

OA6 낙동강 하류역에 침적하는 강하먼지 중 불용성 및 수용성 성분

황용식* · 전병일

인제대학교 산업의학연구소, 신라대학교 환경공학과

1. 서 론

최근 부산광역시와 경남 일원의 낙동강 하류역에는 농·공단지의 입주가 많아졌고, 그에 따라 차량의 통행량이 증대되었으며, 각종 도로의 건설이 진행되어 부유먼지와 강하먼지가 크게 증가하는 실정이다. 특히 공장과 자동차에서 배출된 대기오염물질은 낙동강 유역의 거주민에게 심각한 영향을 미칠 수 있으며, 낙동강의 수질에도 나쁜 영향을 미칠 수 있다. 또한 중국에서 장거리 수송되는 대기오염물질에는 중금속을 비롯한 인체와 동·식물에 유해한 물질이 포함된 것으로 보고 되었으며, 이런 물질이 낙동강 하류역의 식생이나 수질에 미약하나마 영향을 미칠 것으로 판단된다. 강하먼지는 각종 금속성분이나 유기물 등을 함유하고 있어 인체 및 생활에 직·간접적으로 영향을 미치며, 먼지 중 수용성 산성물질은 토양의 산성화를 일으켜 산림 및 농작물에 피해를 주며, 호소수의 산성화로 중금속이 용출되어 각종 어패류를 감소시킬 수 있다. 또한 먼지는 대기 중에서 응결핵 역할을 하여 시정악화의 원인이 되고 구름량이 증대되며 강수량에 영향을 미칠 수 있다. 강하먼지를 측정한다는 것은 일반적으로 특정한 오염원을 대상으로 하기보다는 일정한 지역에서 침강하는 대기침적물의 평균적인 침적량을 측정하는 것으로서 그 지역의 대기오염도를 파악하는 간접적인 평가인자로서 활용될 수 있는 비교적 간편한 방법이며, 건성침적물과 습성침적물을 동시에 포집할 수 있는 장점이 있다. 이런 강하먼지의 침적량은 지형적인 특성과 기상학적인 특성에 따라서 큰 차이를 보이게 되며, 오염원의 지리적인 분포에도 영향을 받게 된다.

낙동강 주변지역에서 강하먼지의 화학적 조성 특성을 파악하기 위하여 불용성 성분을 중심으로 지각농축계수(Enrichment factor, $EF_{crustal}$)와 토양입자의 기여율을 조사하고, 수용성 이온을 중심으로 해양농축계수(Enrichment factor, EF_{sea})와 해양입자의 기여율을 조사하고자 한다. 또한 강하먼지 중 미량 원소들의 기원을 파악하기 위하여 불용성 금속 성분들과 수용성 이온 성분들 사이의 상호 관계를 이용하여 유사한 변수들끼리 분류시키는데 19개의 변수를 사용하였으며, 주성분 분석법과 Varimax 회전법을 이용하여 요인분석을 실시하고자 한다.

2. 연구방법

측정지점은 낙동강 유역 내 5개 지점을 선정하였으며, 낙동강 하구에 인접하고 사상공단에 위치한 감전동(감전1동 사무소 옥상) 지점, 도심 녹지지역으로서 사상공단의 동

북쪽 백양산으로 둘러싸인 신라대학교(자연과학대학 건물 옥상) 지점, 물금(물금면 증산리 회관 옥상) 지점, 원동(원동 면사무소 옥상) 지점 및 삼랑진(삼랑진 읍사무소 옥상) 지점으로 구분하여 실시하였고, 측정기간은 2002년 6월부터 2003년 5월까지 월별로 1년간 실시하였다.

강하먼지의 포집을 위하여 사방이 개방된 3층 건물 옥상에 높이 1.5m인 철재 구조물에 증발과 재비산을 고려한 미국식 광구병형 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 건조하고 감도가 0.01 mg인 전자저울(Saritorius microbalance, Germany)로 무게를 칭량한 후 여과하였다. 분리된 여액은 100 ml 폴리에틸렌 병에 담아 4℃의 냉암소에 보관한 후 수용성 성분을 분석하였다. Si 그리고 Zn을 분석하였으며, AAS(Perkin Elmer 4100ZL, Flameless method)을 이용하여 Cd, Cr, Mn, Ni 그리고 Pb를 정량하였다. 또한 이들 각 금속 성분들의 정도를 관리하기 위하여 NIST SRM (3087a)을 이용하였다. 또한 강하먼지 중의 수용성 성분을 정량하기 위하여 분리된 여액은 ICP/AES(ICP-IRIS, Thermo Jarrell Ash Co., USA)를 이용하여 Ca, K 그리고 Mg을 분석하였으며, IC(DX-500, Dionex Co., USA)을 이용하여 F⁻, Cl⁻, NO₃⁻, PO₄²⁻, SO₄²⁻를 정량 분석하였으나, PO₄²⁻는 대부분의 시료에서 검출되지 않아서 제외하였다. NH₄⁺는 UV(U-2000, Hitachi Co., Japan)를 이용하여 인도페놀법으로 정량분석하였다.

3. 결론 및 요약

토양기원(Al, Fe, Mn 및 Si)의 침적량은 물금 지점에서 가장 높았고, 원동에서 가장 낮았다. 그리고 산업활동에 의한 인위적 기원(Ni, Pb, V 및 Zn)의 침적량은 감전동이 가장 높았고, 원동이 가장 낮게 나타났다. 지역별 지각농축계수는 토양기원인 Si는 1.0 이하의 분포를 보였으나, 인위적인 오염원인 Cd, Cu, Pb 그리고 Zn은 10 이상의 높은 값을 나타냈다. 특히 Pb는 감전동, 원동, 신라대, 삼랑진 및 물금 지점 순으로 조사되었다. 비 토양성분의 질량분율은 Pb, Cd, Zn, Cu, Cr 그리고 Ni의 순으로 나타났으며, 인위적 기원인 Pb과 Zn은 감전동지점이 가장 높고 물금지역이 가장 낮게 나타났다. 지역별 분포에서는 삼랑진, 물금, 감전동, 신라대 그리고 원동 순으로 나타났으며, 낙동강 하류역에서 총 강하먼지량에 대한 토양입자의 기여율은 11.2%이었다.

[SO₄²⁻/NO₃⁻] 당량비의 경우, 계절별로는 겨울철(5.12)에 가장 높았고, 가을철(3.30)에 가장 낮게 나타났다. 지역별로는 신라대, 감전동, 물금, 원동 및 삼랑진 순으로 나타나 도심에 인접한 지점의 경우가 높게 나타나는 것으로 나타났으며, 평균 당량비는 4.28이었다. 총 강하먼지에 대한 수용성 이온성분의 총 침적량을 조사한 것으로서 그 비율은 봄철(71.6%), 여름(61.2%), 가을(49.2%) 및 겨울철(48.6%)의 순으로 나타났으며 평균은 57.6%이었다. Ca²⁺와 SO₄²⁻의 해염농축계수는 10 이상으로서 인위적인 영향이 있음을 보였으며, 계절별로는 겨울철, 가을철, 여름철 및 봄철의 순으로

나타났으며, 지역별로는 삼랑진, 물금, 원동, 감전동 및 신라대의 순으로 나타났다. 지역별 분포에서는 신라대(34.5%), 감전동(28.3%), 원동(17.3%), 삼랑진(17.2%) 및 물금(13.8%)의 순으로 나타났으며, 해염입자의 평균 기여율은 22.1%로 나타났다.