

C-7 연안도시지역에서 대기오염의 3차원 수치예측모델링

I. 침적현상이 대기질 농도에 미치는 영향예측

3-D Numerical Prediction Modeling of Air Pollution in Coastal Urban Region

- I. An Effect Prediction for Deposition Phenomenon Affecting on Air Quality Concentration

이 화 운, 김 유 근, 원 경 미

부산대학교 대기과학과

I. 서 론

대기오염물질의 농도를 예측할 경우 지표면에서 완전 반사된다는 가정을 기초로 두는 경우가 대부분이다. 그러나 대기오염물질에 의한 농작물의 피해나 식물의 성장장애, 토양오염 및 수질오염 등의 환경문제의 해석에 있어서, 대기로부터의 지표면과 수면에서의 침식과정을 고려해야 함은 물론이거니와 대기오염물질의 농도예측을 정확하게 하기 위해서도 침적과정은 중요한 의미를 갖는다. 또한 특정지역에서 일정기간 건성침적량을 알기 위해서는 대기 중의 오염물질이 지표면으로 수송되어서 나타나는 침적 flux를 추정할 수 있어야 한다. 지표면으로의 건성침적을 다루는 일반적인 방법으로 저항유사법(resistance analogy)이 사용되어지는데, 건성 침적 flux는 저항 유사법에 의해서 구한 각 층을 통과할 때 생기는 저항의 합의 역수인 건성침적 속도와 지표층의 농도의 곱으로 나타낸다.

특히 도시가 연안에 위치해 있을 경우 대기흐름장은 국지순환계인 해륙풍과 산곡풍의 복합적인 요소에 의해 크게 영향받게 되므로, 연안도시에서 대기오염물질의 농도를 예측하고자 할 때는 연안도시의 흐름장 특성과 배출특성을 잘 고려할 필요가 있다. 그러나 기존의 연구들에서는 연안지역의 대기흐름장 특성은 잘 묘사할 수 있었으나, 연안지역에서 입, 출항 및 정박하는 선박에서 배출되는 배출량은 고려하지 못하고 내륙지역에서 배출되는 점, 선, 면오염원의 배출만을 고려하여 모델링을 하였다. 실제 부산과 같은 제 1의 항구도시에서는 남한의 수출, 수입물의 다수가 부산을 통하고 있고, 여러 항과 부두에서의 외항선, 여객선, 어선 등의 입항과 출항 및 정박이 수적인 면 뿐 아니라 크기면에서도 급격히 증가하고 있는 상황이므로, 내륙지역에서 자동차 수의 급증에 따른 오염문제 못지않게 상당히 중요한 문제로 대두되고 있다.

따라서 본 연구에서는 연안도시지역에서 대기질 농도를 예측하기 위해서 국내 최초로 내륙지역 뿐만 아니라 연안지역의 선박에 의해 배출되어지는 오염물질의 배출량을 산정하였고, 이를 이류, 확산, 광화학 반응, 침적을 묘사할 수 있는 대기질 수치모델의 입력자료로 사용하여 모델링을 수행하였다. 또한 대기오염물질의 건성침적속도와 침적량을 계산하여 연안도시지역에서 침적과정이 대기질 농도에 미치는 영향에 대해 고찰하여 보았다.

II. 선박배출원을 고려한 대기질 예측모델의 구성

1. 내륙지역 및 연안지역에서 오염물질의 배출량 산정

내륙지역의 배출량의 산정은 기존의 부산직할시 지역과 양산군 기장 일대지역, 그리고 진해시

일부분을 포함하였고, SO₂, TSP, NO₂, O₃, CO, HC의 오염물질에 대해 1km × 1km 격자 간격으로 산정하였다. 산정방법은 부산광역시에 존재하는 각 오염원을 점, 선, 면 오염원으로 구분하여, 공해배출업소(1, 2, 3, 4, 5종) 자료와 각 지역의 주택현황자료, 연료 사용량, 각 지점별 교통량 자료, 격자별 도로길이를 등의 자료를 이용하여 점, 선, 면오염원에 대한 배출량을 산정하였다. 연안지역의 배출량 산정은 부산항을 중심으로 한 내항만을 계산영역으로 하였으며, 선박에서 문제시되고 있는 NO_x, SO₂ 오염물질에 대해 1km × 1km 격자 간격으로 산정하였다. 산정방법은 크게 선박의 정박시와 항행시로 나누었으며, 정박시는 하역시와 비하역시를 고려하여 산정하였고, 톤수당별로 선박 1척마다의 배출량 원단위를 선박의 연료사용량과 기관부하율, 항행모드, 항행속도, 항행시간 등을 고려하여 산정하였다.

2. 대기유동상 모델

기초방정식계는 지형의 기복에 관계없이 계산할 수 있는 지형좌표계를 사용한 운동방정식, 온도방정식, 비습방정식, 연속방정식, 정역학방정식, 지중온도방정식으로 구성된 3차원 해륙풍 모델이며, 지표면의 온도는 지표면 열수지방정식을 사용하여 계산하였다.

3. 광화학반응모델

이화운 등(1992)의 연구에서 사용한 광화학반응모델(Photochemical Reaction Model, PRM)을 사용하여 계산하였다.

4. 침적모델

전성침적량을 추정할 수 있는 저항유사법을 사용하여 난류층과 점성층, canopy층으로 침적되어 있는 대기오염물질의 침적속도와 침적량을 계산하였다.

III. 결론

해륙풍 순환과 함께 나타난 오염물질의 침적속도 변화는 지표면의 영향을 많이 받아 지형이 특히 복잡한 지표면에서 침적속도가 크게 나타났다. 시간별 변화를 보면, 아침 8시에는 침적속도의 값은 작지만 점차 증가되면서 오후 2시 무렵 침적속도의 최대치 1.38 cm/s를 보였다. 그 후 약간씩 감소하다가 저녁무렵에는 낮은 침적속도 분포를 나타냈으며, 야간에는 복잡한 산지지형을 제외하고는 거의 0에 가까운 값을 나타냈다.

연안지역에서 선박배출을 포함한 대기질 모델링에서 침적현상을 고려한 경우가 고려하지 않은 경우에 비해 실측치에 가까운 농도를 보였으며, 낮동안 도시상공의 불안정한 대기로 배출된 오염물질들은 배출 후 도시상공을 통과하는 동안에 거의 침적제거됨을 볼 수 있었다.

물질별 침적총량의 경시변화를 보면 오전중에 침적량은 증가하여 일중 최대에 달하다가 저녁에 감소하여 야간에는 거의 0에 가까운 값을 나타냈다. 이는 대기안정도에 따른 일변화와 지표면의 상태를 잘 반영한 것으로 침적량의 변화에 따른 대기질 농도분포를 잘 설명할 수 있었다.