

PA21) 대구의 도시건조화 특성에 관한 연구

박명희*, 김해동

계명대학교 지구환경보전과

1. 서 론

인구증가와 급속한 경제성장에 수반하여 도시라는 좁은 영역에 인간 활동이 과도하게 집중되면서 기온상승, 풍속의 감소와 같은 기후변화와 대기오염을 포함한 공해문제가 발생하여 도시인들의 삶의 질을 떨어뜨리고 있다. 기후학적 측면에서는 열섬현상을 필두로 풍속의 약화, 강수량과 강수일수의 증가, 상대습도의 감소 등 도시 특유의 기상현상이 유발되는데 이를 도시기후라고 부른다. 도시화에 수반되어 나타난 도시기후의 평가는 주로 기온과 상대습도의 분석을 통하여 이루어져 왔다. 이 중에서 상대습도의 변화경향분석은 도시기후환경의 장기적 변화추이를 파악하는 데에 매우 효과적인 것으로 알려져 있다.

주어진 지역의 도시기후에 관한 이해는, 도시의 환경쾌적성을 확보하기 위한 환경친화적 도시계획의 전제로서 대단히 중요하다. 뿐만 아니라, 도시에서의 대기질의 현황파악과 예측을 통한 효율적인 대기질 관리를 위해서도 도시기후에 관한 이해가 전제되어야 한다는 점에서 도시기후연구의 중요성을 찾을 수 있다.

이와 관련하여 출현하는 도시기후 특징의 하나로 도시건조화를 들 수 있다. 도시건조화 현상은 도시지역의 상대습도가 감소하는 현상을 지칭하는데, 상대습도의 감소는 도시의 기온이 상승하든가 혹은 도시의 지표면에서 물의 증발이 감소하여 발생한다. 도시화로 기온이 상승하게 되면 도시지역의 포화수증기압이 증가하기 때문에 상대습도 감소효과가 유발되는 것이다. 지표면에서 대기로의 수증기보급의 감소는 도시화로 인한 증발산원의 감소에 주로 기인한다. 지표의 포장화는 강우의 빠른 유출과 식생에 의한 증발산의 감소를 초래한다. 도시공간의 포장과 도시하천의 복개로 지표면은 증발의 기능을 상실하게 되고, 녹지의 감소로 도시지역의 발산량이 감소하여 대기로 보급되는 수증기량이 감소한다.

본 연구에서는 대구를 대상으로 상대습도의 변화를 분석하여 도시건조화 진행 현황과 특성을 평가하고자 한다. 지금까지 우리나라에서는 주요 도시들의 도시화에 따른 상대습도변화 경향분석, 서울을 대상으로 하여 도시의 상대습도 변화를 도시 승온에 의한 효과와 수증기량 감소에 의한 효과로 나누어 분석한 것을 포함하여 수편의 관련 연구가 이루어졌다. 그러나 우리나라의 도시를 대상으로 건조화 유형을 계절별로 분석하여 건조화의 원인을 조사한 사례는 없었다.

이러한 배경에서, 이 연구에서는 대구의 도시건조화 원인을 기온효과와 수증기효과로 나누어 분석하고자 한다. 이 연구를 통하여 대구의 도시건조화가 진행된 주요 원인이 도시열섬화에 있는 것인지 혹은 포장화에 따른 증발효과의 감소에 있는 것인지를 평가하고자 한다. 이러한 연구의 결과는 기후환경의 보전과 복원을 통한 도시의 환경쾌적성 창조를 위한

정책수립에 기초 자료로 유용하게 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

2. 연구자료 및 방법

2.1. 연구자료

기상청에서 관측한 대구와 추풍령의 최근 45년간(1961-2005)의 지상기온, 상대습도 및 지상기압자료를 사용하였다. 추풍령은 대구에 인접해 있으면서 도시화의 영향을 상대적으로 매우 적게 받은 지역이다. 그래서 대구의 도시화 효과를 평가하기 위한 교외의 비교지역으로 추풍령을 선정하여 같은 기간에 대해서 자료를 분석하였다.

그리고 분석결과를 일본의 주요도시를 대상으로 도시건조화 유형을 분석한 Kawamura와 Ono의 결과와 비교하여 분석하기 위해서 이 연구에서는 1월(겨울), 4월(봄), 8월(여름) 및 10월(가을)을 대상으로 상대습도의 장기적인 변화경향을 조사하였다.

2.2. 연구방법

상대습도는 기온에 대한 포화수증기압과 대기의 중에 실제로 포함되어있는 수증기가 나타내는 수증기압의 비로 결정된다. 도시의 기온이 상승되면 기온에 대한 포화수증기압이 증가하므로 분모 항이 커져 상대습도가 감소한다. 지표의 증발원이 감소하여도 증발산량이 줄어들어 대기 중 수증기량이 감소하는데, 이 경우에도 분자 항이 작아져서 상대습도가 감소될 수 있다.

따라서 상대습도의 감소원인은 도시의 특성에 따라서 상이하게 나타날 수 있다. 본 연구에서는 상대습도의 감소를 유발한 주요인에 따라서 도시건조화의 유형을 정의한다. 이 연구에 이용된 상대습도는 아래의 공식을 이용하여 산출하였다.

$$\text{상대습도}(e) = \frac{\text{대기 중 수증기압}}{\text{기온에 대한 포화수증기압}(e_s)} \times 100(\%) \quad (1)$$

식(1)의 분모 항에 있는 기온(T_a ($^{\circ}\text{C}$))에 대한 포화 수증기압(e_s)의 계산은 Tetan의 공식⁴⁾을 이용하여 아래와 같이 계산된다.

$$\text{포화수증기압}(e_s) = 6.11 \times \exp\left(\frac{17.27 * T_s}{T_a + 273.16 - 35.86}\right) \quad (2)$$

한편 식(1)의 분자 항에 있는, 실제로 대기 중에 존재하는 수증기가 나타내는 수증기압은 식(2)에서 구한 포화수증기압에 상대습도를 곱하여 식(3)과 같이 구한다.

$$\text{수증기압}(e) = \text{포화수증기압}(e_s) \times \text{상대습도}(\%) \quad (3)$$

도시건조화유형 분류 방법은 Kawamura와 Ono가 제시한 방법을 따랐다. 그들의 방법을 따라서, 4계절의 대표치로는 4월(봄), 8월(여름), 10월(가을) 및 1월(겨울)을 선정하였다. 각

지역별 건조화 혹은 습윤화의 유형은 다음과 같이 10개의 유형으로 분류하였다.

건조화를 A형으로, 습윤화를 B형으로 분류하고 이것을 수증기압과 기온변화에 의해 나타낼 수 있는 모든 경우를 다섯 개의 유형으로 분류하였다. 건조화를 나타내는 A형에서 A-1형은 지표의 포장화와 삼림의 감소로 증발산량이 줄어들어 수증기압이 감소하면 상대습도를 나타내는 분자는 작아지고 도시가 승온화하여 기온이 상승할 때 분모의 값이 커지므로 두 가지 효과에 의해 상대습도가 감소하는 경우이다. A-2형은 도시의 승온화는 일어나지 않았으나 증발산량의 감소로 수증기압이 감소하여 도시가 건조화 되는 경우이다. A-3형은 수증기압이 감소하고, 기온은 하강하였으나 수증기압 감소효과가 커서 건조화가 일어나는 경우이다. A-4형은 수증기압의 변화는 없어 상대습도를 나타내는 분자 항은 일정하나 도시승온화에 의해 분모 항이 커지면서 상대습도가 감소하는 경우이다. A-5형은 수증기압이 증가하여 분자 값이 커지고 기온상승에 의해 분모 값도 커질 때 분모 값의 상승효과가 크므로 건조화가 일어나는 경우이다.

B 타입은 A 타입과 상반되는 경우로 습윤화를 나타내고 있다. B-1형은 수증기압은 증가하고, 기온은 하강하여 습도를 나타내는 분자 값은 증가하고 분모 값은 감소하여 습도가 높아지는 경우이다. B-2형은 수증기압은 증가하고 기온은 일정한 경우로 분모 값은 일정하나 분자 값이 증가하여 습도가 높아지는 경우이다. B-3형은 수증기압이 증가하고, 기온도 상승하지만 수증기압증가효과가 더 커서 습도가 높아지는 경우이다. B-4형은 수증기압이 일정하고 기온은 하강하였으나 기온 감소효과가 커서 습도가 높아지는 경우이다. B-5형은 수증기압이 감소하고 기온도 하강하였으나 기온 하강효과가 더 커서 습도가 높아진 경우이다.

3. 연구결과 및 고찰

상대습도의 장기적 변화경향과 그것에 영향을 미치는 기온과 대기 중 수증기량의 변화경향을 분석하여 Fig. 1에 나타내었다. 상대습도(Fig. 1(a))는 두 지역에서 모두 지속적인 건조화경향을 보였지만, 대구(약 $-8\%/45\text{년}$)가 추풍령(약 $-2.3\%/45\text{년}$)보다 연평균 상대습도의 감소가 뚜렷함을 알 수 있다.

이와 같은 건조화경향에 영향을 미치는 요인 중에서 먼저 기온의 장기적 변화경향(Fig. 1(b))을 살펴보면 양 지역에서 모두 승온화 경향이 있었음을 알 수 있다. 그런데 대도시인 대구의 기온상승 경향(약 $1.7\text{°C}/45\text{년}$)이 도시화의 진척이 낮은 추풍령(약 $0.4\text{°C}/45\text{년}$)보다 현저하게 높게 나타나서 도시화로 인한 기온상승효과가 상대습도의 감소에 크게 기여하고 있음을 확인할 수 있다. 상대습도의 변화에 영향을 미치는 또 하나의 요인인 대기 중에 포함된 수증기량의 장기적 변화경향을 살펴보기 위하여 두 지역의 수증기압을 계산하여 Fig. 1(c)에 제시하였다. 그 결과 두 지역 모두에서 수증기압의 장기적 변화경향은 거의 없는 것으로 평가되어 건조화에 미치는 대기 중 수증기량 변화효과는 매우 미미한 것으로 판단된다. 즉 두 지역에 나타난 연평균 상대습도의 장기적 감소경향은 주로 기온상승의 기인함을 알 수 있다.

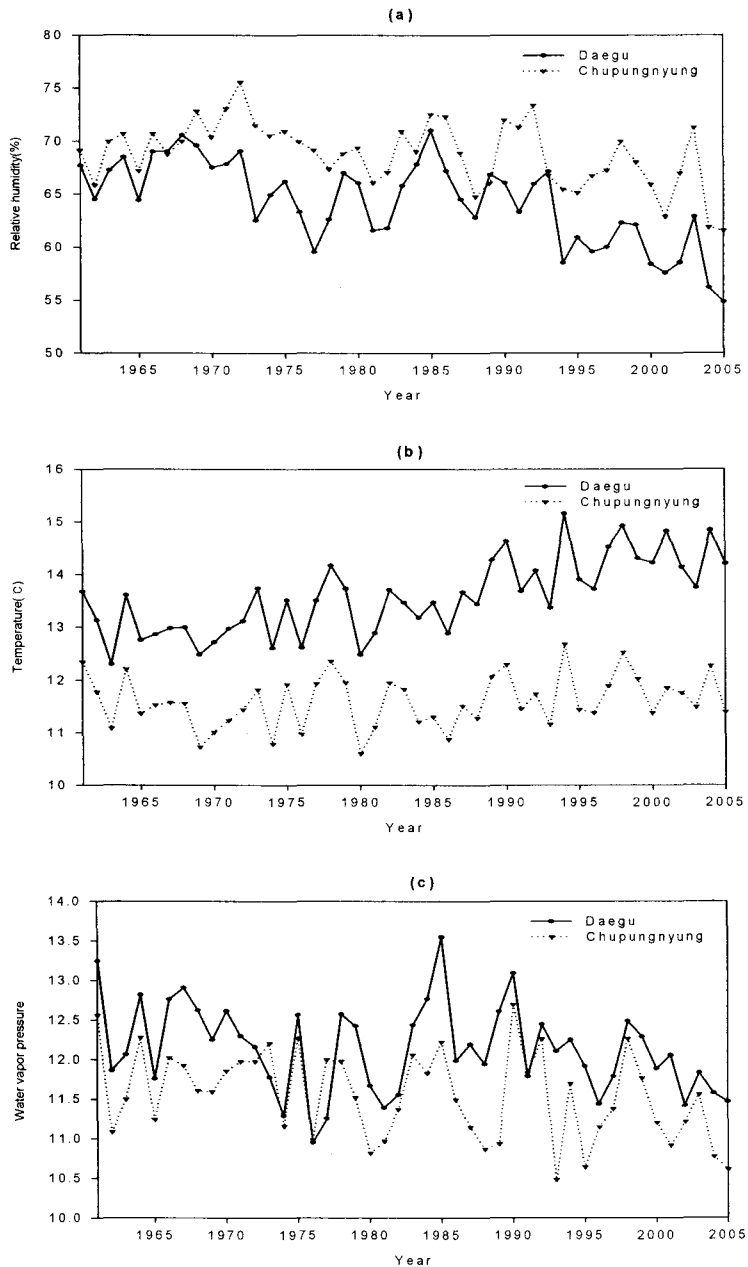


Fig. 1. The long-term variations of annual mean (a) relative humidity, (b) air temperature and (c) water vapor pressure in Daegu and Chupung nyung.

일본을 포함한 선진국의 대규모 도시는 도시화의 둔화, 인간 활동에 수반되어 대기 중으로 배출되는 수증기량의 증가, 도로변 건물의 고층화로 형성된 도로협곡의 발달로 인한 수증기확산의 저하 등으로 도시건조화의 둔화 혹은 습윤화의 경향을 나타내고 있다고 한다. 이와는 달리 대구는 도시건조화가 지속되고 있는 것으로 나타났다. 이는 대구만의 문제가 아니라 우리나라의 대부분의 도시에 해당하는 것으로 보인다. 이는 우리나라의 도시들은 여

전히 도시화의 영향을 강하게 받고 있음을 의미한다.

최근 지구온난화에 대한 적응전략의 하나로 도시열섬 완화대책 수립이 제시되고 있다. 우리나라의 도시는 선진국가의 도시들보다 도시화의 영향이 더욱 크게 지속되고 있는 것으로 평가되어, 향후 적극적인 도시승온화 저감노력이 요구된다. 이를 위해서는 도시녹화, 수변지대 확보, 인공열 저감 및 도시의 환기기능 확보 대책을 적극적으로 반영시키는 환경친화적 도시계획기법을 정책에 적극 반영해가야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 한국학술진흥재단 기초과학연구(과제번호: C00521)의 지원금으로 수행되었습니다. 재정지원을 해 주신 한국학술진흥재단 관계자 여러분에게 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

- Landsberg, H. E., 1979, Atmospheric changes in a growing community (the Columbia, Maryland experience). *Urban Ecology*, 4, 53-81.
- Lowry, W. P., 1977, Empirical estimation of urban effects on climate: A problem analysis. *J. Appl. Meteor.*, 16, 129-135.
- Howard, L., 1851, A companion to the thermometer, for the climate of London, Folio Broadside, reprinting a statement, dated 8 May 1820, Darton Company, Holborn Hill, London, pp.184
- 민경덕, 송사언, 1992, 한국 주요도시의 도시화에 의한 습도변화에 관하여. 이병곤 교수 화갑논문집, 29-55.
- 엄향희, 하경자, 문승의, 1996, 서울의 상대습도변화에 나타난 도시효과. *한국기상학회지*, 33(1), 127-135.
- Harada, A., 1985, Air pollution and Climate change. Tokyo Press, 222pp.
- Kondo, J. and T. Kueagata and S. Haginoya, 1989, Heat budget analysis of nocturnal cooling and daytime heating in basin, *J. Atmos. Sci.*, 46, 2917-2933.
- Deosthali, V., 2000, Impact of rapid urban growth on heat and moisture islands in Pune city, India, *Atmospheric Environment*, 34, 2745-2754.
- 추현아, 2002, 우리나라에 있어서 도시규모에 따른 도시건조화 유형에 관한 연구, 계명대학교 교육대학원 석사논문, pp.92
- Harada, T. and Nishioka, H., 2003, 地球温暖化と日本, 古今書院, pp.411