

이 화운, 김 유근, 장 은숙

부산대학교 자연과학대학 대기과학과

1. 서론

대기 오염 현상은 도시 규모가 광역화 되어감에 따라 더욱더 심각해지고 있고, 이들의 현상을 파악하기 위한 3차원적인 관측 및 수치 모의에 의한 예측은 아직 미비한 실정이다. 우리나라에서도 국지 규모의 해륙풍에 대한 수치 모의 및 대기 오염 물질의 농도 예측에 관한 연구가 보고된 바 있으나, 복잡한 지형적 특성을 가지고 있는 대규모의 도시 지역에서 중규모 국지 순환과 관련된 대기중에서의 확산, 침적, 화학 반응을 고려한 주요 대기 오염 물질의 농도가 예측되어진 경우는 거의 없는 형편이다. 본 연구에서는 광역화된 부산 지역에서 대기 오염 확산 현상의 규명을 위해 바람장의 예측 모델에 오염 물질의 이류 확산식을 포함시켜, 일정 높이 이상의 고도에 있는 점 오염원에 대해서는 굴뚝의 유효 고도를 고려한 배출량과 지표면에서의 선·면오염원으로 부터 배출되는 배출량을 입력 자료로 하여, 대기중에서의 침적 과정, 화학 반응등을 고려한 수치 모의 모델을 작성하여 대기 오염 물질 농도를 예측하고 실측치와의 비교·검토를 행하였다.

2. 모델의 구성

2.1 기류장

부산 지역을 포함한 경남 지역에서의 복잡 지형을 고려한 기류장을 3차원 시뮬레이션하고 모델의 주 대상 지역인 부산에 대해서는 nesting법을 적용하였다. 대기 경계층을 접지층과 에크만층으로 나누어 에크만층에서의 난류 확산 계수는 대기의 상태에 따른 난류 효과를 잘 표현한다고 생각되는 Yamada(1975)에 의한 Closure model을 사용하고, 접지층내에서는 Businger et al.(1971)의 무차원 풍속, 온도 표현식을 이용하여 운동량과 열 flux 및 연직 방향 확산 계수를 나타내었다.

2.2 대기 오염 물질의 이류 확산 방정식

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} = -u \frac{\partial C_i}{\partial x} - v \frac{\partial C_i}{\partial y} - w^* \frac{\partial C_i}{\partial z} + \left(\frac{\bar{s}}{s-z_G} \right)^2 \frac{\partial}{\partial z^*} \left(K_v^{(c)} \frac{\partial C_i}{\partial z^*} \right) \\ + \frac{\partial}{\partial x} \left(K_H^{(c)} \frac{\partial C_i}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_H^{(c)} \frac{\partial C_i}{\partial y} \right) + q_i + R_i$$

여기서, C:오염 물질의 농도, i:오염 물질의 종류, q_i:배출량, R_i:반응에 의한 생성·소멸을

2.3 침적 모델

대기중에서부터 지표면에의 침적 플럭스는 공기 역학 저항(R_a), 점성층저항(R_b), 지표면 저항(R_c)을 사용하여 계산했다. 각 저항의 매개 변수화는 이 등(1992)의 방법을 사용하였다.

$$V_g(Z) = F_d / C(Z)$$

$$R = \frac{1}{V_g(Z)} = \frac{C(Z)}{F_d} = R_a(Z) + R_b + R_c$$

2.4 광화학 반응 모델

광화학 반응 모델은 이 등(1989)을 사용하였으며, 광분해 속도 정수는 태양 고도와 해발 고도의 함수를 사용하였다. 주요 물질 (O_3 , HC, NO, NO_2)은 그 시간 변화를 지수 함수로 근사하고 그 외의 물질은 계산의 불안정화를 피하기 위해, 정상 상태 근사를 행했다.

3. 결과

부산의 지형적 특성을 고려한 기류장을 예측함으로써 각 지역의 다양한 배출원으로부터 배출되어진 대기 오염 물질들의 이류, 확산, 반응을 고려한 시간에 따른 농도 변화를 예측하였다. 수치 모의된 바람장의 일변화 경향 및 풍속의 크기를 살펴보면 불규칙한 지형을 가진 산지등에서의 산곡풍 및 해륙풍이 잘 표현되었다. 배출원으로부터 직접 배출된 SO_2 , NO_2 , NO, HC등의 오염 물질은 국지풍의 영향을 크게 받으며 확산, 이동하였으며 해안에 인접해 있는 부산 지역의 오존 농도는 해륙풍 출현일과 밀접한 관계가 있고 해풍시에는 해안으로부터 내륙으로 갈수록 고농도 오존이 발생하였다.

4. 참고 문헌

이화운, 박종길, 문승의(1989) 대기 오염 물질의 침적 속도에 대한 시뮬레이션, 한국기상학회지, 25, 3, 121-128.

이화운, 박종길(1992) 대기 오염 물질의 광화학 반응 모델에 관한 연구, 한국대기보전학회지, 제 8권, 제1호, 74-83

Yoshikado, H. and Kondo, H.(1989) Inland Penetration of the Sea Breeze over the Suburban Area of Tokyo, Bound. Layer Meteor., 48, 389-407.