

DR10) BOX 모델을 이용한 NOx 및 HC가 광화학 옥시던트 생성에 미치는 영향에 관한 연구 Sensitivity Analysis of NOx and HC on Generating Photochemical Oxidant by Using Box Model

김도용·山口克人·近藤明*·이상득**

大阪大學 大學院 地球綜合工學專攻, *大阪大學 大學院 環境工學專攻,

**목포대학교 공과대학 환경공학과

1. 서론

대기오염은 화석연료를 사용한 산업혁명 이후에 본격적으로 나타난 현상이다. 특히, 중공업 중심을 하는 고도 성장기에는 대기오염물질의 배출이 급격히 증가하였으며, 인구집중이 심한 도시와 도시근교의 대기오염은 사회문제로 대두되었다. 최근에는 산성비 및 온난화와 같은 지구규모의 환경문제로 발전되고 있다. 그 중에서 질소산화물(NOx)과 탄화수소(HC)에 의한 도시 대기오염은 점점 증가하는 추세이며, 특히, 광화학 옥시던트(Ox)는 발생 메커니즘이 복잡하며, 발생원과 오염지역과의 상호 연관성 파악이 어렵기 때문에 지금까지 대부분 환경평가 대상에서 제외되었으나, 향후의 환경 정책문제로 수용되고 있는 추세이다. 따라서, 본 연구는 광화학 옥시던트 생성에 기여하고 있는 질소산화물 및 탄화수소(HC)의 영향을 정량적으로 나타낼 수 있는 광화학 반응모델을 개발하여 NOx/HC 대해 검토하였다.

2. 시뮬레이션 모델의 개요

2.1 BOX 모델

본 연구에서는 기존의 3차원 모델(Kondo et al., 1999)보다 간략한 BOX모델로서, 대기 혼합층의 상면을 기준으로 상층부와 하층부로 나눈 2-BOX모델을 구축하였다. 하층부는 완전혼합층이며, 혼합층 고도는 적산 일사량을 이용한 추정방법(日本 環境廳 大氣保全局, 1982)을 이용하였다. 또한, BOX 내부에는 환기에 의한 농도희석, 지표면으로의 침착, 대기오염물질의 배출과정을 고려하였으며, 혼합층 고도의 시간변화에 의한 상·하층부의 상호 영향에 의한 물질농도의 증감을 고려하였다. 본 연구에서는 하층부의 물질농도를 대상으로 검토하였다.

2.2 광화학 반응 모델

광화학 반응 모델은 CBM-IV(Gery et al., 1989)를 이용하였다. CBM-IV는 현재, 대기오염물질 농도예측에 있어서 일반적으로 사용되고 있는 모델 중 하나로서, 33종류의 화학성분과 81개의 화학식으로 구성되어 있다. 이 모델은 광화학 반응에 있어서 중요한 역할을 담당하는 반응 탄화수소를 일중결합 및 이중결합 등의 탄소간의 결합에 의해 몇 개의 그룹으로 분류하는 탄소결합법을 이용하고 있다.

3. 계산조건

고농도 옥시던트가 발생하기 쉬운 기상조건, 즉 광화학 반응이 활발히 일어나는 전형적인 여름철(8월)의 맑은 날을 가정하였으며, 일본 兵庫(Hyogo)縣 및 大阪(Osaka)灣을 대상으로 3개의 BOX를 만들어, 각 대상 BOX에 대해 대기오염물질 농도예측 시뮬레이션을 실시했다. 각 대상 BOX의 수평방향 거리(x×y)는 A-BOX가 44km×44km, B-BOX가 27km×27km, C-BOX가 26km×33km이다. BOX의 연직방향의 높이는 3개의 BOX 모두 1300m로 동일하다. 지표면에 침착되는 침착속도는 침착모델에 의해 계산한 각 물질의 침착속도의 일평균치를 이용하였다. 대기오염물질의 배출량은 각 BOX 범위에 포함되어 있는 일반 고정 발생원과 몇 개의 이동 발생원으로부터 산정(총 발생원으로부터의 배출량의 합계)하고, 일변동(Kondo et al., 1999)을 고려한 수평단위면적당 배출 플럭스로 환산한 값을 이용하였다. 그리고 배출이 존재하는 경우의 농도 계산에서는 초기농도가 대기오염 물질농도에 거의 영향을 미치지 않으므로, 본 연구에서는 UAM (Urban Airshed Model) 매뉴얼(EPA, 1990)의 CBM-IV 초기농도를 그대로 사용하였다. 혼합층(하층)과 상공(상층)에 각각 일정한 값을 부여하였으며, 상층의

초기 농도분포는 하층보다 낮은 농도분포로 하였다. BOX 내의 환기회수는 A,B,C-BOX에서의 풍속의 상시 관측데이터의 일평균값(약 2.4[m/s])로부터 환산한 0.28[h⁻¹]을 부여하였다.

4. 결론 및 고찰

NOx 와 HC의 배출량을 10%씩 삭감하면서 계산 2일째 14시의 O₃ 농도를 대상으로 배출량 저감이 광화학 옥시던트 농도에 미치는 영향을 검토하였으며, 그림 1에 결과를 나타내었다. 배출량이 적고 NOx/HC가 작은 A-BOX의 경우, HC의 배출량 저감에 의한 O₃ 농도의 감소는 적지만, NOx의 배출량 삭감에 의해서 O₃ 농도가 저감하고 있다. A-BOX보다 배출량이 많고 NOx/HC가 큰 B,C-BOX의 경우는 HC의 배출량 저감에 의해 O₃ 농도가 효과적으로 저감하지만, NOx의 배출량 저감에 의해서 어느 정도의 저감을 범위에서 반대로 O₃ 농도가 높아지고 있다. 즉, B,C-BOX의 경우, 현상 O₃ 농도를 저하시키기 위해서는 약 70% 이상의 NOx를 저감해야 한다. 이러한 계산 결과로부터 O₃ 농도를 저하시키기 위한 1차 오염물질 저감전략에 있어서는 대상지역의 특성을 고려한 배출량 저감효과 파악과 같은 사전연구가 필요하다.

또한, 탄화수소는 CBM용 화학종으로서 인위적인 발생원으로부터 배출되는 탄화수소의 성분별 배출량 저감효과를 위와 같은 방법으로 검토하였다. HC성분 중에서 키실렌(XYL)은 배출량은 적지만, 배출량의 감소에 의해 O₃ 농도를 효과적으로 저하시킬 수 있다. XYL은 일반도로, 건축도로로부터 다량 배출되고 있으며, 인쇄 및 표면가공 등으로부터도 배출되고 있다. 따라서, 광화학 옥시던트 저감대책의 하나로서, 다량의 XYL을 포함하고 있는 도로로부터 HC 배출을 억제하는 것이 중요하다고 사려된다.

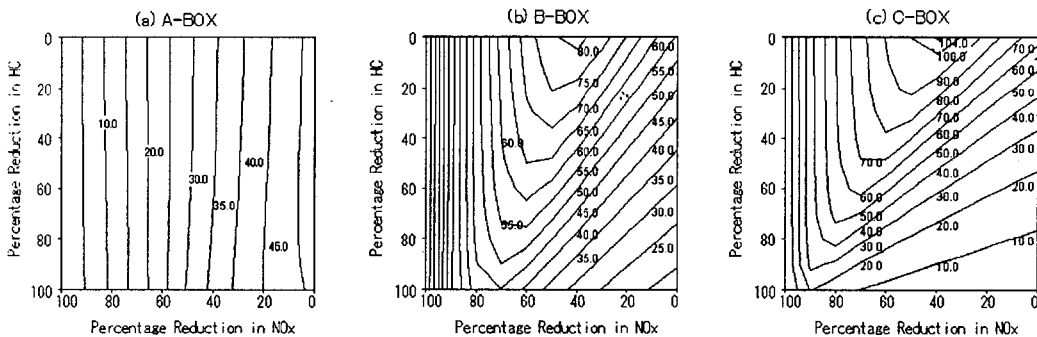


Fig. 1. Effect of reduction of HC- and NOx-emission on O₃ [ppb] at 14:00 in (a)A-BOX, (b)B-BOX, and (c)C-BOX.

참고 문헌

Kondo A., Yamaguchi K., Nishikawa E., Hara T., Okazaki R. (1999) : Influence of Ship Emission on Atmospheric Pollutants Concentration around Osaka Bay Area, *J. Kansai Soc. N. A.*, Japan, No.231, 101-109.

日本 環境廳 大氣保全局 (1982) : 窒素酸化物 總量規制 Manual, 83-84.

Gery M. W., Whitten G. Z., Killus J. P., Dodge M. C. (1989) : A Photochemical Kinetics Mechanism for Urban and Regional Scale Computer Modeling, *J. Geoph. Res.*, Vol.94, No. D10, 12925-12956.

EPA (1990) : User's Guide for The Urban Airshed Model, *EPA-450/4-90-997A*.