

GE1) 도시열섬과 인공열에 따른 기상장 수치모의

A Numerical Simulation of the Atmospheric Fields Related to Urban Heat Island and Anthropogenic Heat Flux

이 화 운 · 김 유 근 · 원 경 미 · 김 미 향 · 임 윤 규
부산대학교 대기과학과

1. 서 론

도시화가 진행될수록 인구 집중과 고층 건물의 점유 증가를 초래하고 이로 인해 도심내 공장의 증가, 자동차의 폐열량 증가, 겨울철 연료와 여름철 냉방에 의한 에너지 사용량이 증가된다. 이때 방출된 열원으로 인해 도시 열섬의 강도는 커지게 된다.

단위면적에 대해 방출되는 열플럭스가 도시마다 큰 차이를 보이는데(Landsberg, 1981) 시드니 외곽부에 비해 도심내의 연간 에너지 사용량이 360배에 달한다는 것을 보였다. Saitoh *et al.*(1996)의 연구에 따르면 높은 고층 건물의 점유 증가에 따라 단위면적당 열저장 효과와 냉방 부하와 에너지 소비량의 증가로 인해 2031년 도쿄 지역의 온도분포를 수치 시뮬레이션한 결과 도쿄 중심부의 온도가 15K 정도 높아짐을 보였다.

따라서 이러한 도시 열섬에 따른 증가된 인공배열량의 영향을 고려하여 도심내의 온도장 분포의 변화와 이에 따른 지역규모 기상장을 수치모의 하기 위하여 본 연구에서는 도시 인공 배열량 산정과 도시 열섬 효과의 정밀한 추정을 통한 정보를 이용하여 이들의 영향을 알아보고 이것을 기상장 모형에 고려하여 그 결과를 수치모의를 통하여 예측하였다.

2. 수치모의 방법

본 연구에서는 도시의 지표면 상태 변화와 인공열 배출에 따른 열적 특성이 기상장 변화에 미치는 영향을 밝히고 예측하는 것을 목적으로 하였다. 이를 위하여 도시의 지표면 상태와 인공열 배출량에 의한 지표면 온도장 변화와 기상장 변화를 수치모의하였다.

기상장 수치모델링의 대상으로 한 계산 영역은 부산광역시로서 기초 방정식계는 지형의 기록에 관계없이 계산할 수 있는 지형 좌표계(z' 좌표계)를 사용한 운동 방정식, 온도 방정식, 비습 방정식, 연속 방정식, 정역학 방정식, 지중 온도 방정식으로 구성된 3차원 해류풍모델을 사용하여 계산하였고 지표면 온도는 인공열속을 고려하는 지표면 열수지 방정식을 사용하여 계산하였다. 수치모의의 실행은 성긴 격자 영역과 상세 격자 영역으로 나누어 실행하는 nesting 방법을 사용하였다.

도시화 효과를 보기 위해 1999년 1년 동안 부산지역 18개 지점의 자동기상관측장비(AWS: Automatic Weather Station) 관측자료를 이용하여 기온의 일변화와 계절변화를 분석하였고 도시의 열섬 강도와 이동을 살펴보기 위해 도심내 각 지점과 시골 지역인 지점과의 기온차이를 분석하였다.

또한 도시 열원효과를 산정하기 위해 도시개발로 인한 총체적인 지표면의 변화에 관한 정보를 제공하는 지리정보시스템(GIS: Geographical Information System)의 digital data를 이용하여 지표면 상태를 분석하고 건물, 차량으로부터 도시 인공배출량을 산정하여 수치모델의 실행시 이용하였다.

그리고 시간별 온도분포와 열섬강도의 분포로부터 도시와 시골의 온도차($\Delta\theta$)와 일출 후 온도증가($\Delta\theta_L$)(Yoshikado, 1992)를 각각 6K와 0K, 2K와 4K, 3K와 3K로 두어 기상장의 변화를 수치모의하였다. 또한 열섬순환과 해풍과의 관계의 알아보기 위해 $\Delta\theta$ 를 변화시켜 바람장의 변화를 수치모의 하였다.

3. 결과 및 고찰

부산은 모든 계절에 걸쳐 열섬 현상이 나타났으며 주간에 비해 야간에 열섬 강도가 크게 나타났다(한영호 등, 1993). 그림 1은 1999년 AWS 자료로부터 가장 강한 열섬이 나타나는 겨울에 시간별 온도의

열섬 강도의 분포를 나타낸 것이다. 최대 열섬을 보이는 곳은 시간에 따라 다르다. 밤에는 최대 열섬은 해안 주변지역에 위치했는데, 비열이 높은 해수온도의 영향을 많이 받은 것으로 연안지역의 지형적 특성으로 해석할 수 있어 내륙 도심의 열섬현상과 다소 구별할 필요가 있었다(홍정혜, 2000). 해안 지점을 제외하고는 주로 대상지역의 도심에 위치한 상업지역, 주거지역, 공단지역의 온도가 높았다. 일출 후 해풍이 불기 시작하면 열섬이 육지쪽으로 이동하여 들어간다. 오후 2시경 상가 밀집지역이고 교통량이 많은 중앙동지역에서 최대열섬이 나타나고 도시화가 진행 된 동래와 해운대에서도 강한 열섬을 보였다.

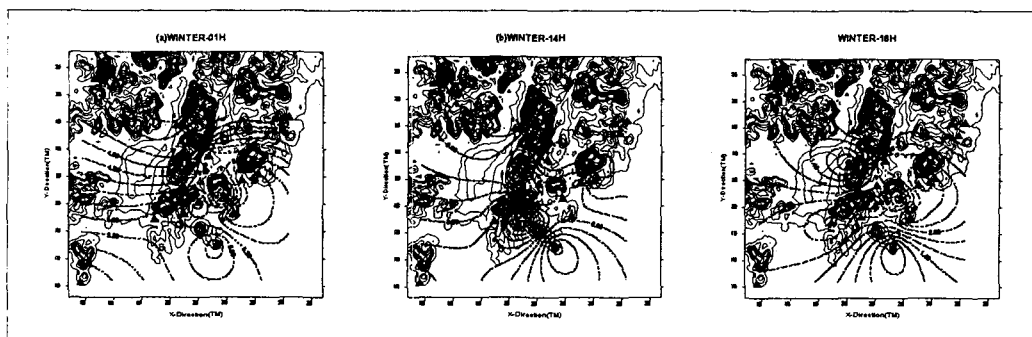


Fig. 1. Temperature difference(°C) between Rural area and Pusan (winter, 1999). (a)01h (b)14h (c)18h
 1.Senglim 2.PRMA(Pusan Regional Meteorology Office) 3.Sinpyung 4.Gaekum 5.Pusanjin
 6.Daeyean 7.Youngdo 8.Pukgu 9.Dongrae 10.Suyoung 11.Haeundae 12.Kumjung
 13.Kijang 14.Illkwang 15.Hwamyung 16.5th pier 17.Yongho 18.Haeundae2 19.Gadukdo

$\Delta\theta$ 와 $\Delta\theta_L$ 를 변화시켜 지형적 특성으로 나타나는 국지풍 순환과 열섬현상과의 관계를 수치모의의 결과와 $\Delta\theta$ 와 $\Delta\theta_L$ 의 합이 같은 값을 가질 때 유사한 바람장을 보였다. 이는 열섬순환의 강도 결정시 운동에너지로 전환되어지는 일출 후 온도증가가 중요한 영향을 줄 수 있었다. 또한 $\Delta\theta$ 를 변화시켜 기상장의 변화를 수치모의의 결과 도시열섬이 해풍의 내륙 침투를 지연시키고 열섬강도가 클수록 상층의 바람장까지 영향을 주고 최대풍속을 증가시킬 수 있었다.

참 고 문 헌

한영호, 김보현, 이동인 (1993) 부산지역 도심지의 열섬현상과 기온변화에 관한 연구, 한국 기상학회지, 29, 3, 205~216
 홍정혜 (2000) 『도시의 열적 특성과 인공구조물에 의한 바람장수치모의』, 부산대학교 대학원 박사학위 논문
 Landsberg. H. E. (1981) The urban climate, Academic Press, Inc.
 Yoshikado. H. (1992) Numerical Study of the Daytime Urban Effect and Its Interaction with the Sea Breeze, *Journal of the Applied Meteorology*, Vol. 31, pp. 1146-1164
 Saitoh. T. S. and Shimada. T. and Hoshi. H. (1996) Modeling and Simulation of the Tokyo Urban Heat Island, *Atmospheric Environmental*, Vol. 30, No. 20, pp. 3431-3442