

자동차 주차문화가 도시기후환경에 미치는 효과에 관한 연구

박명희 · 김해동
(계명대학교 환경대학)

1. 서론

어떤 주어진 지역에 인구가 밀집화되고, 밀집된 인간이 생활을 영위하기 위하여 주택을 짓고 산업시설을 건설해가는 과정을 도시화라고 한다. 이러한 도시화 과정에서 나타나는 가장 뚜렷한 기후현상의 변화가 도시지역의 급격한 기온상승이다. 어느 지역에 도시가 발달하게 되면 그곳의 기온이 인근에 위치한 교외지역에 비하여 온도가 높게 형성되는 것을 확인할 수 있다. 이러한 현상을 도시열섬(Heat Island)이라고 부른다. 그리고 도심과 교외간의 온도차이를 도시열섬 강도(Heat Island Intensity)라고 한다. 도시화가 진척될수록 도시열섬 강도가 커지는 것이 일반적인 현상이다.

도시열섬은 도시의 건설을 위하여 자연환경을 인공구조물로 변화시킨 결과의 총체적 반영이라고 말할 수 있다. 도시열섬 형성에 가장 중요한 원인은, 도시에 건설되는 인공구조물에 있다. 녹지와 물이 있는 자연상태의 토지에 아스팔트나 콘크리트 구조물을 건설하면, 자연상태 그대로 있는 토지와는 상이(相異)한 기후가 나타나게 된다.

도시열섬 형성의 두 번째 원인은 도시에서는 지면에 도달한 태양에너지가 물의 증발에 소비되는 비율이 낮아지는 것에 있다. 농촌에서는 아침에 식물에 맺힌 물방울, 이슬 그리고 서리 등을 증발시키고 나뭇잎의 증산작용과 지면의 물을 증발시키는 데에 이용되는 태양에너지가 도시에서는 건조물을 가열하는 데에 대부분 쓰인다.

도시열섬이 유발되는 세번째 원인은 인간생활의 결과로 발생하는 폐열의 발생이다. 이를 인공열(anthropogenic heat)이라고 한다. 도시에서 생성되는 주요 인공열로는 공장에서 배출되는 열, 주거지와 상가에서 이루어지는 냉난방 및 취사과정에서 배출되는 열이 있으며, 자동차에서 배출되는 배기열이 있다. 이러한 인공열은 개인의 사용 에너지량과 인구밀도에 영향을 받으며 도시 내의 난방, 냉방, 산업, 수송, 조명을 위해 소비되는 모든 에너지와 관련된다.

도시열섬화 현상은 도시민의 노력으로 상당 부분 억제가 가능하다. 덥고 햇볕이 강한 여름철에 낮기온을 낮추기 위해서는, 그늘을 만드는 나무를 심고 증발로 인한 냉각 효과를 증대시키기 위하여 거리에 물을 뿌리는 일 이외에도 건물이나 지표면의 햇볕

에 대한 반사도를 높이는 것이 필요하다. 반사도를 높이기 위해서는 건물의 지붕이나 벽에 밝은 색의 페인트를 칠하거나, 어두운 건물의 벽면에 담쟁이 식물을 이용하여 녹화를 하는 방법이 있다.

여름에 도시녹지는, 낮 동안에는 증발산작용을 통하여 도시기온을 냉각시키고 지표에 음지를 만들어 지표온도상승을 억제시킴으로써 야간의 열대야현상을 억제하는 역할을 한다. 아울러 녹지는 아스팔트에 비하여 반사도가 크기 때문에 태양에너지의 흡수량을 저감시켜 지표면과 하층대기의 기온상승을 억제시키는 역할을 하기도 한다.

도시생활에서 실천할 수 있는 도시승온화 억제대책의 하나로 자동차 주차문화의 개선을 생각할 수도 있다. 아스팔트로 덮인 지상의 주차장과 주차된 차량은 소규모의 온실작용을 하여 지표면의 온도를 높이고, 여름철 양지에 주차된 차량 내부의 고온화는 차량운행 시에 실내기온의 저감을 위해서 더욱 많은 양의 냉방에너지를 소모하여야 한다. 따라서 지상의 주차장을 지하주차장이나 차고로 대체함으로써 도시승온화 억제에 기여할 수 있는 것이다.

이러한 배경에서, 본 연구에서는 여름철 실외 주차로 유발되는 지표온도상승효과와 차량 내부온도상승에 따른 냉방에너지 소요량을 정량적으로 평가하여 보고자 한다.

2. 연구방법

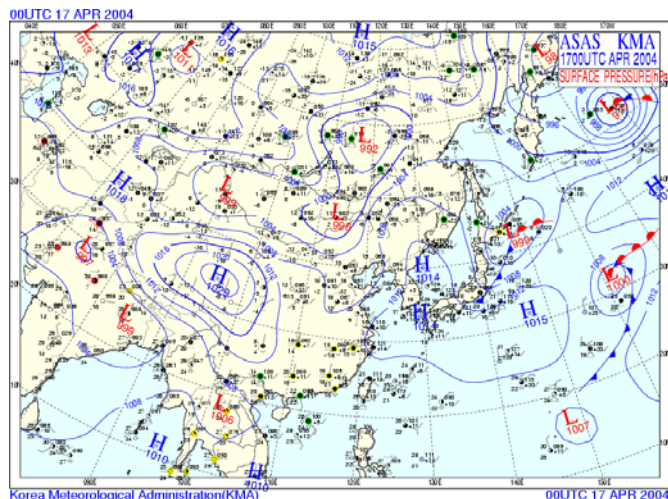
2.1 관측

여름철 실외 주차로 유발되는 지표온도상승효과와 차량 내부온도상승에 따른 냉방에너지 소요량을 정량적으로 평가하여 보기 위하여, 계명대학교 대구성서캠퍼스 환경대학 건물 주차장에서 자동관측과 수동관측을 병행하여 필요한 자료를 27시간 연속 측정하였고 측정에 사용된 차량은 흰색 중소형 승용차를 사용하였다. 관측된 자료는 차량상관온도, 아스팔트표면온도, 나대지온도, 차량 내부온도 및 풍속이다. 표면온도는 적외선복사온도계를 이용하였고, 차량내부의 온도, 기온 및 풍속은 미국 Campbell사에서 제작한 기온측정센서 및 풍향풍속계로 측정하였다. 지표면온도는 양지와 음지에서 비교 관측하였다.

관측은 2004년 4월 16일 12시에서 다음 날 14시까지 27시간 연속으로 이루어졌으며, 기온과 풍속측정 고도는 백엽상 높이와 같이 지상 1.5미터로 하고, 온도계 센서가 일사 및 지열에 직접 노출되지 않도록 차단용 틀을 설치하였다.

관측일(4월 16일~17일)의 부산지역의 날씨는 구름이 거의 없었으며, 바람은 약한 편

이었다. 그리고 기온은 높아 일최고기온이 24℃에 이르렀다. 참고로 이날의 지상일기도를 그림 1에 제시하였다. 우리나라는 동서고압대의 후면에 자리 잡고 있는데, 등압선의 간격이 매우 커서 약풍의 청명한 일기가 출현하였음을 추정할 수 있다.



[그림 1. 관측이 이루어진 2004년 4월 17일 00UTC의 지상일기도]

2.2 연구방법

지표의 토지피복도의 차이가 도시의 열환경에 미치는 효과를 분석하였다. 지표면이 각각 아스팔트, 나대지 및 차량으로 덮여 있을 시에 지표면과 대기간의 현열교환량의 차이를 평가하였다. 현열교환량을 추정함에 있어서는 다음과 같은 bulk식을 이용하였다.

$$H = C_p \rho C_H U (T_s - T_a) \quad (1)$$

여기서, C_H 는 bulk 수송계수, U 는 풍속(m/s)인데 이들의 곱인 $C_H U$ 를 현열의 수송속도라고 부른다. 현열의 수송속도는 Kondo(1993)의 방법을 따라서 선택하였다. T_s 는 표면온도(℃), T_a 는 기온(℃), C_p 는 공기의 정압비열(1004J/(K·kg)이다.

그리고 양지와 음지에 주차된 차량의 차량내부온도변화자료를 이용하여, 각 시간대

에서 양지에 주차된 차량을 운행할 시에 음지에 주차시킨 차량의 내부온도와 같게 만 들어주기 위해서 필요한 냉방에너지의 량을 추정하여 제시하였다. 소요냉방에너지의 추정방법은, 동일 시간대에 양지와 음지에 주차해 둔 차량 내부온도의 차이에 1500CC 급의 준중형 차량의 내부공간의 체적과 공기의 체적열용량 ($C_p\rho=1.21\times 10^3JK^{-1}m^{-3}$)을 곱하여 얻었다.

3. 결론

도시승온화를 억제할 수 있는 대응책의 하나로 도시공간에서의 주차공간 개선이 제안되고 있다. 이러한 주차공간의 개선을 통하여 실제로 도시승온화에 기여할 수 있는 효과를 정량적으로 평가하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 계절적으로 봄에 해당하는 4월중에 관측이 이루어져 지면도달 일사량의 양은 하계에 비하여 많지 않았음에도 불구하고, 도시의 지표면 조건에 따른 지면온도에는 큰 차이가 있음을 확인할 수 있었다. 즉, 나대지의 지표면온도는 관측기간 중의 한낮에 30~37℃정도 상승하였지만, 아스팔트 표면온도는 37~46℃ 그리고 차량상판의 온도는 42~49℃까지 상승함을 확인할 수 있었다.

둘째, 아스팔트 상에 차량을 주차함으로써 지표면온도를 상승시키는 효과를 유발할 수 있는데, 차량상판에서 대기 중으로 수송되는 현열의 양이 주차되지 않은 아스팔트 면에서 대기 중으로 수송되는 것 보다 많았다. 그 차이는 대체로 오전 11시에서 오후 4시에 걸쳐서 각각 약 50, 60, 30, 30, 20, 20 W/m^2 정도로 평가되었다. 이로부터, 우리나라 전체 등록차량이 준중형급 승용차로 가정하고 이것의 10%가 아스팔트 양지 상에 추가로 주차되어질 때 대기는 지표로부터 오전 11시에서 오후 4시 사이에 약 $756\times 10^{10}kJ$ 의 에너지를 추가로 받음을 추정할 수 있다. 이것은 하루에 52.5리터의 물을 대기 중으로 증산(28,350kcal/day의 열량 소모)시킬 수 있는 15년생 느티나무 약 6만1천 그루가 하루 동안에 대기를 냉각시키는 양에 상당한다.

셋째, 양지주차로 차량 내부온도도 고온으로 가열되어진다. 이러한 차량을 운행할 때에는 내부온도를 낮추기 위하여 더욱 많은 냉방에너지를 소비하게 된다. 양지에 주차하여 차량내부가 승온화 된 차량 내부온도를 음지에 주차하여 둔 차량의 내부온도와 같게 하기 위하여 소모되는 에너지 양을 추정한 결과, 차량내부공간면적이 약 4.2 m^2 인 준중형차의 경우에 오전 11시에서 오후 4시 사이에는 약 65~105KJ의 냉방에너지가 추가로 소비됨을 알 수 있었다. 우리나라의 등록차량을 전부 준중형차로 가정

하고, 이들 차량의 10%가 오전 11시에서 오후 3시 사이에 하루에 1차례만 추가로 양지주차 후에 운행을 재개하면서 냉방을 할 경우에 음지 주차 후 운행 차량에 비하여 추가로 약 $9.8 \times 10^7 \sim 11.6 \times 10^8$ KJ의 에너지가 소비됨을 확인 할 수 있었다.

도시와 같은 협소한 공간에서 주차공간을 음지로 만듦으로써 에너지절약을 실천하고 도시기온 저하에 기여할 수 있음을 확인할 수 있었다. 최근 도시승온화 억제를 위하여 도시녹화에 많은 예산을 투입하고 있다. 물론 도시 녹지화는 도시승온화 억제효과 뿐만 아니라, 도시인의 심리적 안정에도 크게 기여하기 때문에 지속적인 추진이 필요할 것이다. 그러나 도시공간에서 양지에 한낮에 차량을 6시간에 걸쳐서 20여대의 주차로 15년생 느티나무 한 그루가 하루 종일 증발산을 통하여 저하시킨 기온을 온전히 상쇄시킬 수 있음을 확인할 수 있었다. 이러한 배경에서, 도시승온화의 억제를 위한 대책의 하나로 주차공간의 개선을 추진하여야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(과제번호 R01-2002-000-00020-0)의 지원금으로 수행되었습니다. 재정지원을 해 주신 한국과학재단 및 기타 관계자 여러분에게 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

- 도시기후학, 이현영 번역, 대광문화사, 1983, 303pp.
- 대기오염개론, 김유근, 이화운 저, 시그마프레스, 1999, 280pp
- 기후학입문, Mizukoshi 저, 고금서원, 188pp.
- 김해동, 이송옥, 구현숙, 2002, 대규모 주택단지내의 인공구조물에 의한 승온화효과에 관한 연구, 한국환경과학회지, 제12권 705-713.
- Yamashita, S., 1988, Some studies of heat island in Japan-with special emphasis of the climatological aspects, *Georg. Rev. Japan*, 61, 1-13.
- Grey, G.W. and F.J. Deneke, 1986, *Urban Forestry*(2nd ed.), Newyork: Wiley
- Ishi, T. and J. Kondo, 1993, The seasonal variation of the oceanic heat transport in the East China Sea, Yellow Sea and Sea of Pohai, *Tenki*, 40, 895-906.
- Sugawara, H. and J. Kondo, 1995, Sensitivity test of urban surface temperature, *Tenki*, 42, 813-820.