에는 최적의 대상이라고 설명하였다.

본 연구에서도 대구(해발 약 58미터)에 인접해 있으면서도 높은 해발고도(약 246m)를 갖는 추풍령은 도시의 영향을 거의 받고있지 않아, 대구의 도시화효과를 검증하기에 최적의 비교대상이라고 판단된다.

2.2. 연구방법

도시화로 인한 환경변화를 입증하는 가장 일반적인 것으로서, Howard¹⁸⁾에 의해 고안되고 Lowry¹⁹⁾에 의해 검토된 방법이 있다. 이 방법은, 서로 다른 환경에 있는 지점들에서 관측된 도시와 교외간의 변수 차를 입증하는 것이다.

$$U = M_u - M_r \quad (1)$$

여기서, U 는 도시화에 따른 어떤 요소의 변화량, M_u , M_r 은 각각 도시와 농촌에서 관측된 어떤 요소의 값이다. 이 방법은 Howard 이래로 현재까지 가장 일반적으로 채택되고 있다. 지형이 단순하고 평탄하며 대규모의 수피가 없는 곳에서는 적어도 도시의 영향을 추정할 수 있는 가장 빠르고 타당한 접근방법이라고 말할 수 있을 것이다. 본 연구에서도 이 방법에 기초하여 대구의 도시화에 따른 장기적 도시기후변화 및 현황을 분석하였다.

3. 결 과

3.1. 주요 기후인자의 장기변동

이 단락에서는, 도시기후변화를 나타내는 가장 중요한 인자인 도시승온화와 도시건조화의 문제를 기술하고자 한다. 즉, 기온과 상대습도의 장기적 변화특성을 기술한다. 먼저 과거 40년간의 대구와 추풍령에서 관측된 연평균기온을 Fig. 1에 나타내었다. 연평균기온의 경우, 양 지역이 모두 승온화를 나타내었지만 대도시인 대구의 기온상승 경향(약 1.5°C/40년)이 추풍령(약 0.4°C/40년)보다 현저하였다. 연평균기온 상승으로 표출된 도시화에 수반된 도시기온의 상승효과가 어떤 형태로 나타나는지를 알아보기 위하여 Fig. 2와 3에 하계와 동계의 기온변화를 자세히 나타내었다.

먼저, 도시화로 인한 하계(6~8월)의 기온상승이 어떻게 표출되는지를 알아보기 위하여 일최고기온과 일최저기온의 연평균치를 Fig. 2(a), (b)에 나타내었다. Fig. 2(a)에 나타낸 하계 일최고기온의 장기적 변화경향은, 대구와 추풍령의 양 지역에서 모두 증가경향을 나타내지 않았다. 이에 반하여, 일최저기온의 장기적 변화경향(Fig. 2(b))은 추풍령에서 다소 감소하는 경향(약 -1.1°C/40년)을 보인 것과 대조적으로 대구에서는 다소 증가하는 경향(약 0.7°C/40년)을 나타내었다. 도시화로 인한 겨울철(12~2월) 도시기온 상승경향의 특성을 알아보기 위하여, 일고기온과 일최저기온의 연평균치 변화추세를 Fig. 3(a), (b)에 나타내었다. 여름철 기온변화경향과 달리, 기온상승효과가 양 지역에서 일최고기온과 일최저기온에 모두 나타남을 확인할 수 있었다. 그러나 도시화로 인한 겨울철 도시기온 상승효과는 일최고기온보다는 일최저기온 상승에 보다 뚜

렷하였다. 일최고기온의 상승효과는 대구가 추풍령보다 약간 컸지만, 양 지역 모두에서 약 2°C/40년의 기온상승이 나타났다. 따라서 대구의 겨울철 일최고기온의 상승효과는 도시화효과는 미미하였지만 지구온난화의 영향으로 뚜렷한 증가경향을 보였고 사료된다. 양 지역의 겨울철 일최저기온(Fig. 3(b)) 장기변화를 자세히 살펴보면, 대구의 상승경향(약 3°C/40년)이 추풍령(약 1°C/40년)에 비하여 현저히 높음을 알 수 있다. 비록 상승폭은 작지만, 도시화의 영향이 매우 적은 추풍령에서도 겨울철 일최저기온의 상승경향이 상대적으로 크게 나타났는데, 이는 지구온난화의 효과로 사료된다. 추풍령의 겨울철 일최저기온 상승이 하계의 기온상승보다 크게 나타난 사실은, 온실기체 증가로 인한 지구온난화의 효과 혹은 도시승온화효과가 하계 기온증가 보다는 동계의 일최저기온 증가에 보다 크게 기여한다는 앞선 연구결과와 일치한다^{20,21)}. 이 결과는, 청명한 여름날에 대도시의 지면은 승온효과가 현저하

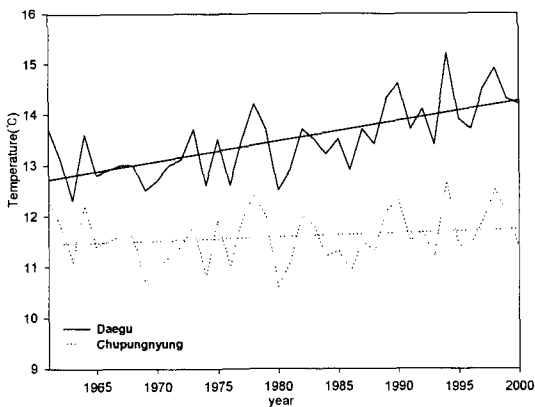


Fig. 1. The long-term variation of daily mean surface temperature in Daegu(dashed line) and Chupungnyung(solid line).

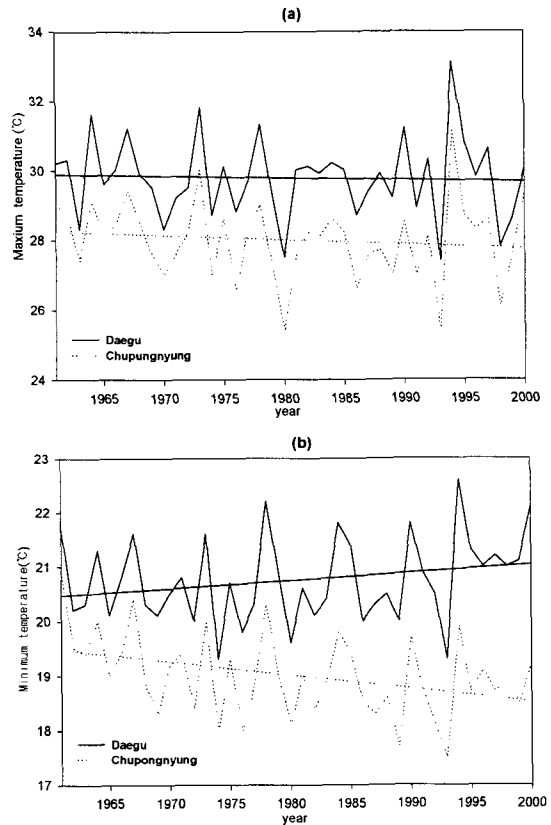


Fig. 2. The variation of (a)daily maximum temperature, (b) daily minimum temperature of summer in Daegu(dashed line) and Chupungnyung(solid line).

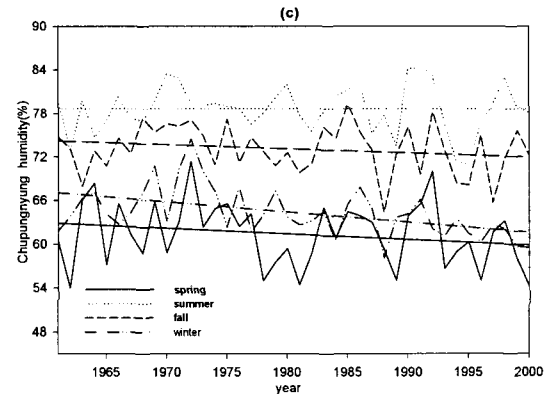
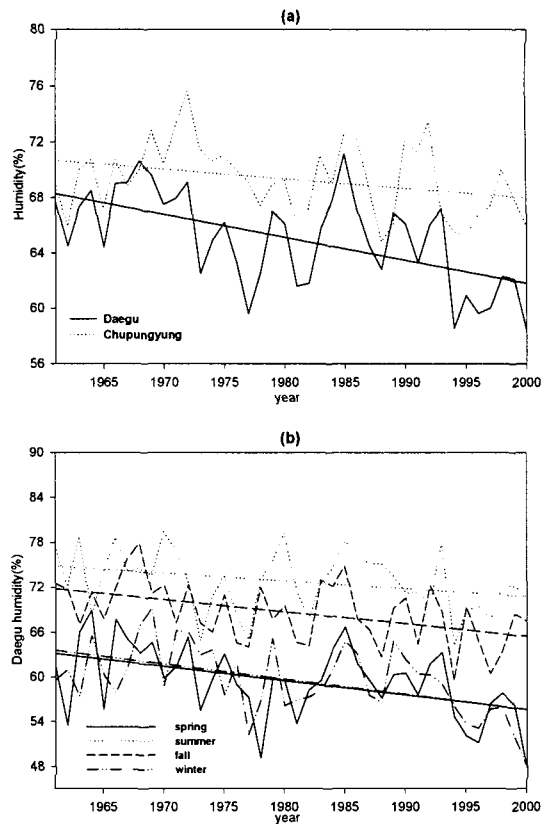
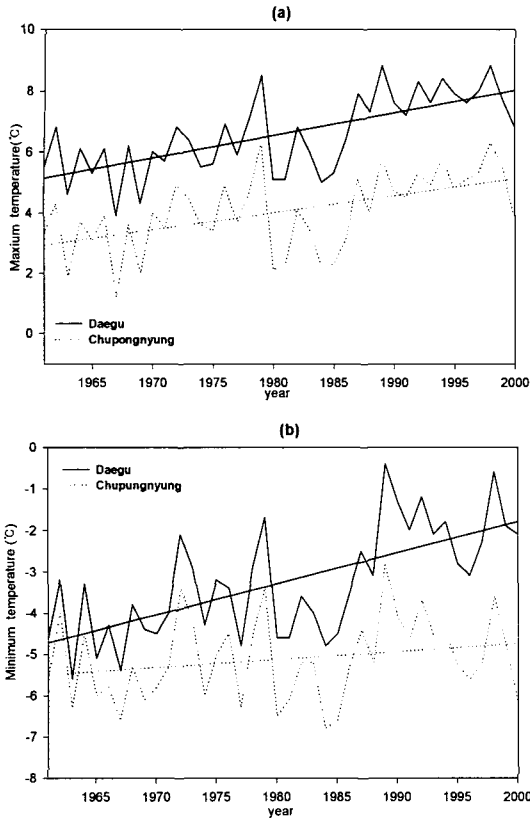


Fig. 3. Same as Fig. 2 except for winter.

Fig. 4. The long-term variation of (a)annual mean relative humidity(%) in Daegu(solid line) and Chupungnyung(dashed line), (b)seasonal mean in Daegu, (c)seasonal mean in Chupungnyung.

여 활발한 대류현상이 발생하여 저층의 현열을 효율높게 고층으로 확산시키기 때문에 도시의 승온효과는 일최고기온에 미치는 효과는 적고, 지면온도가 낮은 야간에 최저기온 상승에 기여하고 있다는 사실과 잘 일치한다.

상대습도의 장기적 변화경향을 알아보기 위하여, 대구와 추풍령의 연평균 상대습도 변화(Fig. 4(a))와 대구의 계절별 상대습도(Fig. 4(b))와 추풍령의 계절별 상대습도변화(Fig. 4(c))를 조사하였다. 양 지역에서 모두 지속적인 건조화경향을 보임을 알 수 있는데, 대구(약 -7%/40년)가 추풍령(약 -2.2%/40년)보다 상대습도의 감소가 뚜렷하였음을 알 수 있다. 한편, 양 지역에서 계절별 상대습도의 장기변동경향은 하계에 비하여 동계에 감소경향이 다소 컸음을 알 수 있다. 이는 상대습도의 감소에 기여하는 도시 승온화 및 지구온난화로 인한 기온상승효과가 하계보다 동계에 크게 나타난 것에 기인하는 것으로 사료된다.

3.2. 열대야와 겨울일 및 도시안개 발생일수의 장기변동

열대야(tropical night)란, 어떤 지점의 일최저기

온이 25°C 이상인 일년중의 총 일수를 말한다. 기온이 야간에도 25°C 이하로 내려가지 않으면 잠을 이루기 힘들기 때문에 더위를 나타내는 기후통계치로 이용된다.

대구와 같은 대도시의 도시승온화는 낮동안의 일최고기온의 상승에도 나타나지만, 주로 야간에 높

은 도시기온(도심과 교외간의 기온 차)을 유발하는 것으로 널리 알려져 있다²²⁾. 이로 인하여 도시민의 여름나기가 더욱 어렵게 되는 것이다. 이를 여름철 열대야 일수의 추세변화를 이용하여 조사하였다(Fig. 5). 여름철의 열대야 일수는 추풍령에서 거의 나타나지 않았고, 대구에서는 최근 40년간에 연평균 약 9일 정도 나타났는데 장기적으로 증가하는 경향을 보이지는 않았다. 그런데 1994년 이전에는 1964년의 20일, 1966년의 25일, 1978년과 1984년의 20일을 제외하고는 연간 열대야 발생일수가 15일을 넘지 않는 수준이었는데 최근에는 1994년에 33일, 2001년에 발생일수가 43일에 이르는 등으로 발생일수에 진폭이 매우 크진 것으로 판단된다. Fig. 5에 제시되지는 않았지만, 2001년도에 대구에서는 7월 21일부터 8월 10일까지 무려 21일 연속하여 밤새 기온이 25°C 아래로 떨어지지 않는 기록적인 열대야 일수를 나타내었다. 2001년 8월에는 대구 뿐만 아니라 전국적으로 열대야 일수가 평년에 비하여 폭증하였는데, 그것의 직접적인 이유는 북태평양고기압의 세력이 강하여 지속적으로 고온다습한 기류가 유입되었기 때문이었다. 여기에 부가하여, 선진국의 도시기후 연구에서 지적되고 있듯이, 도시포장화와 건물의 고층화로 인한 도시의 열용량(heat capacity) 급증에도 원인이 있을 것으로 판단된다.^{3,16)}.

아스팔트와 콘크리트(열전도율; $11 \times 10^{-3} \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{deg}^{-1}$)는 나대지나 약간의 식생이 피복되어 있는 곳(열전도율; $5 \sim 6 \times 10^{-5} \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{deg}^{-1}$)에 비하여 100배 이상 높은 열전도율을 보인다.^{2,3,20)}. 그래서 나대지나 약간의 식생이 피복되어 있는 곳에서는 청명한 날에 20~40cm 깊이에서 지온의 일변화가 크진다. 이에 대하여, 아스팔트나 콘크리트로 포장된 곳에서는 일중 지온변화가 미치는 깊이가 80~100cm 에까지 이른다. 이 결과, 도시화

로 포장이 늘어나면 낮동안에 보다 많은 열이 도시에 저장되어 야간에 오랜시간 많은 양의 열이 대기중으로 방출되어 열대야 유발에 기여한다.

겨울일(winter day)은, 서리일이라고도 불리는데, 일최저기온이 0°C 이하인 연중 일수를 말한다. 결빙이나 서리가 예상되는 날의 연중 일수인 것이다. 대구의 겨울일은 장기적으로 보아서 지속적으로 감소하고 있음을 볼 수 있다(Fig. 6). 60년대에 100일 전후였던 대구의 연간 겨울일수가 최근에는 30일 이하로 줄었다. 이에 대하여 추풍령의 겨울일 수는 감소경향을 보이지 않았다.

수 십년전에 조사된 자료에 근거하여 기술된 도시기후에 관한 교과서적인 상식이 최근에는 적용되지 않게 된 경우가 종종 보고되고 있다.^{16,23)}. 그러한 예로서 도시안개에 관한 것을 들 수 있다. 도시에서는 교외보다 에어로졸 등의 응결핵이 많아 도시의 안개발생일수가 인근의 교외지역에 비하여 2배 이상 발생하는 것으로 소개되어 있다.^{3,14,15)}. 그러나 공해대책이 잘 정비된 선진국에서는, 그것이 과거의 사실이고, 지금은 완전히 반대가 되어 도시는 주변 교외의 전원지역보다도 안개일수가 적어지고 있다.¹⁶⁾.

최근 영국의 런던에서는 교외에 농무가 발생하여도 런던 시내에는 안개가 없는 경우가 적지않게 발생하고 있다고 한다. 일본에서도, 보진협(保津峽)을 경계로 해서 서쪽에 위치한 구강분지(龜岡盆地)가 짙은 농무에 휩싸여도 동쪽에 있는 교토분지에는 안개가 없는 경우가 많다. 그리고 일본 교토와 오사카의 연간 안개일수는 1970년대까지는 100일을 넘는 해가 많을 정도였지만, 1980년대 이후에는 5일 이하로 급속히 감소하였다. 그래서 도시의 안개일수 발생추이는 도시 기후환경의 변화여부를 평가할 수 있는 환경동계치로 이용되고 있다.

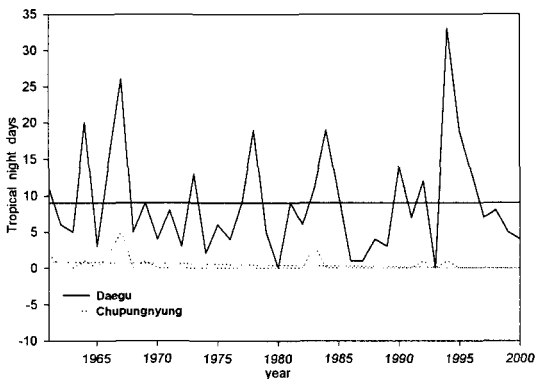


Fig. 5. Same as Fig. 1, but for the number of tropical night days in Daegu and Chupungnyung.

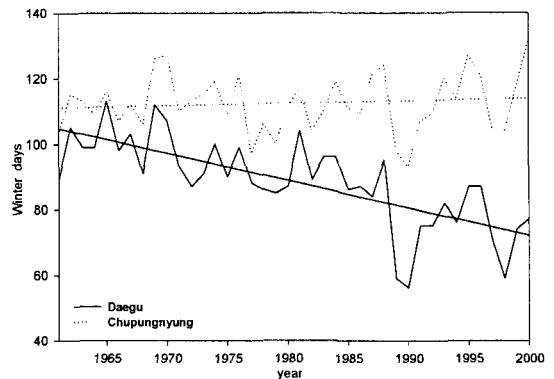


Fig. 6. Same as Fig. 1, but for the number of winter days in Daegu and Chupungnyung.

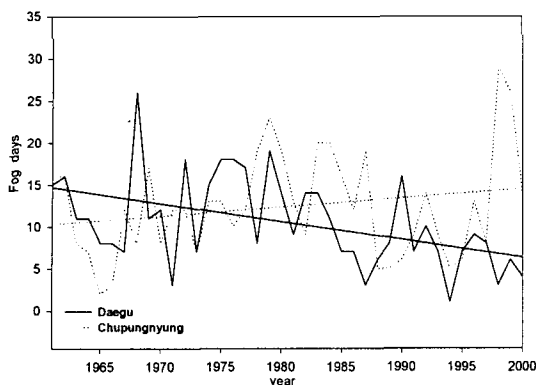


Fig. 7. Same as Fig. 1, but for the number of fog days in Daegu and Chupungnyung.

Fig. 7에 대구와 추풍령의 안개일수 변동을 나타내었다. 대구의 연간 안개일수는 90년대 이전에 15일을 넘는 경우가 많았지만, 이후 최근 10여년간에는 도시안개의 발생이 지속적으로 줄어들고 있음을 볼 수 있다. 이처럼 90년대 이후에 대구의 도시안개 일수가 크게 줄어들고 있는 원인은 세 가지 이유로 설명할 수 있다. 첫째는, 하계의 전선무를 예외로 하면, 대구와 같은 내륙분지에서의 안개는 거의 대부분 지표면 냉각에 따른 복사안개적 성격을 갖는다. 그런데 도시의 포장화가 진척되면 아스팔트나 콘크리트의 큰 열용량으로 지표면 복사냉각이 억제되기 때문에 복사안개의 발생이 어려워진다. 즉, 대구의 도로확대 및 도시건축물의 밀집화 등으로 인한 지면온도 상승이 도시안개 발생을 저감시켰을 것으로 추측할 수 있다. 두 번째는, 도시건조화가 안개발생 일수를 저하시켰을 것으로 예상할 수 있다. 대구의 상대습도는 선진국의 다른 도시와 달리 90년대 이후에도 지속적으로 감소하고 있어, 도시건조화가 도시안개 감소에 기여하였을 것으로 사료된다. 세 번째는, Omoto¹⁶⁾가 일본의 도시안개 발생일수 감소의 원인으로 주장한 바와 같이 도시의 환경개선, 즉 도시의 부유분진 농도 개선에 의한 대기중의 응결핵 감소가 도시안개일수를 저감시켰을 것으로 추정할 수 있다.

이를 확인하기 위하여 Fig. 8에 대구의 부유분진 농도추이를 나타내었다. 여기에서 확인할 수 있듯이, 대구의 부유분진 농도는 90년대 이래로 현저히 개선되었다. 따라서, 대구의 경우에도 선진외국의 여러 도시와 마찬가지로 도시의 대기질 개선효과도 도시안개의 발생감소에 기여하였을 것으로 보인다. 대구의 경우와 달리, 대기부유분진, 기온상승과 건조화의 영향이 거의 없었던 추풍령의 연간 안개일

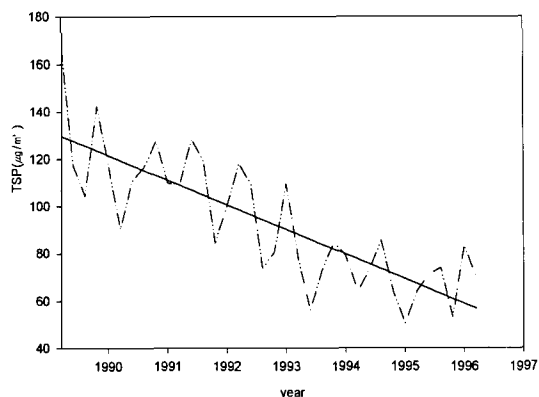


Fig. 8. The variation of the concentration ($\mu\text{g m}^{-3}$) of TSP in Daegu.

수는 큰 변화가 없었다.

4. 결론 및 고찰

대구와 추풍령의 기후환경의 변동을 살펴보기 위하여, 대구지방기상대에서 관측된 최근 40년간(1961~2000)의 기상자료를 이용하여, 기온, 습도, 열대야일수, 겨울일수 및 안개발생일수의 경년변화를 조사하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 대구의 연평균기온은 지난 40년간에 약 1.2°C 상승한 것으로 평가되었다. 이에 비하여, 도시화가 진척되지 않은 추풍령은 같은 기간에 약 0.3°C의 연평균 기온상승을 나타내었다. 이와 같은 도시승온화효과는 겨울철 일최저기온, 겨울철 일최고기온 그리고 여름철 일최저기온의 순서로 크게 나타났고, 여름철 일최고기온에는 거의 영향이 없었다.

이는 지구온난화 혹은 도시승온화의 효과는 여름철 보다 겨울철 기온상승에 크게 기여하며, 최고기온보다는 최저기온의 상승으로 나타난다는 선행 연구결과와 일치함을 알 수 있었다^{3,23,24)}.

둘째, 대구의 연평균 상대습도는 지난 40년간에 약 7% 감소하였다. 엄향희 등은 서울의 장기적 상대습도변화를 분석하여, 서울의 상대습도는 지속적으로 감소경향을 보이고 있으나, 도시효과로 인한 상대습도의 감소가 1980년대 초까지는 뚜렷하였으나 그 이후로는 완화경향이 탁월하다고 지적한 바 있다. 이에 대하여, 대구의 장기적 상대습도는 최근에 이르기까지 지속적으로 감소하고 있는 것으로 나타났다. 한편, 같은 기간에 추풍령은 약 2% 감소한 것으로 평가되었다. 이 차이는 도시건조화의 결과로 판단되는데, 도시의 포장화, 녹지대와 수변지역의 지속적인 파괴로 수증기 증발원이 감소되고,

도시승온화가 지속된 결과로 판단된다. 최근 대구는 도시녹지화와 신천의 복원으로 대변되는 수변유지수의 확보노력을 기울이고 있지만, 이런 노력이 도시건조화와 도시승온화를 완화하여 광역에 걸쳐 도시기후를 개선하는 수준에까지 이르지 못한 것으로 사료된다. 그리고, 도시녹지화와 수변유지수 확보가 이루어진 소규모 지역에 대한 도시기후 효과를 보기 위해서는 특별기상관측망의 현장설치를 통한 장기적인 감사가 필요할 것이다.

셋째, 대구의 하계 열대야일수는 장기적으로 보아서 점진적인 증가추세를 보이지는 않았지만, 최근에 이르러 연간 발생일수에 큰 진폭을 보였다. 기후의 변동기에는 기온이 점진적으로 증가 혹은 감소경향을 나타내는 것이 아니라 저온년과 고온년의 진폭이 크지고 발생빈도가 많아진다고 한다²⁰⁾. 이에 근거하여 대구의 열대야 일수의 장기변동경향을 평가해보면, 비록 추세선이 일정하게 나타났지만 최근에 발생일수의 연변화가 크지고 있는 것은, 대구도 지구온난화와 도시승온화로 인하여 도시기후가 변동기에 있는 것으로 사료된다. 한편, 대구의 겨울일수는 점진적으로 증가하는 추세를 보였다. 이는 도시화로 인한 겨울철 최저기온이 지속적으로 상승되고 있는 현상에 기인한다.

넷째, 대구의 도시안개 발생횟수는 1980년대 이래로 꾸준히 감소하는 경향을 보였다. 그러나 영국의 런던, 일본의 교토와 같이 격감하지는 않았다. 감소의 원인으로는, 도시의 대기질 개선의 효과(부유분진 농도의 감소)와 도시기후의 변화(도시승온화, 도시건조화)에 기인하는 것으로 판단된다. 향후, 지속적인 대기질개선이 이루어지면, 대구도 선진국의 여러 도시와 같이 도시안개 발생횟수를 획기적으로 줄여 시민들의 체감 환경지수를 한층 개선할 수 있을 것으로 평가된다.

본 연구에서는, 대구지방 기상대에서 관측된 자료에 근거하여 대구의 도시기후를 평가하여 보았는데, 대구라는 광역의 도시기후를 면밀히 평가하기 위해서는 보다 소규모 영역의 기후를 대변하는 자료의 사용이 필요하다. 향후, 대구에서도 자동기상관측망의 확충을 통한 소규모의 기상자료가 장기간 확보되어야 할 것이다. 최근 일본동경에서는 도시기후감시를 위해 130개의 자동기상관측망설치를 완성하였다¹¹⁾. 우리 나라에도 이와 같은 기반사업이 조속히 이루어지기를 기대한다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(과제번호 R01-2002-000-00020-0)의 지원금으로 수행되었습니다.

다. 재정지원을 해 주신 한국과학재단 및 기타 관계자 여러분에게 깊은 감사를 드립니다.

참고 문헌

- 1) Yoshikado, H., H. Kondo and Y. Kikegawa, 2002, Thermal environment of building roofs based on measurements in the central areas of Tokyo, Tenki, 49, 887-899(in Japanese).
- 2) Sugawara, H. and J. Kondo, 1995, Sensitivity test of urban surface temperature, Tenki, 42, 813-818(in Japanese).
- 3) Landsberg, H. E., 1981, The urban climate, Academic press, New York, London, 275pp.
- 4) 환경부, 2001, 사전환경성검토 관계자 연찬회 자료집, 364pp.
- 5) Fanger, P. O., 1972, Thermal comfort, New York, McGraw Hill Book Company, 285pp.
- 6) Kommunalverband, R., 1985, Klimaanalyse Stadt Essen, Das Ruhrgebiet, 123pp.
- 7) Kuttler, W., D. Dutemeyer and A. B. Barlag, 1998, Influence of regional and local winds on urban ventilation in Cologne, Germany, Meteorol. Zeitschrift, N. F., 7, 77-97.
- 8) Matzarakis, A. and H. Mayer, 1998, Investigations of urban climate's thermal component in Freiburg, Germany, Second Urban Environment Symposium, American Meteorological Society, 2, 140-143.
- 9) Matzarakis, A., J. Baumuller and H. Mayer, 1998, International urban climate homepage - A tool for urban planners and urban meteorologists, Second Urban Environment Symposium, American Meteorological Society, 2, 174-175.
- 10) Ichinose, T., 1999, Klimaanalyse : Climate analysis for the urban planning in Germany, Tenki, 46, 709-715(in Japanese).
- 11) Kubo, Y., 1999, Monitoring and management of urban heat island, interm report, Japan Science and Technology Corporation, Core research project for evolutionary science and technology, 272pp.
- 12) Moriyama, M., 1999, Climate analysis for urban planning - KLIMAATLAS in Japan -, Himeji Institute of Technology, 63pp.
- 13) Suzuki, R., 1991, The response of the surface wind speed to the synoptic pressure gradient in central Japan, J. of the Meteor. Soc. of

- Japan, 69, 389-399.
- 14) Mizukoshi, M. and S. Yamashita, 1993, Introduction to climatology, Kokon Press, 144pp (in Japanese).
 - 15) 김유근, 이화운, 1999, 대기오염개론, 시그마프레스, 280pp.
 - 16) Omoto, K., 1993, The latest urban climate, Study group for climate impact and application Newsletter, 9, 1-4(in Japanese).
 - 17) Harada, A., 1985, Air pollution and climate change, Tokyo Press, 222pp(in Japanese).
 - 18) Howard, L., 1851, A comparison to the thermometer, for the climate of London, Folio Broadside, reprinting a statement, dated 8 May 1820, Darton & Co., Holborn Hill, 184pp.
 - 19) Lowary, W.P., 1977, Empirical estimation of urban effects on climate : A problem analysis, J. Appl. Meteorol., 16, 129-135.
 - 20) 김해동, 1999, 지구온난화에 따른 우리나라 냉난방지수 변화특성 분석, 한국지구과학회지, 20, 620-624.
 - 21) Hansen, J. and S. Lebedeff, 1987, Global trends of measured surface air temperature, J. Geophys. Res., 92, 13345-13372.
 - 22) Yamazoe, K. and Y. Kanno, 2001, Hot summer, Geograpy, 46, 52-63(in Japanese).
 - 23) Noguchi, Y., 1994, The effect of urbanization on the long-term trends of daily maximum and minimum temperature, Tenki, 41, 123-135(in Japanese).
 - 24) Sakakibara, Y. and A. Morita, 2002, Temporal march of the heat island in Hakuba, Nagano, Tenki, 49, 901-911(in Japanese).