

대기환경

공기중 미세먼지에서 인체의 호흡경로에 따른 수용성 무기이온성분의 침착 특성

강공언* · 유두철** · 박승택*** · 신대윤**** · 임국환*****

*전북 익산시 신용동 원광보건대학 보건계열

**전주시 덕진구 팔복동 전라북도보건환경연구원

***전북 익산시 신용동 원광대학교 의과대학

****광주시 서구 서석동 조선대학교 환경공학과

*****서울시 성북구 정릉동 고려대학교 보건대학

〈초록〉

공기중 미세먼지에서 인체의 호흡경로에 따른 수용성 무기이온성분의 침착특성을 파악하기 위하여 익산지역에서 2004년 10월 17일부터 11월 2일까지 앤더슨샘플러를 사용하여 하루 주기로 공기중 미세먼지를 입도별로 분급포집한 후 수용성 무기이온성분을 정량화하여 분석하였다.

1. 서론

환경대기 중의 미세먼지는 인체의 호흡기를 통하여 건강에 직접적인 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 보건학적으로 미세먼지에 의한 건강 장애는 호흡기계 침투율과 그 독성에 의해 결정되는데 이 때 호흡기계 침투율은 먼지의 크기와 상당히 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 있다. 즉, 미세한 크기의 먼지입자는 상기도에서 인체 자체의 방어기전에 의해 걸러지지 않고 입자가 미세할수록 인체 내 깊숙이 폐포에까지 침투될 확률이 높을 뿐만 아니라 호흡기계 정화기전을 둔화시켜 상대적으로 장시간 체류하게 되며, 입자 내 독성물질이 흡착되어 있는 경우는 위해성이 더욱 증가하게 된다. 이외에도 입자가 작을수록 기도의 염증 유발 정도가 더 큰 것으로 알려져 있는데 이는 입자가 미세할수록 상대적으로 그 표면적이 커 반응성이 크기 때문인 것으로 평가된다. 인체의 유해성 뿐만 아니라 동식물 및 재산상에 미치는 영향 그리고 미세먼지의 발생원 또한 입자의 크기분포에 따라 다르게 된다. 따라서 공기중 미세먼지에 대한 정확한 입도분포 자료는 그 영향에 대한 역학적인 연구와 미세먼지의 배출원

해석 및 관리대책 수립에도 매우 중요하게 된다.

본 연구에서는 공기 중 미세먼지를 공기동력학적인 입자크기(aerodynamic diameter)에 따라 분급 포집(size selective sampling)한 후 인체의 호흡경로(human respiratory tract)에 따른 수용성 무기이온성분(water-soluble inorganic ion components)의 침착량(deposition)을 정량화하고 그 화학적 특성을 파악하고자 하였다.

2. 연구방법

시료는 중소도시의 공기질 특성이 반영될 수 있도록 익산시 도심지역에 위치하고 있는 익산상공회의소 건물옥상에서 채취하였다. 시료채취기간은 2004년 가을(10월 17일~11월 2일)에 하루를 주기로 이루어졌다. 공기중 미세먼지의 입경별 분급포집은 9단의 다공판과 포집판으로 이루어진 앤더슨샘플러(Andersen Sampler Model KA-200, Koritsu Instruments Co.)를 사용하여 이루어졌으며 포집유량은 28.3 ℓ/min이다. 각 단별 포집가능한 입도분포의 경우 0단은 11 μm보다 큰 입자가 되며, 1단은 7~11 μm, 2단은 4.7~7 μm, 3단은 3.3~4.7 μm, 4단은 2.1~3.3 μm, 5단은 1.1~2.1 μm, 6단은 0.65~1.1 μm, 7단은 0.43~0.65 μm, 그리고 마지막 단인 backup 필터에는 0.43 μm 보다 작은 입자가 포집되도록 설계되어 있다. 1회 측정시 사용된 여지는 총 9장으로 0~7단에는 직경이 80mm인 polyethylene sheet를 사용하였으며, backup 단에는 직경이 80mm이고 공극이 0.45 μm인 quartz fiber filter를 사용하였다. 시료가 포집된 여지는 적당량의 탈이온 교환수를 가한 후 20분 동안 초음파 추출하고 직경이 13mm이고 공극이 0.45 μm인 시린지필터로 여과하였다. 시료용액 중 수용성무기이온성분의 농도(NH₄⁺, Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, SO₄²⁻, NO₃⁻, C⁻)는 이온크로마토그래프(DX-100, Dionex Inc.)를 사용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 1은 측정기간 동안 공기중 미세먼지에서 수용성 이온성분의 농도에 대한 입도분포의 사례를 나타낸 것이다. 여기에서 미세먼지 중 이온성분들의 입경별 농도는 1~2 μm를 경계로 두개의 봉우리를 갖는 전형적인 이산형 분포(bimodel distribution)를 보이는 것으로 나타났다. 여기에서 2 μm 이하를 미세입자(fine particle)라 하고, 그보다 큰 경우 조대입자(coarse particle)라고 하는데, 2개의 봉우리 사이에는 질량 교환이 거의 없으며, 이는 입자의 생성원인이 전혀 다른 2가지로 분류될 수 있음을 의미한다. 즉, 전자의 경우 뜨거운 증기가 응축과 응결과정을 거쳐 성장하거나 가스상 물질이 입자로의 화학적 변환과정(gas-to-particle conversion)을 거친 후에 생성되며 주로 인위적인 오염발생원과 밀접한 관련이 있는 2차 대기오염물질로 알려져 있다. 반면에 조대입자는 바람에 의한 비산먼지(wind blown dust), 해염입자(sea spray), 화산재, 식물의 포자나 꽃가루 등의 자연발생원이나 연소시 대기중으로 직접 배출된 입자상물질 등의 1차 대기오염물질로 알려져 있다. 미세먼지의 농도는 입자 크기에 따른 인체 호흡경로(코·입-상기도-하기도-폐포)에 따라 크게 상기도(흡입성 먼지, 샘플러의 1~2단 포집), 기관 및 기

관지 부위(흉곽성 먼지, 샘플러의 3~4단 포집) 그리고 폐포 부위(호흡성 먼지, 샘플러의 5~7 단 포집)의 3가지로 분류할 수 있으며 건강에 미치는 영향 또한 침착부위에 따라 달라진다. 즉, 흉곽성 먼지의 경우 천식과 같은 기관지 질환을 일으킬 수 있으며 호흡성 먼지는 폐까지 도달함으로써 심각한 폐질환을 일으킬 수 있다. 본 연구에서 상기도와 기관 및 기관지 부위에 침착 가능한 이온성분의 총농도는 각각 $1.56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 과 $2.39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었으며, 이온성분 중에서는 NO_3^- 가 35.1%와 44.8%를 점유하는 주성분으로 나타났다. 샘플러의 6-7단에 포집되어 폐포에까지 도달할 수 있는 미세영역의 이온성분은 $13.28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 총이온성분의 77.1%를 점유하였으며 이온성분 중에서는 NO_3^- , SO_4^{2-} 및 NH_4^+ 가 각각 5.26, 3.54 및 $2.97 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 총이온성분의 39.6%, 26.7% 및 22.3%를 점유하는 주성분으로 나타났다. 더욱이 이들 이온성분의 경우 폐포에까지 도달하는 양이 총이온성분의 76.5%, 87.3% 및 96.5%인 것으로 나타났다.

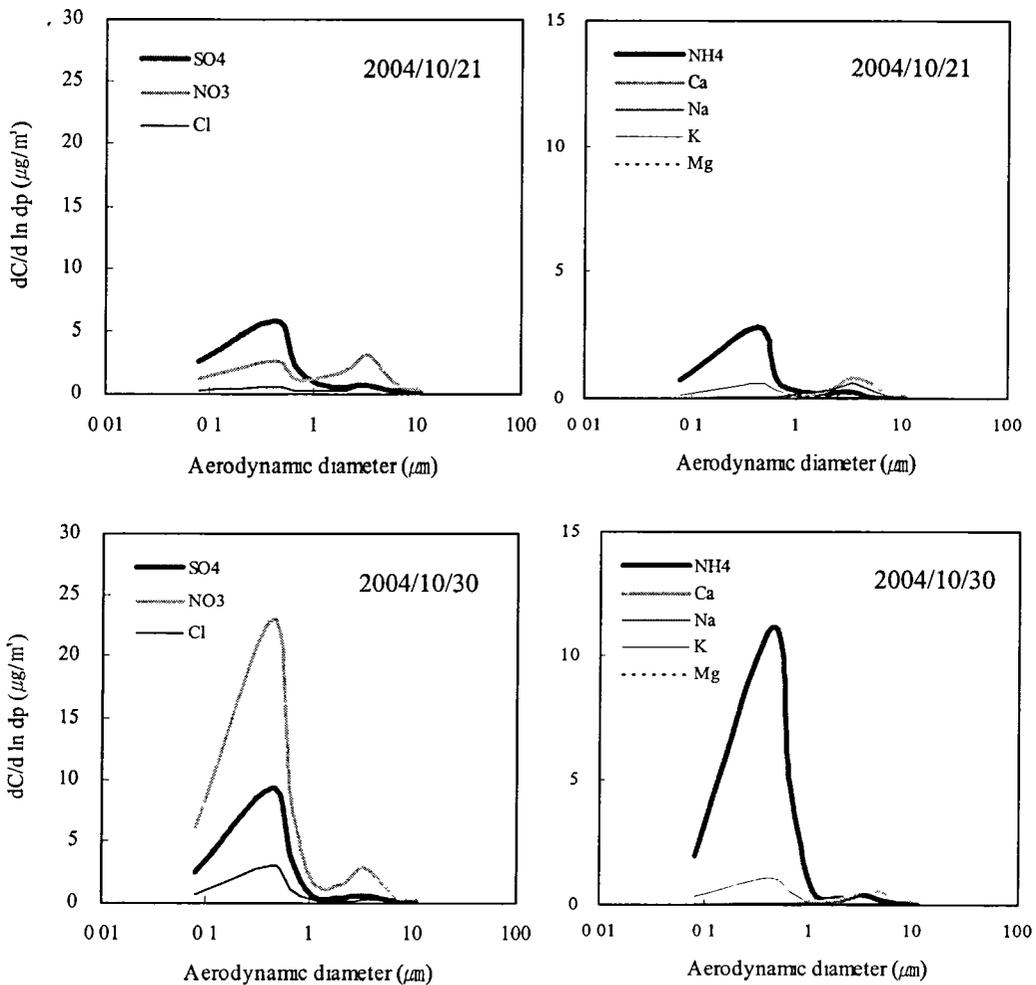


Fig 1. Mass size distribution of water-soluble ionic species.

4. 결론

폐포에까지 도달하는 미세영역의 이온성분은 $13.28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 총이온성분의 77.1%를 점유하였으며, 이온성분 중에서 음이온에서는 NO_3^- 와 SO_4^{2-} 가 그리고 양이온에서는 NH_4^+ 가 일별 뚜렷한 농도 차이를 보이면서 폐포에까지 도달할 수 있는 주요 수용성 무기이온성분인 것으로 밝혀졌다.

〈참고문헌〉

- 笠原三紀夫 等 : 大氣中 粒子狀物質の同定と寄與率の推定, 大氣保全學會誌, 19(5), 337-358, 1984.
- 朝來野國彦, 浮遊粒子狀物質に関する文獻學的調査, 社團法人 日本科學技術情報センター-, 1-21, 1982.
- 坂本和彦 : 浮遊粒子狀物質の生成と舉動, 公害と對策, 25(14), 6-12, 1989.
- Pope C.A. III, Burnett R.T., Thun M.J., Calle E.E., Krewski D., and Ito K. : Lung cancer, cardiopulmonary mortality and long-term exposure to fine particulate air pollution, JAMA 287, 1132-1141, 2002.
- Whitby, K.T. and B. Cantrell : Atmospheric Aerosols- Characteristics and Measurement, Paper No. 29.1, International Conference on Environmental Sensing and Assesment, 2(6), 1976.
- Whitby, K.T., R.B. Husar and B.Y.H. Liu : The aerosol size distribution of Los Angeles smog, J. Colloid and Interface Sci., 39, 177-204, 1972.