

2A4) 공단지역에서 미세먼지의 실내/외 오염도의 상관성 평가 Correlation between Indoor and Outdoor Concentration of Particulate Matter in Industrial Complex Area

이용진 · 김택수 · 정경화 · 김예신 · 신동천
연세대학교 환경공해연구소

1. 서 론

미세먼지로 인한 인체 영향에 대한 연구는 최근에 더욱 증가하고 있으며 대표적으로 두 가지 전향적 코호트 연구, Harvard Six Cities Study(Dockery et al., 1993)와 American Cancer Society(ACS) Study(Pope et al., 1995)에서는 미세먼지(PM_{2.5})의 수준이 높은 지역에 거주하는 사람들의 장기간 평균 사망률은 흡연 유무나 병력(病歷) 등과 같이 다른 위해 요인의 영향을 고려하더라도 보통 17~26% 더 높은 것으로 조사되었다. 이러한 미세먼지의 영향은 기존의 PM₁₀에 비하여 높은 것으로 평가되어지고 있지만, 국내에서는 미세먼지(PM_{2.5})에 대한 인체 위해성 평가연구가 거의 없는 실정이며, 국가 모니터링 자체도 PM₁₀에 국한시키고 있는 실정이다.

따라서, 본 연구는 국내에서 아직은 부족한 미세먼지(PM_{2.5})에 대한 오염도 조사를 국내 한 공단지역을 대상으로 수행하여 실내공기와 실외공기 사이의 관련성 및 입경도별(TSP, PM₁₀, PM_{2.5}) 관련성을 살펴보고자 한다.

2. 연구 방법

연구 대상 지역은 수도권에서 제조중심의 중소기업이 밀집해 있는 시화공단을 대상으로 하였으며, 공단지역의 농도를 기타지역과 비교하기 위하여 시흥시 내에서 공단지역과 이격 거리가 큰 비교지역을 대상으로 오염도 조사를 수행하였다. 실내공기 측정 대상 가구 수는 공단지역에서 20가구, 비교지역에서 20가구를 선택하였으며, 실외 공기는 실내공기 대상 가구를 중심으로 공단 지역에서 20개 지점, 비교지역에서 20개 지점을 선택하여 조사하였다.

PM₁₀과 PM_{2.5}는 AIRMETRIC社의 Mini-Volume Air Sampler에 PM₁₀ inlet과 PM_{2.5} inlet을 각각 부착하여 시료를 포집하였으며, Filter는 미량원소성분 분석에 가장 적합한 재질로 알려진 cellulose nitrate membrane filter(Whatman社, pore size 0.8 μ m)를 사용하였다. 샘플링 유량은 5 ℓ /min 이었으며, 24시간 연속채취하였다. 미세먼지와 입경도별 비교를 위해 TSP를 측정하였는데, TSP는 일본 SIBATA社의 Digital Dust Indicator(모델명: LD-3)를 사용하여 직독식으로 측정하였으며, 측정의 정확성을 위해 지점 및 가구별로 3회 이상 측정하였다.

통계분석은 SAS Ver 8.01 프로그램과 SPSS Ver 10.0을 사용하였으며, 농도의 분포를 시뮬레이션하기 위해 Crystal Ball 2000 프로그램을 사용하였다. 공단과 비교지역의 농도비교를 위해 비모수검정법 중 Wilcoxon rank sum test를 수행하였으며, 먼지의 입경별 상관관계와 실내/실외 오염도의 상관관계 분석을 위해 Pearson correlation analysis를 수행하였다.

3. 연구 결과

우선 실외공기 중 먼지상 물질의 오염도를 살펴보면 TSP의 경우 공단지역이 218.7 μ g/m³로 비교지역 137.3 μ g/m³에 비해 높게 측정되었으나 통계적으로 차이는 없었다(p=0.052). PM₁₀의 경우 공단지역은 125.8 μ g/m³, 비교지역은 124.6 μ g/m³으로 차이가 거의 없는 것으로 나타났으며(p=0.486), PM_{2.5}의 경우, 공단지역은 92.8 μ g/m³, 비교지역은 72.0 μ g/m³으로 공단지역이 다소 높았으나 통계적으로 유의한 차이점은 없었다(p=0.877)(Table 1).

실내공기 중 먼지상 물질의 오염도를 살펴보면 TSP의 경우 공단지역이 61.0 μ g/m³로 비교지역 65.4 μ g/m³에 비해 오히려 낮게 측정되었으나 통계적으로 차이는 없었다(p=0.078). PM₁₀의 경우 공단지역은

54.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 비교지역은 52.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 공단 지역이 다소 높았으나 통계적인 차이가 거의 없는 것으로 나타났으며($p=0.916$), $\text{PM}_{2.5}$ 의 경우, 공단지역은 40.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 비교지역은 36.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 공단지역이 다소 높았으나 통계적으로 유의한 차이점은 없었다($p=0.387$)(Table 1).

Table 1. Concentration of TSP, PM_{10} and $\text{PM}_{2.5}$

| | TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | | | PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | | | $\text{PM}_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | | |
|---------|----------------------------------|----------------|---------|---|----------------|---------|--|----------------|---------|
| | Industrial area | Reference area | p-value | Industrial area | Reference area | p-value | Industrial area | Reference area | p-value |
| Outdoor | 218.7 | 137.3 | 0.052 | 125.8 | 124.6 | 0.486 | 92.8 | 72.0 | 0.877 |
| Indoor | 61.0 | 65.4 | 0.078 | 54.8 | 52.3 | 0.916 | 40.2 | 36.7 | 0.387 |

실내 공기와 실외 공기의 상관관계를 분석한 결과 TSP의 상관관계가 높은 것으로 나타났으며, 공단 지역에 비해서 비교지역의 상관관계가 높은 것을 알 수 있었다(Table 2, Figure 1)

Table 2. Pearson correlation coefficient between indoor and outdoor concentration

| Region | Pollutants | Pearson correlation coefficient | p-value |
|-----------------|-------------------|---------------------------------|----------|
| Industrial area | TSP | 0.8865 | < 0.0001 |
| | PM_{10} | 0.6500 | 0.002 |
| | $\text{PM}_{2.5}$ | 0.5832 | 0.007 |
| Reference area | TSP | 0.9475 | < 0.0001 |
| | PM_{10} | 0.8255 | < 0.0001 |
| | $\text{PM}_{2.5}$ | 0.8570 | < 0.0001 |

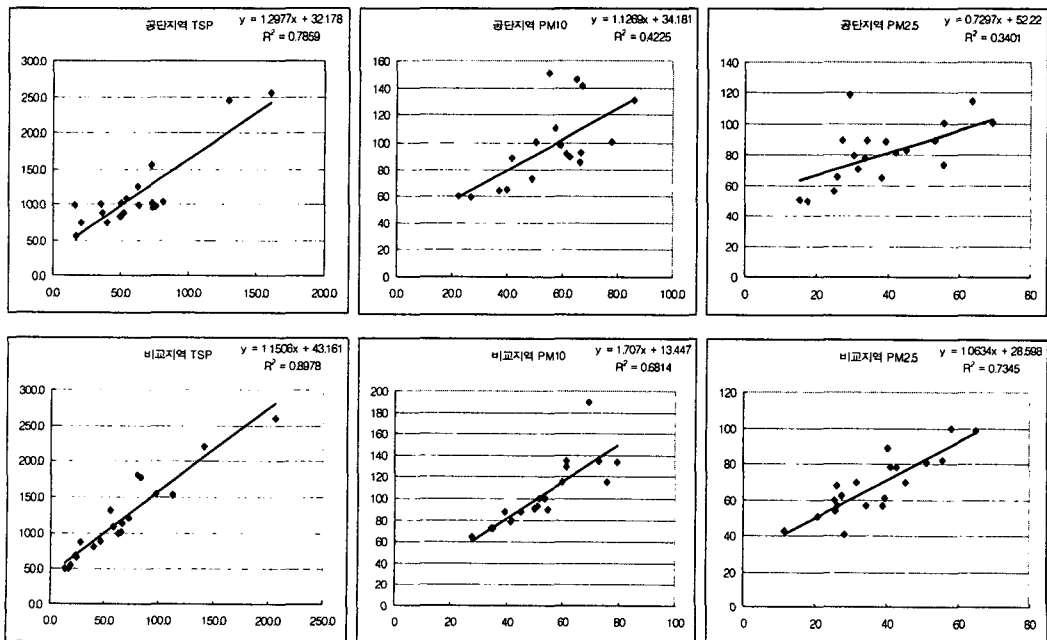


Fig. 1. Correlations between indoor and outdoor concentration