

I. 서론

한정된 공간의 도시지역은 연료 사용의 증가 및 자동차 운행의 증가로 대기질 (air quality)이 악화되고 있다. 다양한 인위적 오염원에 의해 대기 중으로 배출된 입자상 오염물질은 건강상에 심각한 피해를 야기시키거나, 가시광선의 산란으로 시정 악화현상을 가속화 시키고 있다. 또한, 도시지역은 SO₂나 NO₂ 등 연소산화물 및 VOC에 의한 산성 침착 (acid deposition)과 2차 오염으로 대기환경문제가 심화되고 있다. 이와 같은 총체적인 대기오염문제는 일반인들의 환경에 대한 관심을 고조시켰으며, 환경문제 해결을 위한 기술적, 경제적, 행정적 노력과 대기환경 기초연구 및 투자에 대한 중요성을 부각시키고 있다.

최근 입자상 오염물질에 대한 주요 연구분야는 미량원소의 입경별 분포에 관한 연구이다. 특히, 주로 인위적 오염원에서 배출되는 미세입자는 호흡기내의 높은 침투도 및 대기 중 긴 체류시간을 가지며, 특정 대기오염물질을 다량 함유하고 있기 때문에, 이에 대한 오염발생원의 추적자 연구가 활발히 진행되고 있다 (Li and Winchester, 1990; Ondov et al., 1990; Lyons et al., 1993). 대기 중 입자상 오염물질의 오염원 확인과 정량적 기여도 추정을 위한 방법으로는 수용모델 (receptor model)이 사용되고 있으며, 최근 분석기술 및 시료채취장치의 발전으로 각종 오염정보를 쉽게 얻을 수 있고, 고용량 개인 컴퓨터의 보급확산으로 자료의 분석 또한 용이하게 수행할 수 있기 때문에, 방대한 자료를 바탕으로 다양한 통계분석을 응용하는 수용모델의 응용영역이 확대되고 있다. 현재 수용 모델은 대기질 평가 및 오염원의 효율적인 방지대책 수립을 위한 주요 방법으로 인식되고 있다.

본 연구에서는 수원시 지역의 대기질 조사 및 오염원 추정을 위하여 입자상 오염물질을 장기간 포집하고 화학적 분석을 실시하였다. 또한, 연구기간 동안의 풍향 및 풍속 등 각종 기상자료를 분석한 후, 대상 지역의 대기오염 현황을 파악하였으며, 분진오염발생원의 부정적 기여도를 수용모델에 의해 정량적으로 추정하였다.

II. 실험 방법

본 연구의 대상지역은 인구 증가, 산업 발달, 생활수준 향상 및 업종의 다양화등 거대도시화 현상이 뚜렷한 수원지역으로, 이 지역은 최근 다양한 환경문제에 직면하고 있다. 본 연구를 위한 분진시료의 채취는 지역의 대기질을 대표할 수 있으며, 주변의 장애물 또는 물리적 환경에 의한 영향을 최소화할 수 있는 지점으로 경기도 용인시와 수원시의 경계면에 위치한 경희대학교 수원캠퍼스 자연과학대학 옥상(5층)을 선정하였다. 분진시료의 채취는 1989년부터 1996년까지 7년 동안 연속으로 수행되었다.

대기 부유분진의 입경별 포집은 9단의 low pressure impactor (LPI)를 사용하여 실시하였다. 입경별 포집기인 cascade impactor는 일본 Dylec사 (Model KA-200) 제품으로 공기역학적 직경에 따라 분진을 일정한 크기로 손쉽게 포집할 수 있다. LPI는 1~9 단에 대한 유효절단직경 (efficiency cutoff diameter, Dp)은 각각 11, 7.0, 4.7, 3.3, 2.1, 1.1, 0.65, 0.43, 0.08 μm 이다. 또한 입자의 bouncing을 최소화하기 위해 충돌판 (impaction surfaces)은 직경 80 mm, pore size 0.43 μm 의 막여지 (membrane filter) (USA, Gelman Science Co., Model GN-6)를 사용하였으며, 평균 흡인유속은 28.3 l/min이고, 유량은 유속 변화를 매일 측정하여 경희대학교 대기오염연구실에서 개발된 프로그램을 이용하여 산출하였다. 여지의 교체는 충분한 중량을 얻기 위하여 7일에서 30일 사이에 부유분진의 부하량에 의해 흡인유속이 25.0 l/min 이하로 급격히 떨어질 때 여지를 교체하였다. 화학적 분석은 x-선 형광분광기 (x-ray fluorescence spectrometer; XRF)를 이용하여 결정하였다. 사용된 x-선 형광분광기는 일본 Rigaku사의 x-ray fluorescence spectrometer (Model 3063) 이며, 에너지를 공급하는 동력장치와 냉각장치로 구성되어 있

다. XRF의 특성은 각 원소에서 방출되는 고유한 형광 x-선의 파장 및 세기를 측정하여 정성·정량 하는 분석법이다. 시료가 포집된 membrane filter는 직경 38 mm의 펀치 (puncher)를 이용하여 일정한 크기로 절취한 후 시료 holder에 넣고 mylar막으로 덮어 분석하였다. 또한, 입경별로 9장의 여지로 구성된 cascade impactor에 의한 시료중 backup filter ($< 0.43 \mu\text{m}$)는 유리섬유여지를 사용하였기 때문에 중금속 분석에서 제외시켰다. 표준시료 (standard reference material)는 미국의 NIST사의 표준시료물질 SRM 1832 (일련번호 195)와 SRM 1833 (일련번호 1207)을 사용하였으며, 일부 원소는 micro carry paper를 사용하여 제작된 표준시료를 사용하였다.

III. 결과 및 고찰

본 연구 지역의 6 년간 계절별 풍향 빈도를 조사한 결과, 4 계절 모두 서풍과 서북서풍의 빈도가 높았으며, 특히, 겨울철과 봄철의 경우 25 % 이상의 높은 빈도가 조사되었다. 여름철의 경우는 서풍과 함께 남풍이 높은 빈도로 발생한 것으로 조사되었다 (그림 1). 이러한 기상 자료는 계절별로 연구 지역에 영향을 미치는 오염원의 추적에 매우 유용한 정보를 제공한다. 연구기간 동안 측정된 분진의 입경분포의 조사 결과 4 계절 모두 $2.1 \mu\text{m}$ 를 중심으로 bi-modal 분포를 보였다. 특히, 봄철에는 $2.1 \mu\text{m}$ 보다 큰 입경에서 고농도를 보였으며, 봄철을 제외한 계절에는 $2.1 \mu\text{m}$ 보다 작은 입경 범위에서 고농도를 보였다. 겨울철과 봄철은 매우 높은 농도를 보였는데 우리나라 PM-10 환경기준과 비교하여 PM-11의 농도를 조사한 결과 1년 환경기준 $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다 높은 겨울철 $132.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 봄철 $117.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 농도를 기록하였다. 겨울철의 분진농도는 미세분진에 높게 편중되어 주로 인위적 오염원에 의한 영향으로 분석되었으며, 봄철의 농도는 거대분진에 편중되어 주로 봄철에 주로 발생하는 토양분진의 영향으로 분석되었다. 이러한 기상자료와 분석된 분진중의 원소의 자료를 바탕으로 연구지역에 영향을 준 오염원의 효율적인 추정이 가능하였다.

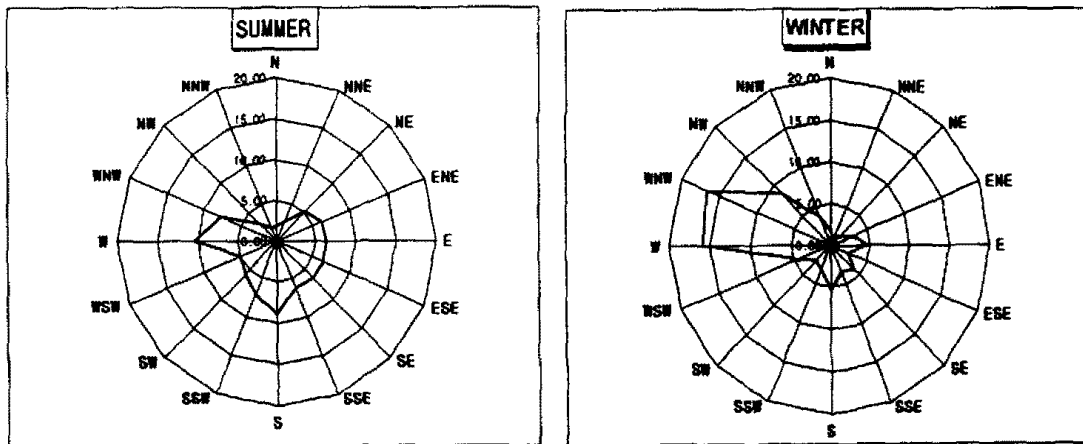


Fig. 1. Frequency of wind-direction for the study area during 6 years.

IV. 감사

본 연구의 일부는 삼성전자(주)의 SAMP (Suwon Aerosol Monitoring Program)의 일환으로 수행되었으며, 이에 도움을 주신 임직원께 감사드립니다.

V. 참고문헌

- Li, S.M. and J.W. Winchester (1987) Particle size distribution and chemistry of late winter arctic aerosols, *J. Geograph. Reser.*, 95, p897-908.
- Lyons, J. M., C. Venkataraman, H. H. Main and S. K. Friedlander (1993) Size distribution of trace metals in the Los Angeles atmosphere, *Atmospheric Environment*, 27B, p237-249.
- Ondov, J.M., J.A. Dodd, and G. Tuncel (1990) Nuclear analysis of trace elements in size-classified submicronmeter aerosol particles from a rural airshed, *Aerosol Sci. & Tech.*, 13, p249-263.