

연안도시지역에서 대기오염의 3차원 수치예측모델링

-III. 선박배출이 대기질 농도에 미치는 영향예측-

이 화 운, 김 유 근, 원 경 미
부산대학교 대기과학과

I. 서론

연안도시지역에서의 배출구조는 크게 내륙 도시지역과 연안지역으로 나누어 특성을 지닐 수 있는데, 근간에 와서 지구 대기환경보전에 대한 관심이 높아지면서 내륙의 대기오염물질 배출원(고정배출원, 이동배출원)에 대해서는 환경부 및 지방자치단체 등에서 다양한 규제를 실시하고 있지만, 해상의 선박(이동배출원)의 배출에 대해서는 세계적으로도 거의 규제되어 있지 않다. 그 주된 원인으로서는 선박자체의 운항범위가 내륙지역에서 멀리 떨어져 있기 때문에 항만내나 연안역의 일부를 제외한다면, 내륙지역에 까지 영향을 미칠 수 있는 대기오염의 배출원은 거의 없을 것이라고 여겼기 때문이다.

그러나 연안도시인 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. 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 뿐아니라 연안지역의 선박에 의해 배출되어지는 오염물질의 배출량을 산정하였고, 이를 이류, 확산, 광화학 반응, 침적을 묘사할 수 있는 3차원 대기질 수치모델의 입력자료로 사용하여 모델링을 수행하였다.

II. 선박배출원을 고려한 대기질 예측모델의 구성

1. 내륙지역 및 연안지역에서 오염물질의 배출량 산정

내륙지역의 배출량의 산정은 기존의 부산직할시 지역과 양산군 기장 일대 지역, 그리고 진해시 일부분을 포함하였고, SO₂, TSP, NO₂, 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 도로길이율 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, 톤수등급별로 선박 1척마다의 배출량 원단위를 선박의 연료사용량과 기관부하율, 항행모드, 항행속도, 체제시간 등을 고려하여 산정하였다.

2. 대기유동장 모델

기초방정식계는 지형의 기록에 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

건성침적량을 추정할 수 있는 저항유사법을 사용하여 난류층과 점성층, canopy층으로 침적되어지는 대기오염물질의 침적속도와 침적량을 계산하였다.

III. 결론

선박배출이 대기질 농도에 미치는 영향을 예측한 결과, 선박배출을 고려하지 않았을 경우 동래지역 주변 내륙의 농도예측을 과소평가할 수 있음을 볼 수 있었고, 연안지역의 해륙풍 순환에 따른 농도변화의 형태가 시간대별로 나타나

기는 하지만 선박배출을 고려한 경우보다 뚜렷하지는 않았다.

또한 선박배출과 침적현상이 대기질 농도에 미치는 영향을 고찰해 본 결과, 낮동안에는 해풍의 영향과 지표면의 영향에 의해 불안정한 대기의 상태가 지속되면서 침적 플럭스가 크게 되어 침적현상을 고려하지 않은 경우보다 오염물질의 농도는 낮았으며, 밤시간에는 육풍의 영향이 있기는 하였지만 지표복사 냉각으로 인해 대기가 안정되면서 낮시간과 대조적으로 농도차가 거의 없음을 볼 수 있었다. 특히 공단지역과 북쪽내륙에는 침적에 대한 영향이 컸고, 침적속도의 일변화 경향과 비례하여 지형이 복잡한 곳일수록 침적플럭스는 크게 되어 대기질 농도에 큰 영향을 주었다.

따라서 연안도시지역에서의 대기질 수치모델링에서는 반드시 선박에서 배출되어지는 양을 고려해야 함을 볼 수 있었다.