

PB16) 2005년 서울지역의 건성강하량 산정에 관한 연구
Estimation of Dry Deposition in Seoul Metropolitan Area, 2005

신선아 · 한진석 · 이상덕 · 최진수
 국립환경과학원 환경진단부

1. 서 론

강수입자들이 낙하하면서 오염물질을 포착하는 과정에서 제거되는 습성강하 외에 대기에서 식생, 토양, 수면 등의 지표면으로 직접적으로 이동되는 과정인 건성강하에 의한 침착량은 오염물질의 대기 중 농도(C)와 강하속도의 곱(V_d)으로 나타낼 수 있으며, 본 연구에서는 건성강하량 측정을 위해 대기 중 입자상($PM_{2.5}$) 및 가스상 물질에 대한 시료채취 및 분석을 실시하고, 서울지역의 가스상 물질(SO_2 , HNO_3 , O_3)과 입자상 물질 각각에 대한 건성침착속도 및 건성침착량을 산정하였다.

2. 연구 방법

대상물질들의 지표층 농도를 파악하기위해 2005년 1월부터 10월까지 $PM_{2.5}$ 에 대한 상시측정을 실시하였으며, 4월, 8월, 10월에 각각 10일 동안 3회에 걸쳐 HNO_3 에 대한 집중측정을 실시하였다. 입자상 물질과 가스상 물질의 NO_3^- , SO_4^{2-} 농도는 자동시료분석기(automated sampler : Dionex, USA)가 연결된 이온크로마토그래피(Ion Chromatograph : Dionex DX-500, USA)를 사용하여 분석하였으며, NH_4^+ 는 자외-가시선 분광광도계(Perkin Elmer, Lambda 20)를 이용하여 640 nm파장에서 발색시키는 인도페놀법으로 분석하였다. 이 외에 SO_2 및 O_3 농도는 대기오염측정망(국립환경과학원)의 월평균 자료를 사용하였으며, 각 물질별 침착속도는 서울기상관측소(서울시 종로구)의 기상자료(시간평균)를 활용해 산출하였다.

3. 결과 및 고찰

2005년 서울지역의 기상자료를 활용하여 SO_2 , HNO_3 , O_3 , 그리고 에어로졸(SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+)에 대한 침착속도를 계산하였으며, 그 결과는 표 1과 같다. SO_2 의 평균 침착속도는 0.31 cm/sec, HNO_3 의 경우 5.14 cm/sec, O_3 의 경우 0.22 cm/sec, 그리고 에어로졸의 평균 침착속도는 0.12 cm/sec로 나타났다.

Table 1. Summary of mean deposition velocity

	Dry deposition velocity(cm/sec)			
	V_d, SO_2	V_d, HNO_3	V_d, O_3	$V_d, aerosol$
Mean	0.31	5.14	0.22	0.12
S.D	0.16	1.7	0.01	0.02
Max	1.34	11.1	0.24	0.17
Min	0.17	1.49	0.19	0.03

Table 2. Mean dry deposition flux in Seoul

	Dry deposition flux($mg/m^2 \cdot d$)					
	SO_2	HNO_3	O_3	SO_4^{2-}	NH_4^+	NO_3^-
Mean	2.31	10.40	8.74	1.01	0.37	0.39
S.D	0.77	7.03	2.40	0.77	0.23	0.37

측정기간 중 서울지역의 SO₂의 침착량은 2.31 mg/m²·day이고, 입자상 물질에 의한 SO₄²⁻의 평균침착량은 1.01 mg/m²·day로 나타나 SO₂에 비해 상대적으로 적은 침착량을 나타내었으며, 이는 기존의 문헌들과도 일치하는 결과이다. HNO₃는 10.40 mg/m²·day로 다른 질소관련 강하물 NH₄⁺, NO₃⁻에 비해 상당히 높은 침착량을 보이고 있으며, O₃은 8.74 mg/m²·day로 나타났다. 서울지역의 SO₄²⁻에 대한 습성침착량(wet)과 앞에서 구한 SO₂ 및 SO₄²⁻에 대한 각각의 건성침착량(dry-SO₂, dry-SO₄²⁻)을 2005년 1월부터 10월까지 월별로 비교한 결과 황성분에 대한 전체적인 산성강하량은 습성에 의한 비중이 건성에 비해 높은 것으로 나타났으며, 특히 강우가 심한 여름철에 그 차이가 급격히 증가하는 것을 알 수 있다.

끝으로 계산된 건성강하량을 기존의 습성자료와 함께 비교·정리한 결과, 서울지역의 2005년 산성강하물은 황(sulfur)성분에 대해서 1.7 g/m²·year, 질소(Nitrogen) 성분에 대해서 2.1 g/m²·year로 조사되었으며, 그림 1은 황성분 강하에 대한 각 성분별 기여도와 질소성분 강하에 대한 성분별 기여도를 백분율로 표시한 것이다. 황화합물을 황으로(S) 환산하면 습성강하물중의 SO₄²⁻성분의 황(Sulfur)이 총 황(Sulfur) 강하량 중 가장 큰 비중을 차지하는 것으로 나타났으며, 가스상 SO₂의 황(Sulfur), 건성강하물 SO₄²⁻의 황(Sulfur)순으로 나타났으며 이는 미국에서 조사된 결과와도 유사하다(CASTNET, USA). 그러나, 총질소 강하물의 경우 가스상의 HNO₃의 질소(Nitrogen)가 차지하는 비중이 가장 큰 것으로 나타나 CASTNET(2003)의 Wet-NO₃⁻와는 차이를 보이고 있다. 이는 앞에서 측정된 HNO₃의 침강속도가 다른 문헌결과와 비교해 높은 값을 보인 결과로 추정되나 이후 다양한 지역에 대한 장기간의 침강속도 및 침착률에 대한 연구를 통해 보완해야 할 것으로 사료된다. 그림 1에 따르면 전체 강하량에 대한 건성강하물이 차지하는 비율은 황(Sulfur)과 질소(Nitrogen) 성분에 대해 각각 27%와 40%를 나타내었다.

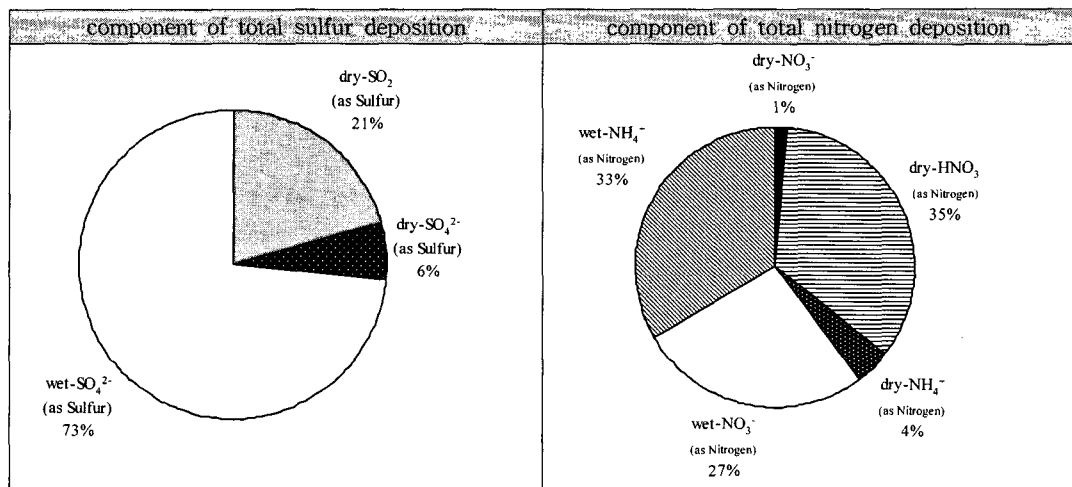


Fig. 1. Contribution to atmospheric deposition in Seoul.

참 고 문 헌

- 국립환경연구원, 2004, 산성강하물 모니터링과 생태계 영향조사(I).
 CASTNET, 2004, Cloud and Dry Deposition Monitoring, Great Smoky Mountain National Park-Clingmans Dome, TN-2004, Clean Air Status and Trends Network, U.S. EPA.
 CASTNET, 2004, 2003 annual report, Clean Air Status and Trends Network, U.S. EPA.