

AA7) 부산지역에서의 Sulfate와 Nitrate의 침적량에 관한 연구 A Study on Bulk Deposition Flux of Sulfate and Nitrate in Pusan, Korea

김유근¹⁾ · 박종길²⁾ · 문덕환³⁾ · 황용식^{1,3)}

¹⁾부산대학교 대기과학과, ²⁾인제대학교 환경시스템학부,

³⁾인제대학교 의과대학 산업의학교실 및 산업의학연구소

1. 서론

산업화·도시화에 따라 인구 증가, 교통량 증가 및 도시 구조물의 증가 등으로 인하여 도시의 대기 오염과 열섬 현상 등이 날로 심각한 사회문제로 제기되고 있다. 일반적으로 대기 중에 부유하는 오염 물질들은 광화학 반응을 통하여 2차 오염물질이 생성되기도 하고, 기상인자에 의하여 확산 또는 수송되어 대기오염도가 감소하거나, 중력에 의하여 지표 부근에 침적되어 제거된다. 특히, 건성 및 습성 침적되는 강하먼지는 단위 지역의 대기오염을 파악하거나, 타 지역과의 비교에 지표로 활용되고 있다. 강하먼지를 측정한다는 것은 일반적으로 특정한 오염원을 대상으로 하기보다는 일정한 지역에서 침강하는 대기침적물질의 평균적인 침적량을 측정하는 것으로서 그 지역의 대기오염도를 파악하는 간접적인 평가인자로서 활용될 수 있는 비교적 간편한 방법이며, 건성과 습성 침적물을 동시에 포집할 수 있는 장점이 있다(최재천 등, 1995). 대기 침적물은 자연적이거나 인위적인 오염물질이 포함되어 있어서 경제적인 피해는 물론이고, 문화재의 훼손과 건강장애 요인으로서 인체 및 생활에 직·간접적인 형태로 영향이 미친다. 이러한 이유로 인하여 미국 캐나다 등을 비롯한 많은 나라에서 다양한 연구가 진행되고 있다. 우리나라에서는 서울과 제주도 등에서 일부 진행되고 있으나 부산지역의 경우 강하먼지에 대한 연구자료가 하계 또는 일부 지역에 편중되어 있어서 도시화에서 비롯되는 주거, 상업, 공업, 농업 그리고 해안 지역 등에서의 활용도가 매우 낮은 수준이다.

따라서 본 연구는 측정지점에 따른 강하먼지의 화학적 조성과 기상조건에 따른 변동량을 연구하고자 한다. 부산지역을 공업지역·상업지역·해안지역·농업지역 그리고 주거지역으로 분류한 측정지점(감전동, 신평동, 개금동, 용호동, 기장읍, 부곡동)에서 sulfate와 nitrate의 침적 특성을 파악하고, 자연적 또는 인위적인 오염원으로부터 대기 침적물에 대한 기초자료를 제공하고자 한다.

2. 연구방법

측정지점은 부산지역 내 6개 지점을 선정하였으며, 1999년 3월부터 2001년 2월까지 월별로 2년간 실시하였다. 또한 사상공단에 위치한 감전동 지점과 신평·장림 공단에 위치한 신평동 지점을 공단지역, 도로변에 위치한 개금동을 상업지역, 바다에 인접한 용호동을 해안지역으로, 기장읍을 농업지역, 그리고 부곡동 지점을 주거지역으로 하여 5개 지역으로 구분하여 지역별 분포 특성을 조사하였다.

강하먼지의 포집을 위하여 사방이 개방된 3층 건물 옥상에 높이 1.5m인 철재 구조물에 광구형형 dust jar를 설치하여 지상의 영향을 받지 않도록 하였으며, 건성과 습성 강하물이 동시에 포집될 수 있도록 직경 10cm인 3.6ℓ들이 폴리에틸렌 병에 탈이온수 2.0ℓ를 넣어 포집에 이용하였다. 채취된 시료는 Whatman(No. 42) 여지를 105℃에서 2시간 건조(강병욱 등, 1992)하고 감도가 0.01mg인 전자저울(Saritoris microbalance, Germany)로 무게를 칭량한 후 여과하였다. 분리된 여액은 100ml 폴리에틸렌 병에 담아 4℃의 냉장소에 보관한 후 수용성 성분은 IC(DX-500, Dionex Co., USA)를 이용하여 F⁻, Cl⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻ 및 SO₄²⁻를 분석하였으며, NH₄⁺은 흡광광도계(U-2000, Hitachi Co., Japan)를 이용하여 인도 페놀법으로 분석하였다. 또한 여지는 필터전 조건과 동일하게 하여 여과 전후의 중량차로 강하먼지의 농도를 측정하였으며, 불용성 성분을 정량하기 위하여 표준 시험법(Standard Method, 1992)에 의거하여 습식 탄화법으로 전처리(비이커에 여지를 넣고, 질산 50v/v% 10ml 가한 후 watch glass를 덮고, hot plate에서 일정량으로 탄화시킨 후 여과하여 0.5% 질산으로 25ml의 용량을 맞춘다)하였다.

강하먼지 중의 불용성 및 수용성 미량원소를 정량하기 위하여 ICP/AES(ICP-IRIS, Thermo Jarrell Ash Co., USA)를 이용하여 Al, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Si 그리고 Zn을 분석하였으며, AAS(Perkin Elmer 4100ZL, Flameless method)를 이용하여 Cd, Cr, Mn, Ni 그리고 Pb를 분석하였다.

수용성 강하물의 농도 계산은 일반적인 아래 식과 같이 수행하였다.

$$\text{수용성 강하물(ton/km/month)} = 1.273 \times \frac{C_s \times V_s}{D^2} \times \frac{30}{N}$$

여기서, D : Dust Jar의 직경(cm)

N : Dust Jar의 방치일(day)

C_s : 수용성 강하물질의 성분 농도(μg/ml) V_s : 수용액 량(ml)

3. 결과 및 고찰

북서쪽으로는 내륙이 연이어 있고, 남동쪽으로는 바다가 인접한 부산지역은 기계설비 및 자동차 부품제조업이 발달한 공단지역, 도로변에 위치한 상업지역, 농업지역 그리고 주거지역이 내륙쪽으로 형성된 전형적인 연안 대도시이다. 계절별·지역별 강하물의 침적특성을 조사하여 대기오염의 지표로 활용하기 위하여 SO₄²⁻와 NO₃⁻의 침적량을 분율로 계산하여 표1과 같이 나타내었다.

[SO₄²⁻/NO₃⁻]의 지역별 분포는 상업지역, 공단지역, 해안지역, 농업지역 및 주거지역 순으로 각각 10.15, 7.79, 7.67, 5.01 그리고 4.68로서 겨울철에 가장 높았으며, 여름철에는 공단지역, 상업지역, 해안지역 및 주거지역은 각각 4.44, 3.78, 3.79 그리고 2.78로서 가장 낮았다. 농업지역은 봄철에 3.08로서 가장 낮았으며, 부산지역에서 겨울철의 경우 이기호 등(1999)의 제주지역 연구자료보다는 높고 강병욱 등(1992)의 서울지역 연구자료보다는 낮게 나타났다. 또한 SO₄²⁻과 NO₃⁻의 년평균 침적량은 각각 1148.20 kg/km/month과 247.91 kg/km/month로 조사되었으며, 해안지역이 가장 높게 나타났다.

Table 1. Equivalent ratio of SO₄²⁻ and NO₃⁻ (SO₄²⁻/NO₃⁻) over Pusan area.

Season	This study						Cheju*	Seoul**
	Industrial zone	Commercial zone	Coastal zone	Agricultural zone	Residential zone	Total		
Spring	5.41	4.79	4.06	3.08	3.20	4.33	5.09	14.78
Summer	4.44	3.78	3.79	3.56	2.78	3.80	5.89	4.48
Fall	5.22	6.63	4.78	3.85	3.39	4.86	5.67	21.15
Winter	7.79	10.15	7.67	5.01	4.68	7.32	5.84	13.05
Annual	5.30	5.51	4.64	3.64	3.27	4.63	5.68	12.97

*; Lee *et al.* (1999)

**; Kang *et al.* (1992)

참고문헌

- 강병욱, 강공언, 김민영 (1992) 서울시 강하분진 중 수용성 성분의 강하량, 한국대기보전학회지, 8(4), 240~246.
- 이기호, 허철구, 송문호, 박용이 (1999) 제주지역 강하먼지의 조성에 관하여 - 1. 화학적 조성 및 침적량, 한국대기환경학회지, 15(1), 13-22.
- Vallack, H. W. and D. E. Shillito (1998) Suggested guidelines for deposited ambient dust, Atmospheric Environment, 32(16), 2737~2744.