

4B1) 배출량 변화에 따른 CMAQ의 오존농도 모사에 대한 민감도분석

Sensitivity Analysis of Ozone Concentration Calculated by CMAQ Model According to Emission Change

이 중 범 · 김영하
강원대학교 환경학과

1. 서론

최근 우리나라는 도시지역에서 고농도 오존의 발생지역이 확대되고 있으며 오존농도 또한 점차 높아지고 있는 추세이다(장명도, 2004).

광화학 오존 생성에 기여하는 요소 중 인위적으로 조절 가능한 부분은 NO_x와 VOCs배출량이다. 하지만 많은 선행연구에서 배출량 감소를 유도하여 이들의 대기 중 농도를 줄일 경우 오존 발생이 실제 저감될지의 여부는 단순한 인과 관계가 아닐 수 있다고 한다(O.Couach et al. 2003). 이는 어떤 경우 이들 오염물질의 배출량 감소에도 불구하고 오존의 농도는 오히려 증가할 수 있는 가능성을 시사한다.

본 연구에서 대기질 모델은 US EPA(1999)의 Models-3/CMAQ(Models-3 Community Multi-scale Air Quality)을 이용하고, 기상 모델로는 PSU/NCAR의 MM5(Mesoscale Model version5)를 이용하여 수도권지역을 비롯한 수도권의 풍하지역에 대한 배출량에 따른 민감도분석을 통해 오존이 어떤 화합물의 영향을 많이 받는지를 파악하는 것에 목적이 있다.

2. 연구 방법

모델링을 위한 대상영역은 경기도 및 강원 영서지방을 포함하는 300km×270km로서, 격자크기는 10km×10km, 대상 영역의 격자개수는 동서 방향으로 30개, 남북방향으로 27개로 하였다. 이와같이 격자의 수를 작게하고 격자크기를 크게 한 이유는 여러 가지 배출량 조합으로 여러차례 모사를 하는데 있어 소요되는 계산시간을 가급적 줄이기 위함이다.

모델링에 필요한 초기 및 경계 농도 값은 우리나라는 물론 중국 및 일본의 일부까지도 포함하는 지역인 2970km×2700km, 격자크기는 30km×30km로 하는 모델링을 실행하여 얻은 결과 값을 이용하였다. 모델 입력 기상자료는 기상청에서 일기예보를 위하여 실행한 MM5의 동아시아지역 30km격자 실행결과를 이용하여 Nesting기법을 통해 계산한 10km 해상도 자료를 사용하였다. 배출량 입력 자료는 30km 모델링의 경우 2000년에 동아시아와 북태평양 지역에서 수행된 ACE-ASIA project에서 산정한 자료를 이용하였고 10km 모델링은 시간변화를 고려한 2001년 CAPSS 배출량 자료를 이용하였다.

모델링 대상 기간은 2002년 6월 4일부터 6일, 2004년 6월 2일부터 4일까지로 하였으며 대상기간동안 NO_x와 VOCs배출량을 각각 Base Emission의 25, 50, 75, 100%로 변화시켜 Case별로 16회, 총 32회 모델링을 실행하였다.

3. 결과 및 고찰

표 1은 대상기간동안 수도권지역의 실측값과 모델값을 이용해 오차평가를 한 것이다(EPA, 1991; M. Bell and H. Ellis, 2004). 모든 값들에 대해 오차평가를 한 경우 모델이 야간농도를 저농도로 모사하는 경향 때문에 오차가 크게 나타났으나 모델값이 60ppb 이상일때를 대상으로 오차평가 한 것을 보면 모두 EPA가 권고하는 오차범위를 충족하고 있음을 알 수 있다.

그림 1은 2002년 6월 6일 15 LST에 도시지역(서울(a))과 풍하지역(홍천(b))에서 배출량 변화에 따른 오존의 등치선도(Isopleths)를 나타낸 것이다. 도시지역의 경우 Base Emission에 비하여 VOCs의 농도를 감소시킬 경우 오존 농도가 급격하게 감소하는 반면에, NOx의 농도를 감소시키면 오히려 오존 농도가 증가하는 것으로 보아 VOCs-limited 상태인 것으로 볼 수 있다. 풍하지역인 홍천의 경우 VOCs 농도 변화에 따른 오존 농도의 변화는 미미하였으며, NOx의 농도를 감소시켰을 때 오존의 농도가 서서히 감소하는 것으로 보아 NOx-limited 상태인 것으로 보인다.

결과적으로 광화학 오염물질인 오존을 저감하기 위해서는 도시지역인 서울은 VOCs 배출을 저감하는 것이 효과적이고, 풍하지역인 홍천의 경우는 NOx 배출을 저감하는 것이 더 효과적이라고 할 수 있다.

Table 1. Model evaluation statistics for hourly ozone concentrations for the case study.

	Model performance statistic(2002_06)		EPA suggested reasonable value
	All values	$C_{obs.} \geq 60\text{ppb}$	
Mean bias, D(ppb)	7.99	2.66	
Normalized bias, D*(%)	33.73	3.36	5-15(±)
Gross error, Ed(ppb)	12.78	2.97	20(±)
Normalized gross error, Ed*(%)	64.85	3.81	30-35(±)

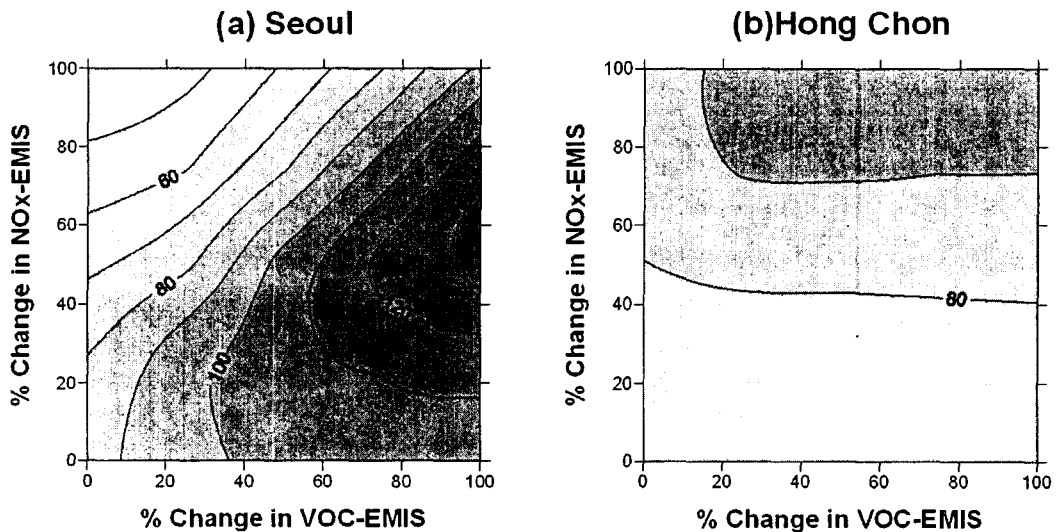


Fig. 1. Isopleths of ozone(ppb) concentration at (a)Seoul and (b)Hong Cheon on June 6, 2002 at 15 LST. Axes represent percentage changes from base case emissions.

참 고 문 헌

- 장명도 (2004) 광화학모델을 이용한 수도권지역 오존농도의 시공간 거동에 관한 연구, 강원대학교 박사 학위 논문.
- O.Couach, F.Kirchner (2003) Adevelopmaent of ozone abatemaent strategies for the Grenoble area using modeling and indicators, atmospheric environment 38, 1425-1436.
- Rethinking the ozone problem in urban and regional air pollution, national research council, 163-186, 351-377.
- M. Bell, H. Ellis (2004) Sensitivity analysis of tropospheric ozone to modified biogenic emissions for the Mid-Atlantic region, 1882.