

광화학박스모델에 의한 오존농도 시뮬레이션과 배출량의 민감도 분석

Ozone simulation with PBM and sensitive study of emission control

한진석, 김병곤, 신찬기, 조병환
국립환경연구원

수도권지역에서는 자동차의 급증과 지속적인 연료사용량 증가로 인하여 오존의 고농도현상이 보고 되어지고 있다. 환경대기중에 있어서 광화학 옥시탄트의 대표적인 오염물질인 오존의 생성은 NO_x와함께 각종발생원에서 배출되는 탄화수소성분인 VOC(휘발성유기화합물) 농도와 조성이 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다.

오존농도 시뮬레이션을 위하여 오일리언형 광화학 격자모델, 라그랑지안 박스모델 등이 있으나 모델운영이 용이하며 오염물질의 유입, 유출과 배출량, 광화학반응등을 고려한 광화학박스모델 (Photochemical Box Model, PBM)이 일정지역의 오존농도 변화예측 및 배출량의 기여도를 파악하기 위하여 이용되고 있다. 우리나라의 경우 서울지역에 대하여 PBM의 적용이 이루어진바 있으나, 특히 VOC배출량 및 성분의 조성, 시간별 배출패턴등에 대한 조사자료가 부족하여 PBM적용에 어려움을 갖고 있었다. 이에 환경부에서 자동차 및 주유, 저장시설, 페인트, 세탁소등에 EPA배출계수 자료등을 적용하여 발생원별로 산출한 VOC 배출량에 발생원별 VOC 조성비 자료(Stump : 1992, Wakamatsu :1985)와 시가지 시간대별 자동차 통행량 자료(건설교통부, 1995), 도시지역 월별에너지 사용자료(동력자원부,1990), 주거시설에서의 시간별 오수발생량 자료(국립환경연구원, 1993), 서울화력 시간별발전량 자료, 부문별 전력소비 형태자료(한국전력공사, 1995)등을 이용하여 발생원별 배출모형과 VOC의 발생원별 및 시간별 총배출량을 산정하였다(그림 1, 2 참조).

VOC 성분중 포화탄화수소류의 배출량은 주간에 6-7ppm m/hr 수준으로 가장크고 톨루엔과 크실렌이 3-4ppm m/hr수준으로 나타났다. 발생원별로는 자동차 배출가스에 의한 VOC배출량과 건축도장등 페인트사용에 의한 배출량이 주간에 6-7 ppm/hr이며 이러한 VOC 배출양상은 일본 동경지역의 VOC 배출패턴(Wakamatsu, 1985)과 유사한 것으로 나타났으며 VOC배출이 주간에 집중되는 특징을 보여주고 있다. 또한 NO_x, CO의 배출량과 시간대별 배출양상이 교통량의 변화양상에 의해서 좌우되고 있는 것으로 나타났다.

시간별로 작성되어진 VOC의 8개 그룹과 NO, NO₂, CO배출량자료를 이용하여 서울 서북지역 등에서 오존의 고농도 현상(60-120ppb/hr)이 장시간 지속된 1994년 6월 11일에서 16일까지를 대상으로 광화학박스모델(PBM)을 적용하였으며 그 결과는 그림 3과 같다. CO와 NO₂의 경우 대상지역의 평균측정치와 모델 계산치가 전체적으로 같은 변화 양상을 보여 주고 있으나 오전 10시 - 12시 기간중에 계산치가 측정치보다 낮게 산출되었으며 이와 같은 현상은 자동차 배출량에 의해서 지배받는 CO와 NO배출량이 동기간에 과소평가된 데 따른 영향인것으

로 추정된다. 오존의 경우 측정농도와 PBM 계산치가 잘 일치하고 있음을 볼 수 있다. 또한 PBM에 의해서 동지역에 대한 배출량 변화에 따른 따른 O₃ 감도분석을 실시하였다. 오존생성 전구물질인 VOC인 NO_x 배출량변화에 따른 오존 최고농도변화는 그림 4, 5 와 같다. VOC 배출량이 1.5배, 2배 증가시 오존최고농도가 11ppb, 16.8ppb씩 증가하였으며 0.5배, 0.1배로 감소시 오존최고농도가 각각 6ppb, 9.3ppb씩 감소하여 대상지역의 VOC 배출량감소에 따른 오존최고농도의 감소효과는 한계가 있는 것으로 나타났으며 이는 오존 및 전구물질의 유입효과 때문인것으로 판단된다. 또한 VOC 증가에 따라 오존최고농도 발생시간이 빨라지는 것으로 나타났다. NO_x 의 경우 배출량 증가에 따라 오존최고농도가 역비례로 미세하게 감소하는 현상이 나타났다.(1.5배 : 4ppb감소, 0.5배 : 4.9ppb증가) 이는 VOC에 비해서 NO_x가 오존최고농도생성에 필요한 상대적인 농도가 높고 VOC농도가 오존생성의 제한적인 인자로 작용하고 있음을 시사하는 것이다.

VOC와 NO_x의 배출량 변화의 각 조합에 따른 오존최고농도의 등농도 곡선을 작성하면 그림 6과 같으며 오존최고농도의 등농도선이 기울기가 약 2.5인 직선형태를 유지하고 있어 NO_x의 증감에는 오존최고농도의 변화가 미약하며 VOC 증가에 따른 오존최고농도의 증가현상이 뚜렷하여 오존의 고농도현상에 대처하기 위해서 VOC의 방지 대책이 중요함을 보여 주고 있다.

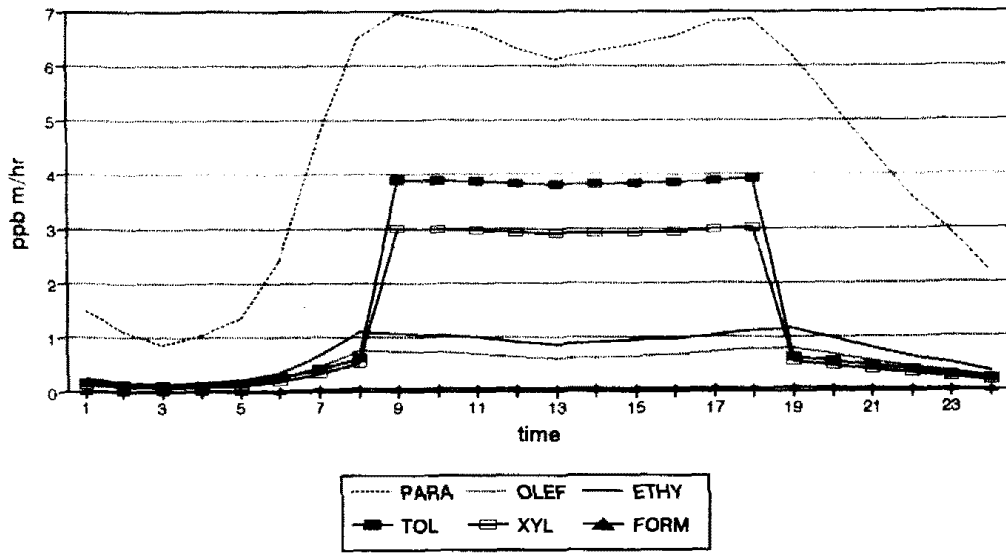


Fig. 1. The hourly intensity of each hydrocarbon compound.

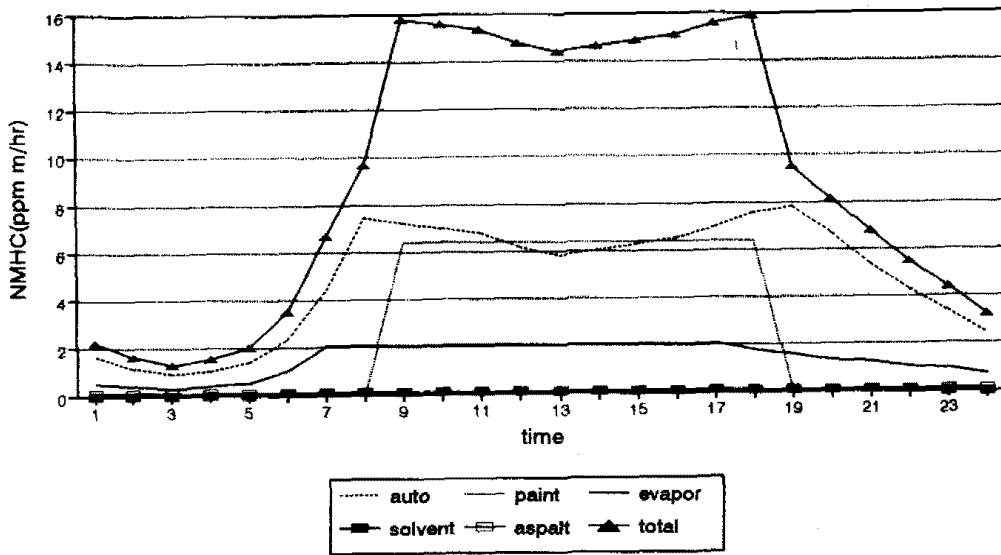


Fig. 2. The hourly intensity of each hydrocarbon emission.

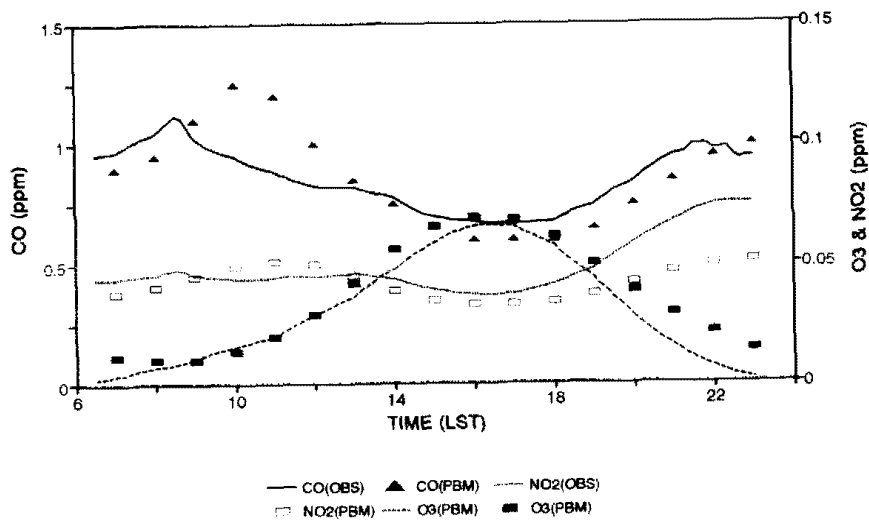


Fig. 3. Time variations of NO_2 , O_3 , and CO for summer days. The observation data are plotted by symbols and PBM calculations are plotted by lines.

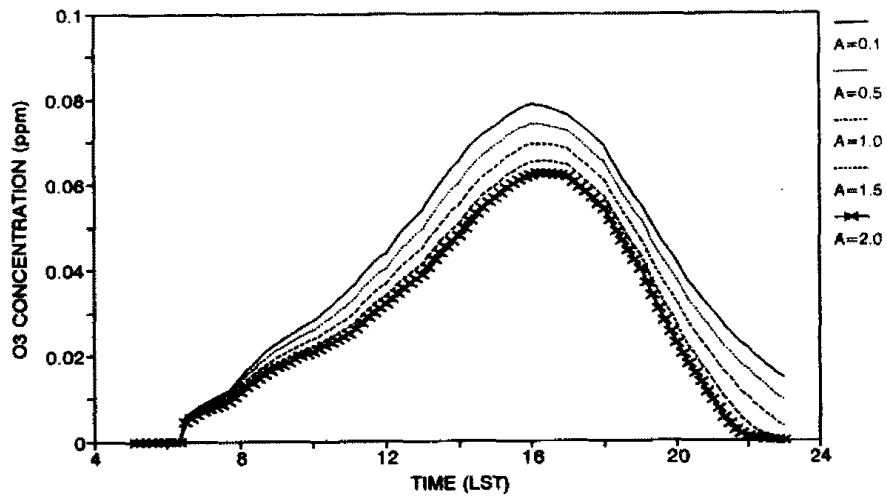


Fig. 4. The result of sensitivity analysis for NO_x emission control.

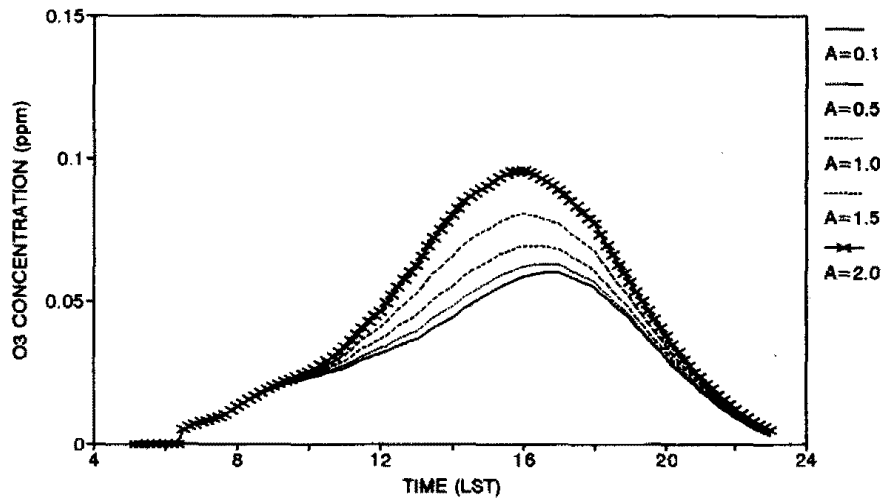


Fig. 5. The result of sensitivity analysis for NMHC emission control.

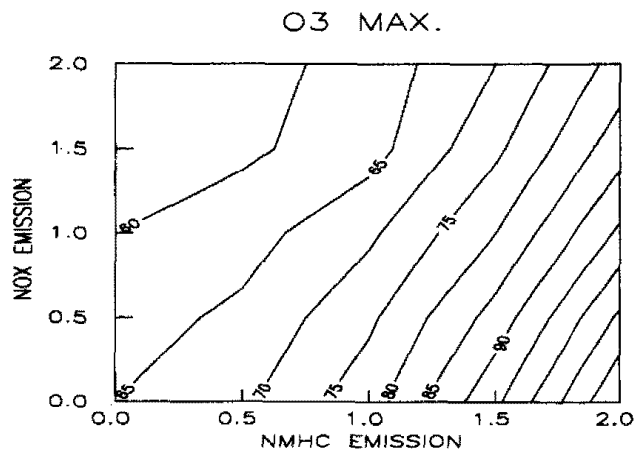


Fig. 6. Maximum concentration isopleth diagram according to emission control.