

해륙풍 순환에 따른 기류와 오염물질의 확산 수치모의

이화운, 김유근, 원경미, 김정현¹

부산대학교 대기과학과, ¹부산대학교 환경시스템학과

1. 서 론

바다와 육지간 온도의 차로 발달하는 해륙풍 순환은 오염물질의 주요 발생원이 대부분 해안에 위치한 연안도시의 경우 그 수송과 확산에 상당한 영향을 주게 된다.

이 때 일반풍이 약하다면 오염된 대기가 해안선 부근에 체류되는 이른바 체류오염의 효과도 현저하게 나타나므로 연안지역에서의 대기오염 농도는 내륙보다 높은 상태가 되어진다(Heidorn and Yap, 1986).

특히 해안에 있는 공장의 굴뚝으로부터 배출된 연기는 안정층으로부터 혼합층으로 들어갈 때 훈증형(fumigation)의 현상을 일으킬 뿐만 아니라 연안지역의 대기경계층에 폐쇄형의 순환계를 형성하는 특성을 나타내므로 해륙풍 순환은 연안도시의 대기오염 현상에 중요한 역할을 하고 있다.

현재까지의 해륙풍 순환에 따른 기류와 오염물질의 확산에 관한 연구에서는 지표부근에 대해서만 행해져 왔으므로 이는 해륙풍 순환의 연직 분포를 분석하지 못하는 한계가 있었다.

따라서 본 연구에서는 3차원 중규모 대기유동장 모델을 통해 연안지역에서의 대기의 흐름과 해륙풍 순환에서의 오염물질의 확산현상을 수치모의하였다.

2. 연구방법

2.1 계산영역 및 모델의 구성

본 연구의 대상지역은 부산광역시를 중심으로 그 주위지역을 포함한 180km×180km의 영역이며, 수치모델은 성긴격자영역(Coarse Mesh Grid)과 상세격자영역(Fine Mesh Grid)으로 나누어 실행하는 nesting 방법을 사용하였으며, 격자간격은 각각 5km와 1km를 이용하였다.

기류의 흐름을 모사하기 위해 사용되어진 대기 유동장 모델은 지형의 기복에 관계없이 계산 가능한 3차원 중규모 대기유동장 모델이며 운동방정식, 온도방정식, 비습방정식, 연속방정식, 정역학방정식, 지중온도방정식 등으로 구성된다.

또한 대기오염물질의 확산현상을 예측하기 위한 모델은 지역적인 특성과 배출조건 및 기상학적 조건을 고려할 수 있으며 연속방정식계에 기초를 두는 오일러안 이류, 확

산모델과 대기유동장에서 계산되어진 바람장과 난류장을 고려하여 배출된 입자의 연속적인 3차원적 위치를 결정하는 방법을 사용하는 라그란지 입자 확산모델이다.

2.2 수치모의

본 연구에서는 해륙풍이 불기 쉬운 맑고 일사량이 많은 전형적인 여름날을 연구 대상으로 선정하여 그 때의 기상상태를 모델의 입력자료로 하였다. 수치모의 결과 해풍과 육풍이 우세하게 나타나는 대표적인 발생 시간대에 대해 증별 수평적인 바람분포를 모사함으로써 전체적인 기류의 흐름을 나타내었다.

특히 해안으로부터 내륙으로 불어 들어가는 해륙풍의 일주기 변화를 2차원적으로 고찰해 보기 위하여 FMG영역을 가로지르는 한 라인을 설정하여 수평방향 100km, 연직방향 3km로 수치모의하고 u, v, w의 바람성분들과 온도성분에 대해 연직적인 분포를 나타내었다. 그리고 이를 바탕으로 연안에 위치한 공업지역으로부터 오염물질이 방출되어질 때 대기상태에 따라 변화하는 오염물질의 농도분포를 예측함으로써 해륙풍 순환에 따른 오염물질의 확산을 수치모의하였다.

3. 수치모의 결과

대기유동장의 수치모의 결과 오후 15시경 전형적인 해풍패턴을 보였으며 지면 근처에서 해안으로부터의 강한 바람이 불고 있으나 상층에서는 이와 반대방향의 역류가 나타나 해안쪽으로 되돌아나오는 흐름 형태의 전형적인 해풍순환을 보였다. 반면 육풍의 뚜렷한 발달은 새벽 3시 무렵에 나타났다. 또한 온도의 연직 분포에서도 해륙풍 순환의 특성을 잘 모사해 주었다.

그리고 대기오염물질의 확산 수치모의 결과 해륙풍 순환에 따른 형태로써 낮시간에 연안지역에서 배출되어진 오염물질들이 해풍에 의해 내륙으로 이동하고 밤시간에 육풍으로 인해 연안지역으로 되돌아나오는 분포를 보였다.

4. 참고문헌

Heidorn, K. C. and D. Yap, 1986, A synoptic climatology for surface ozone concentration in southern Ontario, 1976-1981, *Atmo. Environ.*, 20(4), 695-703.

Pielke, R. A., and Y. Marher, 1975, A numerical study of air flow over mountains using the two-dimensional version of the university of Virginia mesoscale model, *J. Atmos. Sci.*, 31, 2144-2155.

Kondo, H. and K. Gambo, 1979, The effect of the mixing layer on the sea breeze circulation and the diffusion of pollutants associated with land-sea breezes, *J. Meteor. Soc. Japan*, 57(6), 360-575.