

3A2) 관측기반모형을 이용한 수도권 광화학 생성물 해석

Application of Observation Based Model to Seoul Metropolitan Area

신 성 수 · 조 석 연
 인하대학교 환경토목공학부

1. 서 론

광화학 스모그를 야기하는 오존은 질소산화물과 VOC에 의한 다단계 광화학반응에 의하여 생성된다. 1990년대 초부터 자동차 보급률이 높아지면서, 수도권 지역을 중심으로 고농도 오존 현상이 관찰되었으며 최근에는 지방 주요 도시로 확산되고 있다.

오존은 광화학반응에 의해서 생성되는 제2차 대기오염물질이면서도 반응성이 높아서 다른 화학종의 산화에 지대한 영향을 미치며 일단 생성된 후에도 쉽게 파괴될 수 있다는 점에서 황산화물과 질소산화물과 같은 제2차 대기오염물질과 구별된다.

이러한 오존의 높은 반응성 때문에 오존농도가 전구물질의 농도와 비례하지 않는 경우가 많다. 즉, 오존 전구물질인 질소산화물과 VOC의 절대적인 농도보다는 두 물질의 상호작용에 의하여 오존생성속도가 결정된다. 질소산화물과 VOC의 상호작용을 연구하기 위해서는 상세한 화학반응기작, 배출량과 건조 침착속도 등을 입력자료로 사용하는 수학적 모형을 운영하여야 한다.

본 연구에서는 광화학 평가 측정망의 상시 측정결과와 2002년도 8월에 수행한 집중측정결과에 관측기반 모형을 적용시켜서 수도권 오존 생성 특성을 규명하려 하려한다. 이를 위해서 첫째 1차 년도에 개발한 정상상태 근 제한 관측기반모형(steady state group constrained observation based model)을 수정하여 가정상태(quasi-steady state) 현상을 모사할 수 있게 하여 질소산화물과 VOC에 대한 오존생성속도의 민감도를 산출하였다.

2. 연구 방법

2002년 8월과 2003년 6월 등 2회에 걸쳐서 서울과 인천지역에서 관측한 상세한 질소산화물 농도와 광화학 생성물질 농도를 이용하여 관측기반 모형을 운영함으로써 집중측정기간 중 오존생성특성을 규명하였다.

관측기반모형은 주요 광화학 반응 및 생성물질을 입력자료로 사용한다는 점에서 배출량기반 모형보다는 정확하게 대기의 광화학반응 과정을 모사할 수 있다는 장점이 있다. 관측기반모형에 관한 국내연구는 미진하므로, 본 연구에서는 다음과 같은 지배방정식을 갖춘 관측기반모형을 개발 및 적용하였다.

$$\sum_i^{group} \frac{dC_i}{dt} = \sum_i^{group} \left[\frac{dC_i}{dt} \right]_{measured} \quad \text{for constraint chemical groups}$$

$$-\frac{dC_i}{dt} = R_i(C_1, C_2, \dots, C_n) + E_i + D_i \quad \text{for non-constraint chemical species}$$

관측기반 모형에서 질소산화물과 VOC에 대한 오존생성속도의 민감성을 산출하는 방법으로는 radical budget을 이용하면, 다음과 같은 NO와 VOC에 대한 P(O₃)의 상대적인 민감도에 식이 유도된다.

$$d \ln P(O_3) / d \ln [NO] = \frac{(1 - \frac{3/2 L_N}{Q})}{(1 - \frac{1/2 L_N}{Q})}$$

$$d \ln P(O_3) / d \ln [VOC] = \frac{(-\frac{1}{2} \frac{L_N}{Q})}{(1 - \frac{1}{2} \frac{L_N}{Q})}$$

3. 관측기반 모형의 적용결과

그림 1은 앞 절에서 제시한 수식에 의거하여 질소산화물과 VOC에 대한 오존생성속도의 민감도를 나타내는 인자인 $d \ln [P(O_3)] / d \ln [NO_x]$; $d \ln [P(O_3)] / d \ln [VOC]$ 를 산출한 것이다.

집중측정기간 중 오존생성조건이 양호하였던 8월 8일까지 기간에서 $d \ln [P(O_3)] / d \ln [NO_x]$ 는 -1에 가까운 값을 가지는 반면 $d \ln [P(O_3)] / d \ln [VOC]$ 는 +1에 가까운 값을 가지므로써 측정기간 중 대기는 VOC 한계라는 것을 의미한다. 그러나, 측정이 지면에서 행하여졌으므로 본 결론은 지면근처에 오존 생성 특성만을 언급하는 것이며, 오존 생성이 주로 일어나는 상공에서의 오존 생성 특성을 언급하는 것은 아님을 주의하여야 한다.

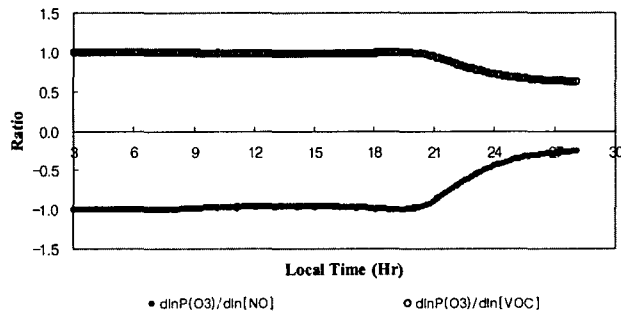


Fig. 1. 2003년 집중 측정기간 중 오존 생성속도의 민감성