

D-5

광화학 모델링을 위한 대기오염물질 배출량 보정 방법: 초기 반응성 탄화수소 농도의 중요성

Air pollutant emission correction method for photochemical modelling: Importance of initial reactive hydrocarbon concentration

김진영, 김용표, 김영성

한국과학기술연구원 지구환경연구센터

1. 연구목적

대기질 모델링을 수행하는데 있어서 가장 중요한 입력자료로는 기상자료와 대기오염물질 배출량 자료를 들 수 있다. 현재 기상자료는 기상청에서 관리하고 있는 전국 72개의 지상관측소와 4개 지점의 고층 관측소가 운영되고 있다. 그러나 정부기관에서 관리하고 있는 대기질 모델링을 위한 현실성있는 배출량 자료는 없으며 이에 따라 각 연구기관별로 산발적인 연구가 수행되고 있는 실정이다 (김진영 등, 1997). 그러나 현실성 있는 대기질 모델링을 위해서는 배출량 산출자료의 정확성뿐만 아니라 경년변화, 계절변화, 일변화 등 배출량 자료의 시간에 따른 변화가 고려되어야 한다. 이 연구에서는 광화학 모델링을 위한 배출량 입력 자료의 보정 방법으로 EKMA 접근법을 이용하였으며, 특히 초기 반응성 탄화수소 농도 변화에 따른 배출량 보정 결과의 차이를 조사하였다.

2. 연구방법

EKMA는 오존 형성의 전구체인 VOC와 NO_x의 초기 농도를 광화학적으로 형성되는 오존의 최고농도와 관련지어 오존의 저감 대책을 수립하고자 하는 목적으로 미국 환경보호청에서 개발한 방법으로, 오존 생성과 소멸에 관련된 82개의 반응들로 구성된 CBM-4 (Carbon Bond Mechanism version 4) 화학 반응 기구를 이용한다. 대기중의 휘발성 유기화합물질을 탄소 화학 결합의 반응성을 기준으로 ethylene, olefin, acetaldehyde, formaldehyde, toluene, xylene, paraffin, isoprene 등의 특성을 지닌 ETH, OLE, ALD2, FORM, TOL, XYL, PAR, ISOP과 반응성이 없는 NR 등 9개 성분으로 대표될 수 있도록 묶은 후, 각 반응 기구를 이용하여 오존농도를 계산한다. 각 물질들의 농도 변화는 화학 반응, 오염물질의 배출, 혼합고의 변화에 따른 희석 효과, 혼합고 상부로부터의 물질 전달의 4가지 효과의 합으로 결정된다 (US EPA, 1989).

서울지역 20개 측정소 중 8개 측정소에서 일최고 오존 농도가 100 ppb를 초과하였던 1994년 7월 17일을 대상으로 EKMA를 이용하여 6시에서 20시까지 오존 농도를 예측하였는데, 이날 서울지역 20개 측정소의 시간에 따른 평균 오존농도중 일최고값은 17시에 94 ppb이었다. 서울 지역의 대표적인 반응성 탄화수소 농도를 파악하기 위하여, 서울 중심부에 위치한 기상청에서 측정한 1996년 8월 17일과 1997년 8월 2일의 측정결과를 초기 반응성 탄화수소 농도로 하여 그에 따른 차이를 살펴보았다. 각각의 경우에 반응성 탄화수소의 농도는 3,324 ppbC와 811 ppbC이었다. 기존 배출량자료로는 최덕일 등 (1994)의 수도권 지역 배출량 산정결과를 이용하였으며 HC 배출량으로 RHC 배출량을 대체하였다. 일변화는 미국 캘리포니아주 Burbank 지역의 일변화를 적용하였다.

3. 연구결과

1) 초기 RHC 농도가 3,324 ppbC인 경우

NO_x, VOC, CO의 배출량을 각각 최덕일 등이 산정한 배출량의 40%, 30%, 20%로 감소시킨 경우에 대체적으로 실제 측정값에 근접하였는데, 최고 오존 농도는 102 ppb로 실제 측정값보다 8 ppb 높았으며 농도가 나타난 시간은 17시로 같았다. 17시의 CO 농도는 0.81 ppm으로 실제농도 0.76 ppm과 거의 유사했으며, NO_x 농도는 93 ppb로 실제농도 31 ppb와 차이가 있었다. 이때 NO_x, VOC, CO의 일평균 단

위면적당 단위시간당 배출속은 각각 17.41, 3.49, 21.96 $\text{kg}/\text{km}^2 \cdot \text{hr}$ 으로 1994년 환경부 자료 (환경부, 1995) 21.3, 5.5, 48.1 $\text{kg}/\text{km}^2 \cdot \text{hr}$ 보다 각각 낮았다. 1994년 환경부 배출자료의 NO_x , VOC, CO의 일평균 단위면적당 단위시간당 배출속을 EKMA에 적용한 결과, 최고오존 농도는 16시에 69 ppb로 실제보다 다소 낮게 예측되었다.

2) 초기 RHC 농도가 811 ppbC인 경우

NO_x , VOC, CO의 배출량을 각각 최덕일 등이 산정한 배출량의 30%, 200%, 20%로 변화시킨 경우에 대체적으로 실제 측정값에 근접하였는데, 최고 오존 농도는 91 ppb로 실제 측정값보다 3 ppb 낮았으며 최고 농도가 나타난 시간은 17시로 같았다. 17시의 CO 농도는 0.81 ppm으로 초기 RHC 농도가 3,324 ppbC인 경우와 같았으며, NO_x 농도는 67 ppb로 실제농도보다 36 ppb 높았으나 초기 RHC 농도가 3,324 ppbC인 경우보다는 차이가 적었다. 1994년 환경부 배출자료의 NO_x , VOC, CO의 일평균 단위면적당 단위시간당 배출속을 EKMA에 적용한 결과, 최고오존 농도는 14시에 15 ppb로 실제보다 매우 낮게 예측되었다.

EKMA 접근법은 대기오염물질 배출량을 조정하기 위한 방법으로 매우 유용하게 사용될 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 초기 반응성 탄화수소 농도에 따라 적정 VOC 배출량이 크게 달라질 수 있는 것으로 보아 광화학 모델링을 수행함에 있어서 배출량뿐만 아니라 대표성있는 반응성 탄화수소 농도를 파악하는 것이 매우 중요하며, 이는 비단 EKMA와 같은 상자형 모델뿐만 아니라 CIT, UAM과 같은 격자형 모델을 이용하는 경우에도 모델링 수행결과에 큰 영향을 줄 수 있는 변수임을 알 수 있다.

4. 참고문헌

- 김진영, 김용표, 김영성 (1997), 수도권 지역의 대기오염물질 배출원 자료 분석, 대기보전학회 (제출)
- 최덕일 등 (1994), 수도권지역의 시정장애현상 규명을 위한 조사 연구(I): 시정감소 원인물질 및 메커니즘 규명, 국립환경연구원.
- 환경부 (1995), 환경통계연감.
- US EPA, (1989), User's manual for OZIPM-4 (Ozone Isopleth Plotting with optional Mechanism) volume 1. EPA-450/4-89-009a, U. S. EPA, Research Triangle Park.