

3B5) 포천지역 대기중 PM10의 화학적특성 및 오염원의 기여도 추정에 관한 연구

Characterization of Chemical Species and Estimation of their Quantitative Source of Ambient PM10 in Pocheon Area

박태술·김동술¹⁾

대진대학교 환경공학과, ¹⁾경희대학교 환경응용학부

1. 서론

오염물질의 발생원 추정에 관한 연구는 대기오염의 원인이 되는 근본적인 문제를 정량적으로 확인할 수 있으므로 대기질을 종합적으로 관리하고 평가하는데 크게 기여하고 있다. 따라서, 오염원에 대한 기여율을 추정하는 수용모델(receptor model)이 응용 및 개발되고 있으나 우리나라의 경우 대부분 서울지역과 일부 수도권 이남지역인 수원지역을 중심으로 연구가 집중되고 있을 뿐이며, 수도권 북부지역의 경우 대기오염에 관한 기초조사는 물론이고, 관심조차 낮은 실정에 있다.

본 연구의 대상지점인 포천은 아직 대기오염과 관련된 사건이나 사고 기록은 없으며, 현재에도 대기오염이 심각하다고 느끼지는 않는다. 그러나 2000년 현재 이 지역의 인구는 15만 명에 이르렀고, 특히 포천읍과 소흘읍의 인구가 5만 명 이상으로 집중되어 이미 소도시 규모를 갖추고 있다. 또한, 관내 980여 개 업소 중 700여 개가 오염물질 배출량이 높은 제조업 관련 업이고, 30여 곳의 채석사업 등은 대기환경에 미칠 영향이 클 것으로 예측할 수 있다.

2. 연구 방법

본 연구는 경기도 포천군 대진대학교 이공대학 가동 5층 옥상(지상으로부터 약 15 m, 해발고도 약 250 m)을 대상지역으로 시료채취가 이루어졌고, 시료분석은 34개 금속성분과 9개 이온성분으로 분류하고, 금속원소에 대해서는 원칙적으로 ICP/MS(Sciex Elan 5000, Perkin-Elmer)에 의해 분석하였으나, 일부 금속원소인 Na, Al, Si, K, Fe 및 Cu에 대해서는 AAS(AAS-680, Shimadzu)를 병행하여 실시하였다. 수용성 이온성분의 분석은 IC(DX-500, Dionex)에 의해 음이온성분인 F⁻, Cl⁻, Br⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻를 분석하였고, AAS에 의해 양이온성분의 K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺를 분석하였다. 이밖에 NH₄⁺는 인도페놀법에 의한 UV/VIS(UV-160A, Shimadzu)에 의해 분석하였다.

오염원의 정보가 전무한 포천지역의 오염원의 기여도를 정량적으로 추정하기 위하여 다변량 통계기법의 하나인 TTFA에 의해 수행되었고, TTFA에 의해 수행된 발생원의 정량적 기여도를 풍향별로 고려하여 PM₁₀ 발생원을 더욱 구체적으로 확인하였다. 통계처리는 SPSS/PC^{*}(Statistical Package for the Social Sciences, ver. 8.0) 및 SAS(Statistical Analysis System, ver. 8.0)와 FOTRAN으로 짜여진 FANTASIA 응용프로그램에 의해 수행하였다.

3. 결과 및 고찰

본 연구에서 수행된 포천지역의 대기 중 PM₁₀은 해염입자(marine), 농촌소각(agriculture burning), 석탄 사용(coal-fire), 주로 폐유의 연소(waste oil-fire)와 토양 및 도로먼지(soil / road dust) 등과 같은 5개의 오염원으로부터 기여되는 것으로 확인되었다. 또한, 각 오염원에 대한 질량기여도를 산출한 결과 분석원소에 대한 총 질량은 평균 약 43%에 해당되었다. 일반적으로 오염원에 대한 질량기여도를 산출하기 위해서는 분석원소에 대한 총 질량이 70% 이상이 되어야 하는 것으로 보고하고 있다(이태정, 1997). 그러나, 대기 분진 중 상당 부분을 차지하고 있는 것으로 알려져 있는 C, S 등이 분석대상에서 제외됨에 따라 70%이상의 질량기여도를 산출하는 것은 역부족이었다.

표 1은 수용모델의 발생원을 정량적으로 평가하고 확인하는 방법으로 기상인자인 풍향을 도입하여

풍향별 각 오염원의 발생량을 추정하여 나타낸 결과이다.

Table 1. Average source contribution for each wind direction.

Sources	unite	N~E (NE)	S~E (SE)	S~W (SW)	W~N (NW)	Avg.
PM ₁₀	μg/m ³	78.29	77.94	92.64	84.69	86.09
Marine (A)	μg/m ³	10.21	12.40	26.99	9.93	15.68
	(%)	(14.77)	(17.03)	(30.33)	(12.31)	(18.79)
Agriculture burning (B)	μg/m ³	7.27	12.05	9.46	8.87	9.06
	(%)	(9.88)	(12.47)	(11.02)	(10.63)	(10.78)
Coal burning (C)	μg/m ³	8.89	1.84	3.89	6.22	5.52
	(%)	(11.25)	(3.50)	(4.26)	(8.20)	(7.00)
Waste Oil burning (D)	μg/m ³	7.18	1.40	1.14	8.89	5.69
	(%)	(8.87)	(1.70)	(1.25)	(10.78)	(6.88)
Soil & Road dust (E)	μg/m ³	44.74	50.25	51.16	50.79	50.13
	(%)	(55.22)	(65.27)	(53.13)	(58.07)	(56.54)

표 1은 풍향별 발생원의 기여도 (μg/m³, %)를 나타낸 것으로 발생원에 대한 풍향은 북에서 동 (NE), 동에서 남 (SE), 남에서 서 (SW), 서에서 북 (WN) 풍으로 4 방위로 분류하고, 각 발생원의 기여도를 나타내었다.

오염원과 풍향과의 관계에서 오염원 A는 해염입자와 관련된 오염원으로 풍향별 평균 기여도는 18.8%로 나타났으며, 이중 북동풍, 남동풍 및 북서풍에서는 12%에서 17%의 범위로 큰 차이가 없었으나 남서풍에서는 30.3%로 매우 높은 기여도를 나타내었다. 이러한 결과는 계절적으로 태풍의 영향이 잦은 여름철과 관계가 깊으며, 지리적으로 북쪽은 대륙의 영향권인데 반해 남서방향은 서해바다의 영향을 받을 수 있는 패서 크게 기여된 것으로 사료된다. 오염원 B는 농촌소각과 관련된 오염원으로 9.9%에서 12.5%로 평균 기여도 10.8% 내외로써 풍향별 기여도는 큰 차이가 없었다. 즉, 오염원이 특정방향에 국한되지 않고 사방에 분포되어 있는 형태로 어느 곳에서나 불법 소각행위가 자행되고 있음을 알 수 있다. 오염원 C와 D는 각각 화석연료와 관련된 오염원으로 오염원 C는 석탄연소, D는 폐 유 연소 오염원으로 풍향별 평균 기여도는 각각 7% 및 6.9%로 두 오염원의 기여도는 비슷한 양상으로 나타났다. 또한 두 오염원은 북동풍과 북서풍에 의해 크게 기여되는 것으로 확인되었고, 오염원 C는 앞에서 언급한 바와 같이 산업장과 관련된 오염원으로 추정된 바 있다. 이는 북서방향에 위치한 각종 가내 열 기계 시설이 있는 공장지대로부터 기여되는 것으로 추정되어진다. 이들 시설은 거의 대부분 영세시설로 특별한 방지시설이 없어 대기중으로 직접 배출되고 있는 실정이다. 오염원 E는 토양 및 도로분진과 관련된 오염원으로 분류되었으며 풍향별 평균 기여도는 56.5%로 4 방위 모두 50%이상으로 매우 높은 기여도를 나타내었다. 특히, 동남풍에 의해 65.3%의 높은 기여도를 나타내었다. 측정위치에서 동남 방향은 교내의 경우 장기간에 걸친 매립공사가 진행중에 있고, 멀리는 농경지와 43번 국도가 남북으로 이어지고 있어 토양성분 및 도로분진과 관련된 오염원의 기여도가 높게 나타난 것으로 확인된다.

참 고 문 헌

- 경기도 (1981~1999) 경기통계연보.
 경기북부상공회의소 (1994, 1996, 1999) 경기북부기업체총람.
 김관수, 황인조, 김동술 (2001) 수원지역 대기중 PM-10 오염원의 정량평가를 위한 수용방법론의 개발, 한국대기환경학회지, 17(2), p 119~131.
 김동술 (1990) 黃砂의 量的推定을 위한 基礎研究, 한국대기보전학회지, 6(1), p 11~21.
 이태정 (1997) 수원지역 입자상 오염물질중 화학원소의 농도경향 및 오염원 기여도 추정에 관한 연구, 경희대학교 박사학위논문.