

G-6

CMB7 Model을 이용한 총 부유 분진의 오염원 기여도 평가

An Estimation of Source Apportionment for Total Suspended Particulates using CMB7 Model

류영태 · 이진홍

충남대학교 공과대학 환경공학과

1. 서론

대전광역시 1, 2공단 지역은 소규모의 금속, 기계, 고무/플라스틱, 화학제품 관련업체를 비롯하여 대규모의 비누, 화장품 등의 생산업체 및 일일 처리 규모 100톤의 도시 쓰레기 소각로 등 100여개 이상의 생산업체가 밀집되어 있는, 대전 지역 대기중 중금속의 오염이 가장 심하리라 예상되는 지역이다.

본 연구에서는 대전 1, 2 공단내 총 부유 분진의 오염원을 파악하고 각 오염원의 기여도를 평가하기 위하여, 유도결합 플라즈마 분광법을 이용하여 분석한 분진내 금속 성분의 농도자료와 미국 환경청의 배출원 자료를 참고로 CMB7 모델을 이용하였다.

2. 실험 및 방법

2.1 시료 포집 및 농도 분석

대기중 부유분진 시료는 대전시 대화동(대전 1,2공업단지내 대화동사무소 건물 옥상)에 설치한 High-Volume Air Sampler(Graseby Andersen: SAUB-1H Model, USA)를 이용하여 포집되었다. Sampler는 석영필터(Quartz Microfibre Filter, Watman QM-A, 8"×10")를 사용하였고, 포집기간은 4월 말부터 월 2주, 매주 주중에 각 여과지당 48시간동안 2회에 걸쳐 포집되었다.

분진을 채취한 여과지는 실험실에서 건조시켜 평량한 후 테플론 용기에 각 시료 여과지를 1/10정도 아크릴 가위로 잘라 60ml 테프론 가압용기 용기에 넣고 혼합산(질산:불산:과염소산=4:4:1) 5ml로 산분해 하였다. 산분해한 시료는 증발 건조시킨 후 1% 질산 용액으로 용출하여 폴리에틸렌 용기에 옮겨 정량분석에 사용하였다.

산분해한 시료는 대덕연구단지 내의 한국표준과학연구소 부설, 기초과학지원센터가 보유한 유도결합 플라즈마 분광분석기(ICP-AES; SHIMAZ ICPS-IV Model) 및 유도결합 플라즈마 질량분석기(ICP-MS; VG PQ II+ Model)를 이용하여 금속 성분 농도를 측정하였다. ICP-AES로는 As, V, Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, Mn, Ti을, ICP-MS로는 Be, Cd, Cr, Ni, Pb, Se, Zn, Cu, Sb를 분석한 후 대기중 농도로 환산하여 수용 모델을 위한 데이터로 사용하였다.

2.2 오염원의 기여도 평가방법

연구 대상 지역의 총 부유 분진에 대한 오염원별 기여도 산출을 위하여 배출원 자료의 선택은 대전 1, 2 공단의 거주업체 현황자료(대전산업단지협회, 1997)와 대기 오염 배출업소의 현황 자료(환경부, 1996)를 참조하여 배출업종이 많은 오염원을 선정하고 농도가 높은 원소를 배출할 가능성이 있는 오염원을 선택하여 비교한 후에 20여개의 오염원을 선택하고, 미국 EPA VOC/PM Speciation Data System(U.S. EPA, 1990)에서 배출원 자료를 취하였다.

CMB7 모델에서는 최대 21개 원소와 최대 16개의 source profile이 사용할 수 있기 때문에 측정된 원소와 선택된 오염원을 모델에 입력하였을 때와 제거하였을 때 결과가 안정하지 않고 변동이 심하게 움직이는 원소와 오염원을 제외시키면서 분진 시료별로 선택 변동 결과를 보면서 적합한 원소와 source profile을 선택하는 방법으로 안정한 모델 결과를 산출하였다. CMB7 모델에서 모델링의 신뢰도는 R^2 와 χ^2 값으로 결정하는 데, R^2 값은 대기 분진 시료에서 각각의 측정된 원소의 농도와 모델 결과에서 산출된

각각의 원소들의 농도와 각 상관 관계를 나타내는 것으로 0.8 이상일 때 결과의 신뢰성이 인정되고, χ^2 값은 모델에 입력된 원소들의 수에서 배출원의 수를 뺀 값(DF)과 관계된 것으로 4미만 일 때 모델의 신뢰도가 우수한 것으로 판단한다. 또한 실제 측정된 TSP 농도와 모델에서 계산한 TSP의 비가 80%~120% 사이에 있을 때도 신뢰도가 우수한 것으로 판단한다.

3. 결과 및 고찰

연구 대상 지역의 대기중 총 부유 분진에 대한 오염원 기여 농도는 평균 농도 데이터를 이용하여 앞에서 서술된 방법으로 산출되었고 그 결과는 표 1에 정리되어 있다. 이 표에서 보는 바와 같이, R^2 값은 0.96~0.99 사이, χ^2 값은 1.21~4.14 사이로 대부분 4미만, Percent Mass(실제 측정된 TSP 농도와 모델에서 계산한 TSP의 퍼센트를)은 56.0~94.6% 사이이다. 평가 결과, 4월에서 6월까지 디젤 차량이 11~35%, 석탄 연소가 12~26%, 나무 연소가 8~28%로 기여도가 큰 것으로 나타났고, 이 기간 동안의 평균 농도에 대한 오염원 기여도는 디젤 차량 35%, 석탄 연소 25%, 나무 연소 10%, 비료및 사료등 10%, 페인트 산업 10%로 나타났다. 이 결과에서 보는 것처럼 가장 높은 기여도를 나타낸 오염원은 디젤 차량과 석탄 연소로 예측되는데, 이 두 오염원은 4월에서 6월까지의 개별 데이터 기준으로는 전체 기여도의 36~61%, 이 기간 동안의 평균 농도 기준으로는 60%가 공단내의 총 부유 분진 발생에 기여하고 있다.

CMB7 모델이 대기 오염원을 규명하고 기여도를 산출하는 최적 수용 모델로 평가되고 있지만, 본 연구는 제한된 농도 데이터를 바탕으로 평가한 것이고 공단내 배출원 자료의 정확성 미비로 그 결과의 의미가 현재로서는 제한적이다.

Table 1. Performance test results of TSP samples by CMB7 (단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Results	April	May(1)	May(2)	June(1)	June(2)	Geometric mean
OILFP	0.4±0.1		1.2±0.1			0.8±0.1
WOODB	12.2±1.0	7.8±0.9	9.1±1.5	28.3±5.4	30.4±4.9	11.4±1.4
ZINCK	0.5±0.1			0.2±0.1	0.1±0.0	0.8±0.4
KRAFT		8.7±3.2		6.2±2.5	11.2±4.8	4.9±2.1
PAINT		1.5±2.9				15.7±6.1
UREAF	2.6±1.6, 2.3±0.		6.3±1.4			11.7±6.7
STTEL	3	0.8±0.2		0.5±0.2	0.5±0.3	0.3±0.4
ALPRO				3.7±1.6	6.8±1.7	38.7±8.9
DIESH	53.7±12.7	10.0±2.5	22.5±5.3	27.6±6.3	35.8±9.0	
PDUST			18.5±3.0			27.8±2.6
COALU	40.0±2.4	23.4±1.6	19.6±3.4	16.8±1.9	12.7±1.6	
Total Mea. TSP	151.82	92.98	103.94	109.05	109.10	111.78
Total Cal. TSP	109.27	52.12	77.48	83.25	94.58	105.72
Percent Mass	72.0	56.0	74.5	76.3	86.8	94.6
R Square	0.99	0.96	0.97	0.97	0.99	0.99
Chi Squires	1.99	3.31	4.14	3.43	1.21	1.66
DF	7	8	5	5	6	3