

CA4) 도시화에 의한 지표면 상태 변화와 인공열이 바람장에 미치는 영향에 관한 수치 시뮬레이션

Numerical Simulation of Effect of Urban Land-use and Anthropogenic Heat on Wind Field

김유근 · 이화운 · 홍정혜
부산대학교 대기과학과

1. 서론

도시기상의 원인으로는 지표면 상태의 변화, 인공구조물과 인공열 방출을 들 수 있으며 그 외 오염물질 또한 하나의 원인이다. 도시의 낮은 함수율의 지표면 증가는 증발산 영역을 감소시켜 결과적으로 잠열방출을 감소시키고 현열을 증가시킨다(Tapper, et. al., 1981). 또한 도시의 배수시설은 유입된 강수의 흐름을 시골보다 짧은 기간 머무르게 하여 도시에서 낮은 절대 습도를 가지게 한다.

도시의 기상학적 특성을 결정짓는 또 다른 요인은 빌딩과 같은 도시내의 인공 구조물이다. 인공구조물은 저층 대기 흐름에 대해 마찰력을 증가시켜 현저한 대기 흐름의 변화를 가져오고 이것은 도시내의 열적인 요소와 함께 도시 중심 풍하측에서 뚜렷한 수렴 영역을 만든다(Kropfli and Kohn, 1977; Wong and Dirks, 1978).

인간활동에 의한 인공열의 증가도 도시 특유의 기상을 형성하는데 기여한다. 인공열은 대도시의 경우 순태양복사량의 15%정도를 차지하며 도시 중심과 시골의 온도차를 주중과 주말에 대해 살펴보면 주중이 주말의 2배 정도라는 연구 결과는 인공열이 도시 기상에 미치는 영향이 매우 크다는 것을 나타낸다.

본 연구에서는 도시화에 의한 지표면 상태 변화와 인공열 방출이 바람장에 미치는 영향을 정량적으로 고찰하는 것이 목적이다. 부산을 대상으로 도시의 지표면 상태와 지표면에서의 인공열 방출을 고려한 열수지 수치모형을 구축하여 지표면에서의 열수지를 계산한 후 바람장 모형과 접합하여 지표면의 상태 변화와 인공열 방출이 바람장에 미치는 영향을 수치 시뮬레이션하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 열수지모형

산지지형과 연안역을 포함하는 복잡한 도시는 균질한 지표면을 가지고 있지 않다. 따라서 한 계산격자를 하나의 피복상태로 결정할 경우 계산 결과는 많은 오차를 포함한다.

이러한 문제를 극복하기 위하여 아격자내의 지표면 상태를 조사하여 지표 피복 종류별 격자내 점유율을 고려하여 플럭스를 계산하였다. 열수지 계산 격자간격 1km×1km를 100m×100m로 세분하여 각 계산 격자내의 임의 지표 피복 상태의 점유율을 고려하여 현열 플럭스와 잠열 플럭스 및 지중열 플럭스를 아래와 같이 계산 하였다.

$$[H]_G = \sum_i A_i [H]_i / G \quad (1)$$

$$[LE]_G = \sum_i A_i [LE]_i / G \quad (2)$$

$$[S]_G = \sum_i A_i [S]_i / G \quad (2)$$

여기서, $G = \sum_i A_i$, $[H]_G$ 와 $[LE]_G$ 그리고 $[S]_G$ 는 각각 하나의 계산 격자내 평균되어진 현열 플럭스와 잠열 플럭스 그리고 지중열 플럭스이다. A_i 는 지표면 피복 상태 i 에 의해 점유되어진 면적을 나타낸다.

2.2 바람장모형

바람장 모형은 정역학 가정을 한 비압축성 운동방정식(3개), 연속방정식(1개), 운위방정식(1개), 비

습방정시(1개)로 구성된 PNU_MCM (Pusan National University _ Mesoscale Circulation Model) 바람장 모형을 이용하였으며 위에서 언급한 지표면 열수지 모형으로부터 계산된 온도가 각 계산 단계마다 주어진다.

2. 3 입력조건

인공열은 부산에서 운행되는 차량과 건물로부터 방출되는 량을 시간대별로 산정하여 각 격자마다 입력해 준다(그림 1). 지표면 피복상태는 하나의 격자를 100m×100m로 세분하여 단위 격자내 논, 밭, 과수원, 산림, 건물용지, 수면 그리고 늪의 7종류 지표면 피복 상태 비율을 구하였다. 거칠기 길이와 토양의 열전도도, 토양의 비열, 알베도, 토양의 밀도, 부분 상대습도는 토지 이용에 따라 (Ichinose et. al., 1997, Rachele and Tunick, 1994) 적용하였다.

3. 결 과

도시화에 의한 지표면 피복 상태 변화와 인공열 방출이 대기경계층내의 바람장에 미치는 영향을 고찰하기 위하여 부산의 현재 지표면 피복 상태에서의 수치 시뮬레이션 결과(도시)와 현재의 지표면 피복 상태에서 건물용지를 '밭'이라고 가정한 지표면 피복 상태에서의 수치 시뮬레이션 결과(시골)의 풍속의 수평 성분 차이를 구하였다.

그림 2 (a)는 해풍이 발달한 1400LST의 풍속차이로서 도시화에 의해서 전체적으로 풍속이 증가하였으며 최대 1.55m/s의 증가가 나타났다. 풍속의 증가는 남부 해안선 부근 그리고 서면과 동래 지역의 왼쪽 금정산과 경계를 이루는 지역에서 뚜렷하다. 그림 2 (b)는 육풍이 부는 0300LST의 풍속차이인데 도시화에 의한 지표면 온도상승 때문에 전체적으로 풍속이 감소하였다. 하지만 감소폭은 해풍의 증가폭보다는 작았고 최대 0.9m/s의 감소가 나타났다.

그림 3은 인공열이 방출되었을 때와 방출되지 않았을 때의 풍속차이를 나타낸 것으로 인공열이 바람장에 미치는 영향을 나타낸다. 그림 3(a)는 1400LST의 풍속 차이로서 인공열 방출에 의하여 해풍은 최대 0.05m/s 강해지고 그림 3(b)는 0300LST의 풍속 차이로서 인공열 방출에 의하여 육풍은 0.01m/s 약해졌다.

4. 결 론

도시화에 의한 바람장의 변형은 도시내의 지표면 피복 상태의 변화와 인간활동에 의한 인공열 방출에 의해서 일어날 수 있고, 부산은 현재, 인공열의 방출보다는 지표면 피복 상태 변화가 미치는 영향이 더 큰 것으로 나타났다. 이러한 연구는 지표면 피복 상태의 변형이 불가피한 그린벨트 해제에 따른 토지개발에 의한 기상변화를 예측하는 기상 영향평가 등에 활용 가능할 것이다.

참 고 문 헌

- Ichinose, T., K. Shimodozono and I. uno and K. Hanaki (1997) Upgrade of surface boundary condition for numerical simulation of urban climate based on very precise geographic information, Tenki(Bulletin Journal of the Meteorological Society of Japan) 44, 785-797.
- Kropfli, R. A. and N. M. Kohn (1977) Persistent horizontal rolls in the urban mixing layer as revealed by dual-doppler radar. Preprint Sixth Conf. Planned Inadvertent Weather Modification, Urbana, Amer. Meteor. Soc., 13-16
- Rachele H. and A. Tunick (1994) Energy balance model for imagery and Electromagnetic propagation, J. Appl. Meteor. 33. 964-976.
- Tapper, N. J., P. D. Tyson, I. F. Owens and W. J. Hastie (1981) Modeling the winter urban heat island of Christchurch, New Zealand. J. Appl. Meteor. 20. 4. 365-376.
- Wong, K. K. and R. A. Dirks (1978) Mesoscale perturbations on air flow in the urban mixing layer. J. Appl. Meteor., 17. 677-688

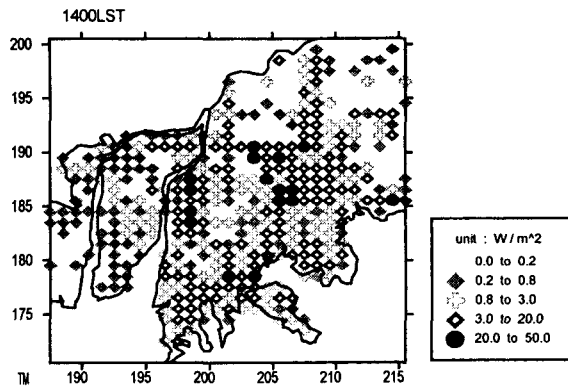


Fig. 1. Mean anthropogenic heat flux during summertime in Pusan (unit: $m s^{-1}$)

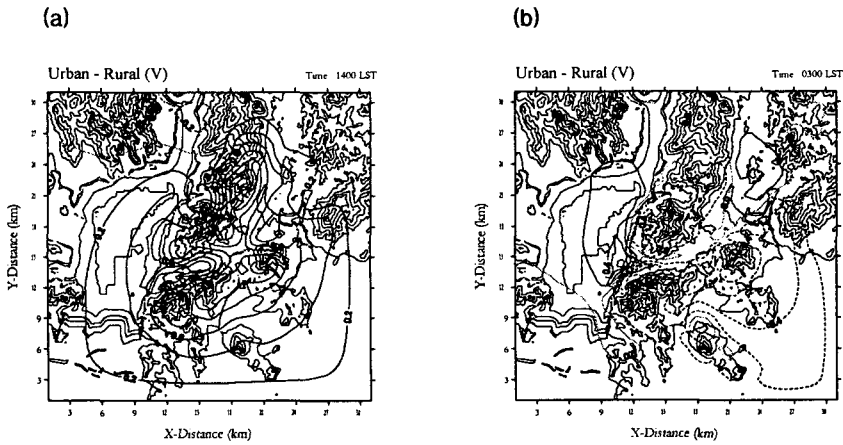


Fig. 2. Difference of wind speed due to urban land-use and anthropogenic heat in Pusan (unit: $m s^{-1}$)

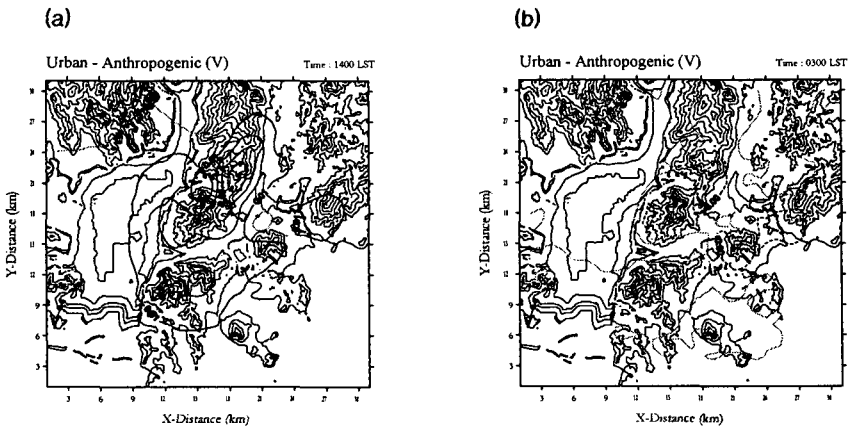


Fig. 3 Difference of wind speed due to anthropogenic heat (unit: $m s^{-1}$)