

A Study on Chemical Characteristics of Dustfall Matter
in Suwon Area

김현섭, 김동술

경희대학교 환경학과 대기오염연구실

I. 서 론

대기 중 입자상 물질의 소멸과 지표면으로의 침착은 중력, 충돌, 확산과정에 의해 직접 지면으로 이동하는 건식침착(dry deposition)과 대기중 오염물질이 강우, 안개, 응축 등에 의해 표면으로 이동되는 습식침착(wet deposition)의 두가지 기본경로가 있다. 보통 총침착물(total deposition)이란 항시 개봉된 포집용기에 포집된 습식, 건식 강하물을 총칭한다. 이러한 오염물질의 제거기작은 대기 중의 분진농도를 저감시키는 주요 메커니즘이나, 역으로 대기 중 오염물질의 소멸로 인하여 토양, 수계(water system) 및 동식물 생태계에 피해를 줄 수 있는 2차 오염과정이기도 하다. 특히, 대기 중으로 방출되는 황산화물 및 질소산화물 등은 강수에 의한 습식침착으로 제거되기도 하며, 입자상 물질로 전환되어 건식침착으로 제거되기도 한다. 이러한 침착현상은 산성우, 시정, 오염물질의 장거리 수송 연구 등에서 기본이 되는 연구분야이며, 대기오염물질이 토양, 수계 및 동식물 생태계와 재산상에 미치는 영향을 연구할 때도 중요시되고 있다(김성천 등, 1996). 다시 말해, 건식 및 습식침착에 의한 오염물질의 제거과정 연구는 대기오염학에서 가장 중요시되어야 할 기초 연구 중의 하나이다. 미국에서는 1984년 이래 건식침착에 대한 측정망(National Dry Deposition Network; NDDN)이 구성되어 건식침착 과정에 관한 연구가 수행되는 등 활발한 연구가 진행되고 있지만, 현재 우리나라는 입자상 오염물질에 대한 대기환경기준 항목에 국민이 느끼는 체감오염과 관련이 깊은 강하분진과 관련된 기준은 제외되는 등 기초연구는 부족한 실정이다.

따라서, 본 연구는 수원지역의 강하분진을 포집하고, 분진 중의 화학성분을 분석하여 강하분진 및 화학성분의 월별, 계절별 침착량 경향을 파악하고자 하였다. 또한 다변량 통계기법을 이용하여 대기 중 강하분진의 생성원을 정성적으로 파악하고, 화학적 성분의 존재형태를 해석하여 지역 대기질의 종합적 평가를 수행하였다.

II. 연구 방법

수원지역의 강하분진량 조사 및 강하분진의 화학적 특성을 살펴보기 위하여 수원시 전역과 수원시 외곽의 일부지역을 3 × 3 km 간격의 격자로 나누어 지역특성을 대표할 수 있는 35개 지점을 선정하였다. 이 지점을 중심으로 1995년 12월부터 1996년 11월 까지 12개월 동안 연구를 수행하였다. 강하분진의 포집을 위해 수정된 British deposit gauge를 자체 제작하여 지상 및 건물 옥상에 설치하였으며, 난류의 영향을 최소화하기 위하여 1.5 m 높이의 지지대에 포집장치를 고정시켰다. 각 지점에서의 동시 측정기간은 매회 약 30일 동안으로 우수량을 고려하여 공기 중에 노출시켰으며, 기상상태, 온도 및 포집기의 이상 유무는 일별로 점검되었다. 시료포집은 건성 강하물과 습성강하물을 동시에 포집하는 일괄채취법(bulk sampling method)을 이용하였다.

수거된 시료는 진공펌프가 부착된 여과장치에 막여지(membrane filter, pore size 1.0 μm, diameter 47 mm, Whatman Co.)를 사용하여 흡입여과하여 잔류물은 불용성으로, 여액은 수용성으로 분류하였다. 금속원소의 침착량 결정을 위하여 불용성성분은 미국 EPA에서 고시한 CWA (Clean Water Act)의 Microwave 전처리법으로 Questron (Questron Co., Model Q-15 MicroPrep)을 사용한 질산 전처리법을 수행하였으며, 수용성 성분은 시계접시법을 이용하였다. 전처리 된 각각의 성분은 AAS(Atomic Absorption Spectrophotometer, Hitachi, model Z-6100)를 사용하여 무기원소를 분석하였다. 무기원소는 수용성성분과 불용성성분을 합산하여 계산하였다. 또한, 전처리 과정을 거치지 않은 수용성 성분은 IC(Ion Chromatography, DIONEX사, Model DX-400)을 이용하여 이온성분을 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

연구기간 중 총강하분진의 평균 침착량은 $176.8 \text{ kg/km}^2/\text{day}$ 로 나타났다. 강수량이 작았던 2월은 겨울철임에도 낮은 침착량을 보여주었고 수용성 성분의 비도 낮게 나타났으나, 강수량이 많았던 3월은 높은 강하분진 침착량을 보여주었고 수용성 성분의 비도 높은 것으로 나타나, 강수량이 침착량에 영향을 주는 것으로 보여진다.

총강하분진은 3월의 $303.5 \text{ kg/km}^2/\text{day}$ 를 정점으로 9월까지 감소하다가 10월부터 다시 증가하는 양상을 보여주고 있다. 이러한 결과는 겨울과 봄에 높은 오염도를 나타내고, 여름에는 낮은 오염도를 나타내는 우리나라 오염양상과 같다고 볼 수 있다. 총강하분진에 대한 수용성 성분의 평균비는 0.43로 나타났다. 강하분진 중 무기원소 및 이온성분의 대부분은 강하분진과 비슷한 변화경향을 보여주고 있다. 그러나, 토양입자성분인 Al, Fe, Ca^{2+} 등은 황사현상이 일어나는 4월에 가장 높은 침착량을 보여 주었다. 각 원소들 간의 상관성은 해염성분인 Cl^- 와 Na^+ , Cl^- 와 Mg^{2+} , Cl^- 와 SO_4^{2-} 이 각각 0.82, 0.77, 0.76로 높은 상관성을 보여주고 있다. 인자분석결과 제 1인자는 토양성분이며, 제 2인자는 해염성분, 제 3인자는 인위적 오염원으로 해석되므로 자연발생적 오염원이 강하분진에 가장 많은 기여를 하고 있는 것으로 추정된다. 또한, 각각의 강하분진 성분을 종속변수로 하고 그 외 성분을 독립변수로 하는 다중회귀식을 구하고 종속변수에 대한 독립변수의 기여율을 산출하여 강하분진의 화학적 존재형태를 확인 할 수 있었다.

Table 1. Seasonal variation of chemical species flux. (unit: $\text{kg/km}^2/\text{day}$)

	Winter	Spring	Summer	Fall
Al	1.723	3.328	1.439	0.800
Ba	0.316	0.661	0.353	0.778
Cd	0.003	0.003	0.003	0.003
Cr	0.030	0.042	0.011	0.043
Cu	0.071	0.073	0.022	0.028
Fe	3.756	4.256	2.363	2.021
K	1.206	1.864	1.104	1.503
Ni	0.042	0.061	0.016	0.036
Pb	0.151	0.127	0.050	0.046
Sb	0.027	0.118	0.093	0.350
V	0.035	0.131	0.030	0.134
Zn	0.203	0.347	0.216	0.287
F^-	0.220	0.298	0.150	0.208
Cl^-	3.663	1.355	1.386	4.514
NO_3^-	3.593	6.186	4.190	5.521
SO_4^{2-}	10.651	18.194	7.372	9.666
Na^+	1.602	1.706	1.134	1.885
NH_4^+	2.464	5.567	1.806	1.934
Mg^{2+}	0.460	0.707	0.431	0.888
Ca^{2+}	4.339	9.606	5.629	7.298

IV 참고문헌

김성천, 김동술(1996) 한국에서 분진 및 금속원소의 건식 침착속도 추정에 관한 연구, 한국대기보전학회지, 12(1), 101-112.

Alpert, D.J. and P.K. Hopke (1980) A quantitative determination of source in Boston urban aerosol, Atmospheric Environment, 14A, 1137-1146.

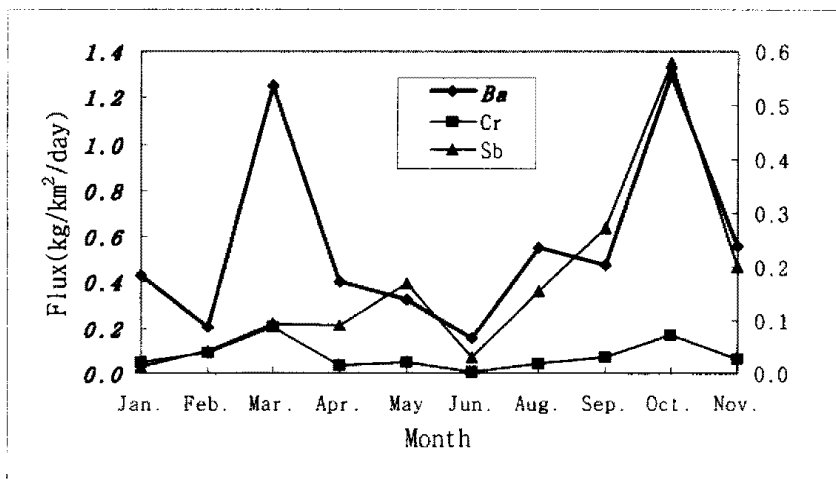
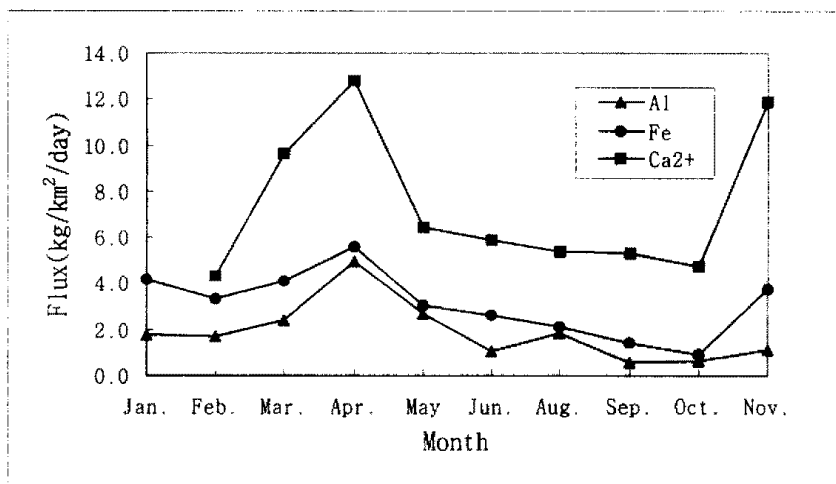
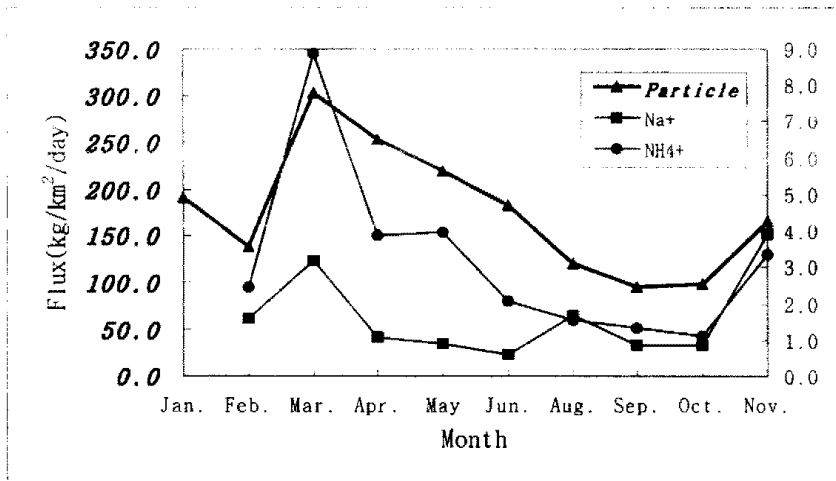


Fig. 1. Monthly distribution of particle and chemical species flux.