

3B2) 서울의 휘발성유기화합물 배출량 자료 검증

Validation of the Emission Inventory of Volatile Organic Compounds in Seoul

김 용 표

이화여자대학교 환경공학과

1. 서 론

지난 2003년 12월 '수도권 대기환경 개선에 관한 특별법'이 국회를 통과하고, 특별법에 의거해 '수도권 대기환경관리 기본계획'이 2005년 11월에 발표되었다. 이 기본계획에 의하면 서울시의 경우 미세먼지와 이산화질소 농도를 2014년에 각각 $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ 과 22ppb로 줄이도록 되어있다. 이 목표 달성을 위해 관리대상 오염물질인 질소산화물, 황산화물, 미세먼지, 휘발성유기화합물의 2014년도 배출허용총량을 산정하였으며, 이는 2001년 대비 각각 53.0, 38.7, 38.7, 38.7% 삭감한 양이다(환경부, 2005).

관리대상 오염물질 가운데 휘발성유기화합물(volatile organic compounds, VOCs)은 목표 물질인 미세먼지나 질소산화물은 아니지만 (1) 대기에서의 광화학반응을 통해 직접, 또는 간접적으로 미세먼지로 전환될 수 있고, (2) 유해오염물질 성분을 포함하고 있으며, (3) 광화학반응을 통해 오존 생성에 기여하므로, 관리대상 오염물질로 선정된 것으로 보인다.

1990년대부터 환경부와 국립환경과학원에서 공동으로 매년 연료사용(석유·석탄·가스 등)에 따른 대기오염물질 배출량을 산정하여 왔다. 매년 시·도별 연료사용량을 토대로 4개 부문별(난방, 산업, 수송, 발전), 시·도별 배출량을 산정하여 왔으며, 사용연료별 대기 오염물질 배출계수는 주로 미국 환경청 계수를 사용해 왔다. 그러나 이 방법은 연료사용에 따른 배출량만을 산정하여 생산공정, 에너지공급, 유기용제 사용 등 비연소부문의 배출량은 산정하지 못하였다. 이러한 미비점을 보완하기 위해 1999년부터 지역별·부문별로 세분화된 대기오염물질 배출량 산정 및 전산조치시스템 구축을 주요내용으로 하는 대기정책지원시스템(CAPSS, Clean Air Policy Support System) 구축사업을 추진해 왔다(환경부, 2007a). 휘발성유기화합물의 경우 1997년에 비연소부문의 배출량을 포함한 배출량을 처음 산정하였고(환경부, 2001), 이후 CAPSS에서 지속적으로 배출량을 산출하고 있다.

배출량 자료는 인구나 산업 활동 등의 사회 여건 변화, 자동차 배출허용 기준 변화 등의 규제 변화 등으로 인해 계속 수정, 보완하여야 한다. 특히 휘발성유기화합물 배출량 자료는 외국에서도 오차가 큰 것으로 알려져 있다. 예를 들어 Pierson et al.(1990)과 Fujita et al.(1992)은 터널에서 측정된 휘발성유기화합물의 농도와 조성 자료와 배출량 자료를 비교하여 자동차에서 배출되는 휘발성유기화합물의 양이 과소평가되고 있다고 밝혔었다. 따라서 배출량 자료의 신뢰성 제고와 검증을 위한 연구가 필요하다.

이 연구에서는 기존의 서울의 휘발성유기화합물 대기중 농도와 주요 배출원 기여도 연구 결과, 그리고 휘발성유기화합물 배출량 자료를 바탕으로 배출량 자료의 신뢰성에 대해 토의하였다.

2. 방법

서울시내 대기에서의 휘발성유기화합물 주요 배출원 기여도를 산정하기 위해서 chemical mass balance model(CMB)를 사용하였다. CMB를 사용하기 위해서 필요한 측정 자료는 서울 시내 측정소 대기에서의 측정 결과(Na and Kim, 2001)와 서울 시내 주요배출원의 성분비 분석 결과(Na et al., 2004)이다. 자세한 CMB 모델 결과는 Na and Kim(2007)에 보였다. 배출량 자료는 환경부에서 발표한 휘발성유기화합물 배출량 자료이다(환경부, 2001, 2003, 2007b).

3. 결과 및 고찰

대기 측정이 1998년에, 그리고 주요 배출원 측정이 1999~2000년에 수행되었기 때문에 1997년부터

2001년 사이의 배출량 자료를 표 1에 같이 비교하였다. 또한 서울의 배출량 자료는 2001년 자료가 측정 기간과 가장 가까운 것이어서 참고로 2004년 서울의 배출량 자료를 같이 보였다.

수용 모델 결과와 배출량 자료의 가장 큰 차이는 자동차에 의한 배출 기여도가 수용모델에서는 50%를 넘는 반면 배출량 자료에서는 서울은 30% 내외, 전국적으로는 1997년 자료를 제외하고는 20% 이하라는 것이다. 이러한 차이는 (1) 수용 모델을 사용할 때 활용한 주요 배출원 측정 자료의 오차 등의 모델 입력 자료에서의 문제점, (2) 배출량 자료 산정시 유기용제 사용량의 과다 산정, (3) 배출량 자료 산정시 자동차 배출의 과소 산정 등의 여러 원인으로 인해 발생할 수 있다.

이 결과는 지속적인 휘발성유기화합물 배출량 자료의 보완, 개선 필요성을 보여주고 있다.

Table 1. Major sources of VOCs in Seoul: Emission inventory vs. the CMB result.

Fraction(%)	Vehicle exhaust ¹⁾	Solvent usage	Others	References
1997(Korea)	34.9	46.2 ²⁾	18.9	환경부(2001)
2000(Korea)	18.3	52.9	28.8	환경부(2003)
2001(Korea)	17.8	54.5	27.7	환경부(2003)
2001(Seoul)	28.8	65.0	6.2	환경부(2003)
2004(Seoul)	33.5	58.2	8.3	환경부(2007b)
CMB result (Seoul) (1998-2000)	52	26	22(~15% from gasoline evaporation)	This study

¹⁾On and off-road transport except the 1997 emission inventory data. In 1997, no classification was given.

²⁾Painting only, 55.2% if including other solvent usage such as printing, dry cleaning, and pavement.

참 고 문 헌

- 환경부 (2001) 환경백서 2001, 서울.
 환경부 (2003) 환경통계연감 2003, 과천.
 환경부 (2005) 수도권 대기환경관리 기본계획, 과천.
 환경부 (2007a) 환경백서 2007, 과천.
 환경부 (2007b) 환경통계연감 2007, 과천.
 Fujita et al. (1992) J. AWMA, 42, 264.
 Na, K. and Y.P. Kim (2001) Atmos. Environ., 35, 2603.
 Na, K. and Y.P. Kim (2007) Atmos. Environ., 41, 6715.
 Na, K. et al. (2004) Chemosphere, 55, 585.
 Pierson et al. (1990) J. AWMA, 40, 1495.