

3B3) 호수주변지역의 열환경 변화에 따른 도시 냉각효과 수치모의 Numerical simulation of urban cooling effect by thermal environment of Lake area

이 화 운, 오 은 주, 김 민 선
 부산대학교 대기과학과

1. 서 론

도시가 개발됨에 따라 녹지 등의 자연지면이 포장지면으로 바뀌고, 대량의 열과 오염물질이 대기중으로 배출되고 있다. 그 결과 도시는 주변지역보다 온도가 높은 고온화 현상, 풍속의 감소와 함께 운량, 안개일수, 강수량의 변화, 지표면의 증발량 감소에 의한 상대습도의 저하 등의 도시의 고유한 기후특성을 가진다. 이러한 도시의 기후특성 중 가장 뚜렷한 특징은 기온의 고온화현상이다. 기존의 도시기후에 대한 연구는 이러한 열섬현상에 대한 활발한 연구(Suhail M. Khan and Rod W. Simpson, 2001)가 행해지고 있다. 그러나 이에 반해 도시의 냉각효과에 대한 연구는 미흡한 실정이며, 정부의 정책 또한 도심에 가로수를 심는 것과 같은 소극적인 대처에 그치고 있다. 따라서 본 연구에서는 호수주변지역을 대상으로 도시개발에 따른 미기상의 변화를 대기모형을 통하여 예측하여, 보다 효과적인 도시개발에 기여하고자한다.

2. 수치모델

본 연구에서 사용된 수치모델은 표1과 같다.

Table 1. Sub-model used in each calculated region

Region	Large	Middle	Small	Development
basic equation	hydrostatic	nonhydrostatic		
surface energy budge model	single layer vegetation		multi layer vegetation urban canopy model	
surface boundary	bulk method		flux method	
lateral boundary	gradient=0		nested technique	

본 연구에서 사용된 large region의 기본 방정식은 다음과 같다.

운동방정식

$$\frac{du}{dt} = r_w f v - r_x c_p \theta \left(\frac{\partial II}{\partial x} + G_2 \frac{\partial II}{\partial z^*} \right) + D(u) - r_v (C_{DB} \xi_u A(z) + C_{DF} \eta \alpha(z)) u \sqrt{(u^2 + v^2)} \quad (1)$$

$$\frac{dv}{dt} = r_w f u - r_y c_p \theta \left(\frac{\partial II}{\partial y} + G_3 \frac{\partial II}{\partial z^*} \right) + D(v) - r_v (C_{DB} \xi_v A(z) + C_{DF} \eta \alpha(z)) v \sqrt{(u^2 + v^2)} \quad (2)$$

$$\frac{dw}{dt} = g \left(\frac{\theta'}{\phi} + 0.608 q' v \right) - r_{xc} \theta G_1 \frac{\partial II}{\partial z^*} + D(w) \quad (3)$$

연속방정식

$$\frac{\partial r_x u}{\partial x} + \frac{\partial r_y v}{\partial y} + \frac{\partial r_z w^*}{\partial z^*} + G_2 \left(\frac{\partial r_x u}{\partial z^*} - \frac{\partial r_z u}{\partial z^*} \right) + G_3 \left(\frac{\partial r_y v}{\partial z^*} - \frac{\partial r_z v}{\partial z^*} \right) - \frac{1}{z^* - s} (G_2 r_z u + G_3 r_z v) = 0 \quad (4)$$

온위방정식

$$\frac{d\theta}{dt} = D(\theta) + r_v \frac{1}{\rho_a c_p} (H_B + H_F + H_A) \quad (5)$$

비습방정식

$$\frac{dq_v}{dt} = D(q_v) + r_v \frac{1}{\rho_a L_w} (L_w E_B + L_w E_F + L_w E_A) \quad (6)$$

난류에너지방정식

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \left(\frac{q^2}{2} \right) = & D \left(\frac{q^2}{2} \right) + r_v G_1 \left(- \overline{u'' w''} \frac{\partial u}{\partial z^*} - \overline{v'' w''} \frac{\partial v}{\partial z} \right) + r_v \beta g \overline{w'' \theta''} - r_v \frac{q^3}{B_1 l} \\ & + r_v C_{DB} A(z) (\zeta_{id} |u|^3 + \zeta_{id} |v|^3) + r_v C_{DF} \eta \alpha(z) (|u|^3 + |v|^3) \end{aligned} \quad (7)$$

난류길이 규모방정식

$$l = \frac{kz}{1 + \frac{kz}{l_0}}, \quad l_0 = 0.1 \frac{\int_{\infty}^0 zq dz}{\int_{\infty}^0 q dz} \quad (8)$$

3. 계산 영역과 조건

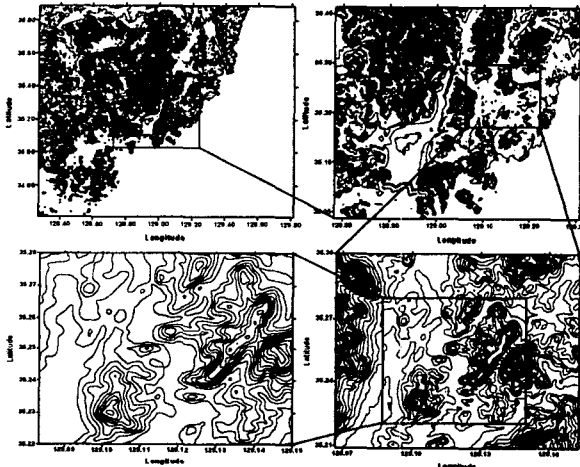


Fig 1 Calculation region.

본 연구에 사용된 4가지 domain 영역을 그림 1에 나타내었다. 4개의 계산 영역에 초기풍속을 0으로 두었으며, 온위의 초기값은 해면고도에서 298K이며, 4개의 계산 영역에 높이에 따라 0.005K/m로 일정한 비로 두었다. 고도 2000m까지는 상대습도를 50%로 두고 그 이상에서는 20%로 두었다. 난류변수의 초기값은 난류종결 level2 모델로 결정하였다. 지표온도와 지표비습은 4개의 영역에 대해서 ground surface heat budget 방정식을 이용하였으며, 도시 캐노피 모델과 다층 식생 모델로도 결정하였다.

온위, 비습, 풍속의 저면경계조건은 Monin-Obukhov의 상사이론으로 결정하였다. 모든 변수는 gradient=0으로 두

어 large region의 lateral 경계를 두었다. 다른 region의 lateral boundary는 one-way nesting을 이용하였으며, 복잡한 지형을 정확하게 표현한다.

전형적인 여름날 아침8시부터 48시간 수행하였으며, 4개의 region을 하나씩 계산하였고, 한시간마다 계산결과를 저장하였다. 측면경계는 내삽하였다. 또한 모든 도메인에서 질량보존법칙을 만족하기 위해서 풍속성분인 u,v의 시간경향에 대해 조절을 수행하였다.

4. 요약

본 연구는 기존의 도시열섬 현상을 조사하고 분석하는 기존의 연구방법과는 달리 호수주변지역을 도시로 개발하거나 또는 도시내 인공적인 거대 호수를 개발하므로써 도시열섬을 자연적으로 예방하는 것을 목적으로 한다.

참고 문헌

- Makoto Yokohari, Robert D. Brown, Yoshitake Kato, Shori Yamamoto, 2001. The cooling effect of paddy fields on summertime air temperature in residential Tokyo, Japan. *Landscape and urban planning*. 53, 17-27
- Suhail M. Khan and Rod W. Simpson, 2001, *Effect of a heat island on the meteorology of a complex urban airshed*. *Boundary-Layer Meteorology*. 100, 487-506