

## 김해지역 강수의 산도 및 중금속 분포의 특성

The Characteristics of Heavy Metals Behavior and Acidity at Kimhae Area Precipitation

황용식\*, 박종길, 박홍재, 이부용

인제대학교 환경학과, 부산대학교 대기과학과

## 1. 서론

산업혁명 이후로 급속한 산업의 발달과 인구의 도시 집중화현상으로 인하여 화석연료의 사용량은 점차 증가하게 되어 대도시 및 공업단지 주변지역의 대기오염이 점점 심각한 사회문제로 등장하게 되었다. 이러한 대기오염물질은 평상시는 대기중에 부유하면서 직접적인 피해를 주기도 하지만, 빗물 등의 강수현상에 의해 응결 낙하되거나 씻겨내림으로써 강수내의 화학적 성분 변화를 초래한다. 자연강수의 pH는 생물학적 중성치인 약 5.6을 가지나, 대기의 오염물질속에 포함되어 있는 황산화물이나 질소산화물 등이 대기내 수분과 결합하여 황산이나 질산의 형태로 바뀌어 강수의 pH는 자연강수보다 저하되는데 이러한 현상을 산성강우라 한다.

오늘날 산성강우는 국지적인 오염문제를 벗어나 전 지구적인 환경문제로 대두되고 있어 지구규모의 감시와 연구가 필요하게 되었다. 산성우에 대한 국외의 연구는 상당한 부분까지 연구되어 있으나, 최근 공업화를 서두르고 있는 중국을 서쪽에 두고 있는 우리나라는 국지적인 연구를 벗어나지 못하고 있으며 특히 대기 중의 유해 중금속의 거동에 대한 연구는 특정 유해 중금속을 제외하고는 전무한 상태이다.

따라서 본 연구에서는 극미량이라도 동·식물을 비롯한 모든 생태계에 치명적인 영향을 미치는 강수중의 중금속과 각종 이온을 정량분석하고, 기상요소와의 관계를 통하여 대기중 유해물질인 중금속의 거동을 알아보고자 한다.

## II. 관측개요 및 연구방법

김해지방에서 강수중의 중금속 및 이온의 거동에 관한 특성을 파악하기 위하여 1994년 5월에서 6월까지 인제대학교(35°15'40"N, 128°54'20"E) B동 옥상에서 실시하였다. 관측장소는 Fig.1에서 보듯이 북서쪽에는 해발 323m의 분성산과 북동으로는 고도 630m의 신어산이 있고, 남동으로는 380m의 돛대산으로 둘러싸인 분지지형에 위치하며 그 사이로 길게 김해평야가 인접해있다. 또한 학교 주변은 안동공단과 삼방동일대의 신흥 주택지구가 형성되고 있어 앞으로의 대기오염은 심각할 것으로 추측된다.

측정지점의 대기환경은 Campbell Scientific, Inc.의 CR10을 이용한 Data Logger System으로 지상에서의 각종 기상요소(기온, 상대습도, 풍향, 풍속, 일사, 지온)를 자동측정기록하고 Computer에 연결 처리하였다.

강수를 채취하는 장치는 Fig와 같으며 평상시는 강하분진을 막기위해 비가 오는 즉시 개봉하여 최강수를 채취하도록 하였다. 강수량이 적을 경우를 대비하여 입구의 직경이 약 23cm정도의 깔대기를 사용하였으며, 채수 병은 선행연구자와 같이 폴리에틸렌 용기를 사용하여 채수하였고, 재 사용시에는 반드시 비눗물로 행구어 낸 후 마지막엔 증류수로 씻어내어 이물질에 대한 영향을 적게 하였다.

채수된 강수 시료의 중금속 분석에는 SEIKO Instrument Co.의 SPS1200A Plasma Spectrometer를 사용하였으며 시료는 일정량을 0.8 $\mu$ m의 공극을 가지는 membrane filter로 여과하여 강수중의 입자상과 액상을 분리하여 각각 1N 질산 용액으로 전처리한 후 분석하였으나 여기서는 filter에 여과된 입자상의 물질만 비교하였다. 또한 강수중의 이온의 분석에는 여과후 냉장상태로 보관후 IC를 이용하여 분석하였다.

강우의 산도에 영향을 미치는 이온과 중금속의 농도는 그들의 상관을 SPSS를 통해 분석하였으며 기상 pattern에 따른 강우의 산도를 분석하기 위하여 일본 기상청에서 발행한 인쇄일기도를 사용하였다.

## III. 결과 및 고찰

본 연구에서는 1994년 5월과 6월의 강수 자료를 이용하여 강수중의 중금속과 이온의 분포를 파악하고, 이들 과 산성도와와의 관계 및 기상과의 관계를 통하여 아래와 같은 결과를 얻었다.

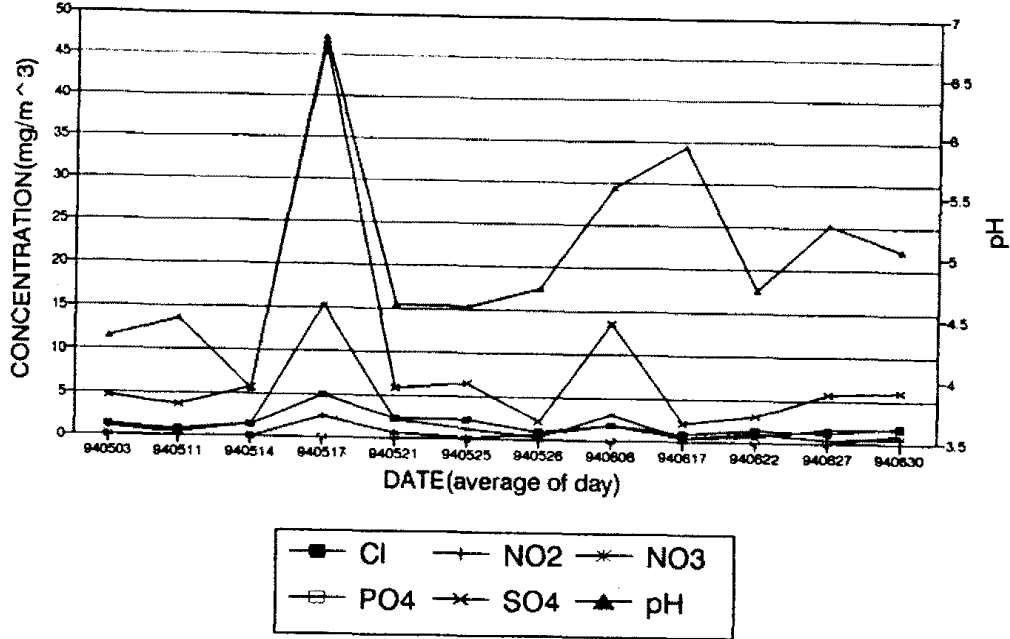
강수중에 나타난 주요 이온은 그림에서 보듯이  $SO_4^{2-}$ ,  $NO_3^-$ ,  $Cl^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $PO_4^{2-}$  등이었으며, 특히 높은 산도를 보인 5월 17일에 모든 이온이 높은 농도를 나타내었는데, 이 날의 각 이온의 농도를 살펴보면  $SO_4^{2-}$  46.15ppm,  $NO_3^-$  15.289ppm,  $Cl^-$  4.894ppm,  $NO_2^-$  2.034ppm 이었다. 산성도가 pH 3.88로서 가장 낮은 5월 14일에는 강수량이 49.5mm, Wet deposition particle(WDP)는 2.06g/m<sup>3</sup>으로 대체로 낮았으며,  $SO_4^{2-}$  5.665ppm,  $NO_3^-$  1.349ppm,  $Cl^-$  1.275ppm이었으며,  $PO_4^{2-}$ 는 Trace로 나타났다.

김해지역의 강수중에 나타난 중금속은 대체로 9~12개 정도로 나타났으며, 강수량이 0.5mm 내린 1994년 5월 17일에는 WDP이 286.11g/m<sup>3</sup>이었고 그 중 크롬의 농도는 44.339  $\mu$ g/m<sup>3</sup>으로서 가장높은 농도를 보였으며, 이때 pH는 6.8로서 오히려 다른 저농도 일보다 높았다. 가장낮은 농도를 보인 날은 5월 26일 이었으며, 강수량은 31.0mm이고, pH 4.7, WDP는 2.61 g/m<sup>3</sup> 이었다. 규소는 크롬과 마찬가지로 5월 17일에 5962.2 $\mu$ g/m<sup>3</sup>로서 가장 높았으며, 최저 농도일은 6월 22일 로서 46.305 $\mu$ g/m<sup>3</sup> 였으며, pH 5.06, WDP는 4.3285g/m<sup>3</sup> 이었다. 아연의 고농도일도 5월 17일이었으며 WDP는 462.784 $\mu$ g/m<sup>3</sup>이며, 저농도일은 5월 26일로서 6.216 $\mu$ g/m<sup>3</sup> 이었다. 카드뮴은 Trace 또는 낮게 나타났으며, 납의 경우에는 6월 22일에 982.665 $\mu$ g/m<sup>3</sup> 고농도를 보였다. 구리와 철, 망간,

마그네슘도 비슷한 경향을 보였다.

따라서 강수중의 중금속의 분포는 WDP 및 pH와 강수의 이동경로에 따른 특성으로서 자연적 오염원인 Si, Mn의 경우는 초기강수에서 가장 높았으며, pH가 낮은 경우에 WDP가 낮더라도 Cr, Zn, Pb, Fe가 대체로 높은 농도가 나타났다. 특히 인공적인 오염원인 Fe의 경우에는 말기강수에서 대체로 높았다.

## ION of Rain 1994 year May and June



#### IV. 결론

1994년 5월과 6월의 강수 시료를 분석한 결과 아래와 같은 결론을 얻었다.

- 1) 강수중의 중금속의 분포는 WDP 및 pH와 강수의 이동경로에 따른 특성으로서 자연적 오염원인 Si, Mn의 경우는 초기강수에서 가장 높았으며, pH가 낮은 경우에 WDP가 낮더라도 Cr, Zn, Pb, Fe가 대체로 높은 농도가 나타났다. 특히 인공적인 오염원인 Fe의 경우에는 말기강수에서 대체로 높았다.
- 2) 강수중의 이온의 분포는 선행연구와는 달리 높은 pH이고 WDP가 높을 경우  $SO_4^{2-}$ ,  $NO_3^-$ ,  $Cl^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $PO_4^{2-}$ 의 순으로 나타났다.

#### V. 참고문헌

Slavin, W. (1968) Atomic Absorption Spectroscopy, Wiley-Interscienc, New York.

Henshaw, J. M., E. M. Heithmar and T. A. Hinnners(1989), Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometric Determination of Trace Elements in Surface Waters Subject to Acidic Deposition, Anal. Chem., 61.

Morrison, R.H. and H. Freiser(1957) Solvent Extraction in Analytical Chemistry John Wiley Sons, New York.

Sylvain L., J. Zayed(1994), Manganese and Lead Concentrations in Ambient Air and Emission Rates from Unleaded and Leaded Gasoline between 1981 and 1992 in Canada: A Comparative Study, Atmospheric Environment Vol. 28, No. 9, pp. 1645-1951

Joseph A., J. Bartnicki, K. Olendrzynski and J. Pacyna(1992), Computing Heavy Metals in Europe's Atmosphere - I, Model development and Testing, Atmospheric Environment Vol. 26A, No. 18, pp. 3355-3369.

이부용, 김유근, 박종길(1991), 부산·경남지역의 산성비에 관한 연구, 부산대학교 환경연구보 제9권, 87-97

박성배, 서울지역의 산성강우 현상에 관한 연구, 한국대기과학회지, 5(2), 42-54, 1989.

노새원 등, 공침 선농축법에 의한 강수속의 Pb와 Cd의 정량분석, 한국대기보전학회지, 9(4), 265-270, 1993.