

충주시 토지이용형태별 미세먼지의 농도 변화

윤용한 · 인형민 · 김원태 · 박봉주 · 백철중

건국대학교 산림과학과

I. 서론

현대사회의 산업이 발달되면서 여러 가지 산업 활동, 교통과 연소과정에 의해서 다양한 오염물질의 영향이 심각해지고 있다. 특히 우리나라는 중국의 풍하 지역에 위치하고 있어 중국에서 배출되는 대기오염물질의 이동 및 강하에 의해 영향을 받을 가능성이 있다(하재성 등, 2004). 총부유먼지(Total Suspended Particle: TSP)는 입자의 크기에 따라 공기역학적 직경이 $10\mu\text{m}$ 이하인 PM_{10} 과 $2.5\mu\text{m}$ 이하인 $\text{PM}_{2.5}$ 로 나누어진다. PM_{10} 은 바람에 의한 먼지 등 자연적인 오염원과 자동차, 도로의 비산먼지에 의해 발생되며 토양과 관련된 Al, Si, Ca, Ti와 Fe 등이 많이 포함되어 있는 반면(Marazzani *et al.*, 2003), $\text{PM}_{2.5}$ 는 산업, 운송, 주거활동 등에 의한 연소과정, 자동차 배기가스로부터 직접 배출되거나, 1차 가스상 오염물질의 화학적 변환 등에 의해 생성된다(Salvador *et al.*, 2004). 대기 중에 존재하는 주요 대기오염물질 6개중의 하나로써 총부유먼지(TSP)의 80%를 차지하는 것으로 알려진 미세먼지(PM_{10})는 공기동력학적으로 호흡성먼지(respirable dust)로써 분류되며, 호흡시 폐 깊숙이 흡입되어 폐포나 기관지 등에 침착하여 폐암 등을 유발시키는 것으로 알려져 있다(박성은과 정용, 1992; 전준민과 김윤신, 1993; 최성우, 1988). 또한, PM_{10} 보다 $\text{PM}_{2.5}$ 에 대한 인체 유해성이 더 심각한 것으로 보고되어 있으며(Schwartz *et al.*, 1999), 미국 등 일부 선진국에서는 이미 $2.5\mu\text{m}$ 이하의 먼지인 $\text{PM}_{2.5}$ 에 대한 대기환경기준을 설정하여 규제하고 있다(EPA, 2004).

본 연구는 충주시의 토지이용 형태별 PM_{10} 과 $\text{PM}_{2.5}$ 의 계절별 농도 변화를 측정하여 미세먼지에 대한 지역 환경 기준설정 및 영향 예측 등에 대한 기초적인 연구 자료로 활용하고자 한다.

II. 재료 및 방법

2005년 4월부터 12월에 걸쳐 상업지역, 주거지역, 생산 및 녹지지역을 대상으로 미세먼지의 계절별 농도 변화를 측정하였다. 미세먼지의 포집은 유량이 약 $5\ell/\text{min}$ 인 mini-volume portable air sampler(MiniVol, AIRmetrics)를 이용하여 24시간 연속 측정하였으며, filter는 pallflex membrane filter(47mm , Gelman sciences社)를 이용하여 항온, 항습 상태인 데시케이터 내에서 24시간 이상 보관하여 항량이 되게 한 후 포집하였고 이와 같은 조작은 시료 채취 전과 채취 후 모두 동일한 조건에서 실시하였다. 또한 여과지 무게를 측정 후 질량 농도 분석을 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 미세먼지(PM_{10})의 토지이용형태별 농도 변화

황사 발생시기인 봄철에 토지이용 형태별 상업지역, 주거지역, 생산 및 녹지지역의 PM_{10} 농도를 측정한 결과, 3개 지역의 평균 농도는 $57\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 나타냈다. 상업지역은 $71\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 나타내었고, 주거지역은 $62\mu\text{g}/\text{m}^3$, 생산 및 녹지지역에서는 $39\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타나 3개 지역이 농도의 차이가 있는 것으로 나타났다. 측정기간 동안 2005년 4월 23일, 5월 1일에 황사가 발생하였으며(기상청, 2005) 황사가 발생한 기간을 황사기상시로 하고 황사가 발생하지 않은 기간을 일반기상시로 구분하여 농도 비교를 하였다. 일반기상시 상업지역의 미세먼지 평균 농도는 $55\mu\text{g}/\text{m}^3$, 주거지역의 미세먼지 평균 농도는 $48\mu\text{g}/\text{m}^3$, 생산 및 녹지지역의 $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 측정되었다. 황사기상시 3개 지역의 PM_{10} 농도는 각각 87

$\mu\text{g}/\text{m}^3$, $76\mu\text{g}/\text{m}^3$, $54\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 시료 측정기간 동안에 많은 영향을 주었으며, 이 기간 중 3개 지역의 미세먼지 평균농도는 $72\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 일반 기상시의 농도보다 황사시의 농도가 고농도로 관측되었다. 이는 황사기간의 농도가 일반 기상에 비해 약 2~3배 높다는 연구 결과와 같은 경향을 보였다(신은상과 김희강, 1992).

2. 미세먼지(PM₁₀, PM_{2.5})의 계절적 농도 변화

충주시의 PM₁₀의 계절적 평균농도는 상업지역은 봄 $74.3\mu\text{g}/\text{m}^3$, 여름 $31.2\mu\text{g}/\text{m}^3$, 가을 $40.7\mu\text{g}/\text{m}^3$, 겨울 $44.7\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 농도를 각각 나타냈으며, 주거지역은 봄 $66.2\mu\text{g}/\text{m}^3$, 여름 $27.7\mu\text{g}/\text{m}^3$, 가을 $38.0\mu\text{g}/\text{m}^3$, 겨울 $37.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 생산 및 녹지지역은 봄 $40.5\mu\text{g}/\text{m}^3$, 여름 $17.8\mu\text{g}/\text{m}^3$, 가을 $26.8\mu\text{g}/\text{m}^3$, 겨울 $27.2\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 농도로 각각 측정되었다. 계절별로는 봄철, 겨울철, 가을철,

여름철 순으로 높게 나타났다. 이는 우리나라의 대기환경 기준에는 미치지 못하는 농도 수치이다(환경부, 2000). 봄철의 미세먼지 농도가 상업지역, 주거지역, 생산 및 녹지지역 모두 고농도로 나타난 것은 국내의 전반적인 공통 현상으로서 확인되지 않은 약한 황사의 영향이 있거나 기온의 일교차가 심하고 건조한 대기 조건하에서 토사나 도로먼지, 야적장 등으로부터 비산먼지의 영향이 상대적으로 크게 나타난 것으로 추정된다. 또한, 황사기간 동안은 3개지역의 농도 차이는 크게 나타나지 않았으며, 3개 지역의 여름철의 농도가 다른 계절의 농도보다 저농도로 측정되었는데 이것은 국내의 강충민 등(1998)의 연구와 비슷한 결과를 보였으며, 일반적으로 여름에는 강우량의 영향으로 대기 중에서 제거되는 wash-out 현상에 의해 PM₁₀의 농도가 낮게 측정되었다(Gidhagen *et al.*, 2002).

PM_{2.5} 농도는 미국 EPA(Environmental Protection

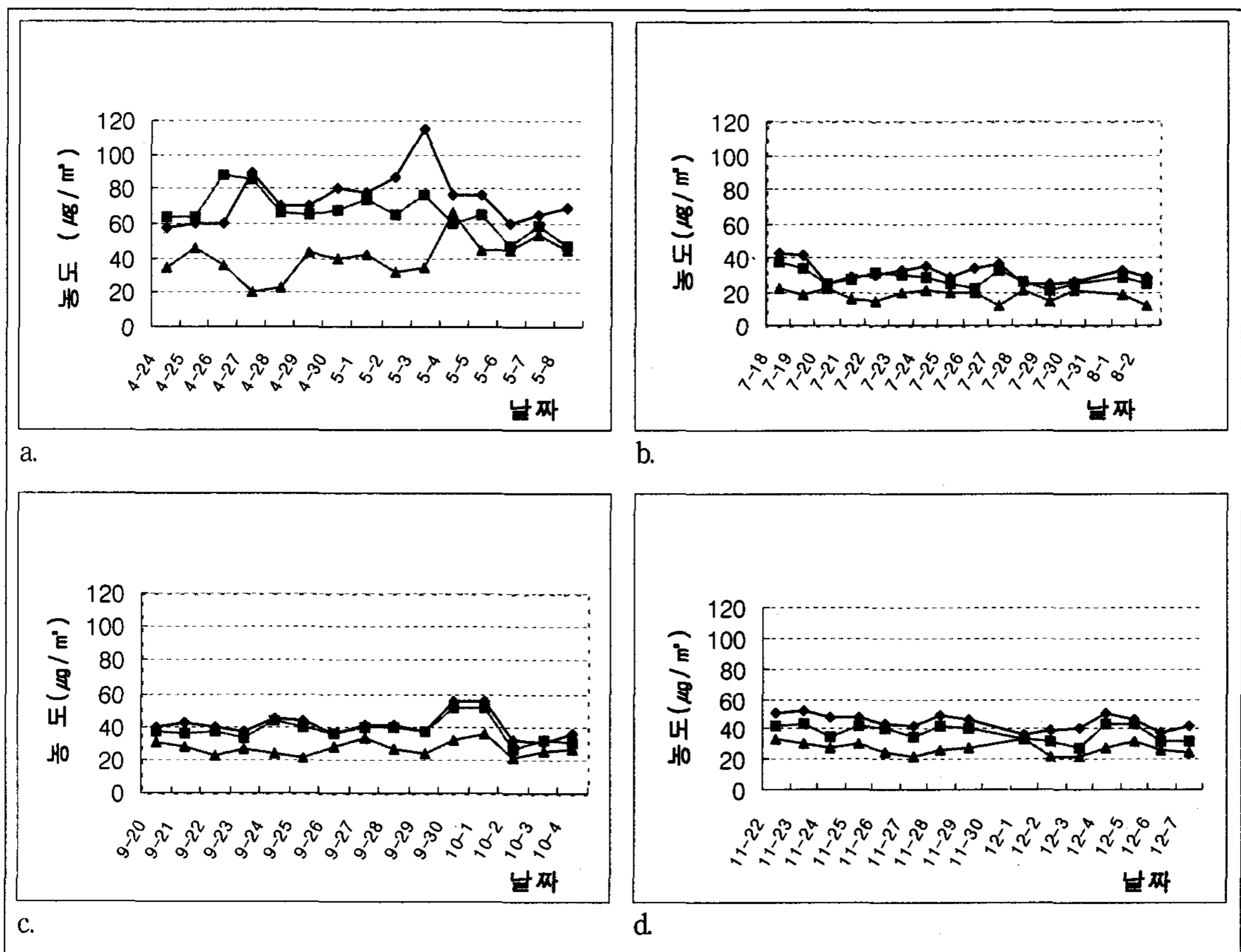


그림 1. 계절별 미세먼지 농도의 변화(PM₁₀)

범례: —■— 상업지역 —●— 주거지역 —▲— 생산및녹지

Agency, EPA)의 PM_{2.5} 일일 기준인 65 μg/m³을 초과하는 날이 3개 지역 측정지점에서 봄철(4월~5월)에 2~3일이 관찰되었다. 그리고 3개 지역의 측정지점 PM_{2.5}의 연평균 농도가 미국 EPA의 PM_{2.5} 연평균 기준치 15 μg/m³보다 상업지역에서는 2배 이상, 주거 지역에서는 1.5배 정도 높게 나타났으며, 생산 및 녹지지역에서는 기준치보다 약간 높게 나타나 PM_{2.5}의 발생원에 대한 저감대책이 필요할 것이라고 판단된다(EPA, 2004).

IV. 결론

본 연구는 2005년 4월부터 2005년 12월까지 충주시의 상업지역, 주거지역, 생산 및 녹지지역을 선정하여 미세먼지 농도를 지역별, 계절적 농도간의 관계를 살펴 본 결과 충주시의 미세먼지(PM₁₀)의 평균 농도는 30 μg/m³로 측정되었다. 일반 기상시의 미세먼지 평균 농도는 상업지역은 58 μg/m³, 주거지역은 48 μg/m³, 생산 및 녹지지역은 27.5 μg/m³이었고, 황사 기간 중의 농도는 각각 87 μg/m³, 76 μg/m³, 54 μg/m³로 평상시보다 약 1.5~3배의 고농도를 나타냈다. 이는 충주시가 대기환경기준에 비해 미세먼지의 평균농도가 낮게 나타나지만 황사기간 중에는 집중적인 미세먼지의 영향이 있을 것이라 예측된다. 또한 토지이용형태별 단위면적당 미세먼지 농도 변화는 수목 피도가 높은 생산 및 녹지지역에서 가장 적은 농도를 나타냈고, 수목 피도가 낮은 상업지역 또는 단독주거지에서 가장 높은 고농도가 나타났다. 이는 생산 및 녹지지역이 미세먼지에 대한 상대적인 효과가 있을 것이라 추정된다.

이상의 결과로 볼 때 충주시 상업지역, 주거지역, 생산 및 녹지지역의 미세먼지 농도 측정 결과 대도시보다 저농도를 보였지만, 황사 발생시에는 높은 농도로 미세먼지에 대한 영향이 있다고 판단되며 차후 2007년부터

개정되는 대기환경기준이 강화되어 충주시도 미세먼지의 대한 대책방안이 모색되어야 한다. 이는 미세먼지에 대한 지속적인 연구조사와 환경규제의 시행, 지역환경 기준 설정 등 발생 오염원의 관리가 시행이 필요하다 판단된다.

인용문헌

1. 강충민, 이학성, 강병욱, 김희강(1998) 서울지역의 산성가스물질과 PM_{2.5}농도의 특성. 한국대기환경학회 학술대회 논문집 제1권. pp. 29-30.
2. 박성은, 정 용(1992) 서울시 대기부유분진의 농도와 다환방향족 유기물질에 의한 발암 위해성. 대기보전학회지 8(4): 247-256.
3. 신은상, 김희강(1992) 서울시에서의 대기부유먼지에 대한 황사의 영향. 대기보전학회지 8(1): 52-57.
4. 전준민, 김윤신(1993) 서울시 지하상가 공기중 다환방향족 탄화수소의 농도 조사에 관한 연구. 대기보전학회지 9(1): 81-92.
5. 최성우(1998) 대기부유분진중 다환방향족탄화수소류의 소염에 관한 연구-신촌지역을 중심으로-. 연세대학교 대학원 석사학위논문.
6. 하재성, 김유정, 한진석, 김조천, 선우영(2004) 강화도 지역 PM_{2.5}의 봄철/겨울철 화학적 특성. 한국대기환경학회 2004년 춘계학술대회논문집. pp. 129-130.
7. 환경부(2000) 대기환경기준.
8. Environment Protection Agency(2004) National Ambient Air Quality Standard(NAAQS).
9. Gidhagen, I., Kahelin, H., Schmidt-Thome, P. and Johansson, C(2002) Anthropogenic and natural levels of arsenic in PM₁₀ in Central and Northern Chile. Atmospheric Environment 36., 3803-3817.
10. Marcazzani, G.M., Ceriani, M., Valli, R. and Vecchi, R.(2003) Source Apportionment of PM₁₀ and PM_{2.5} in Milan(Italy) using receptor modeling. The Science of Total Environment.
11. Salvador, P., Artinano, B., Alonso, D. G., Querol, X. and Alstuey, A(2004) Identification and characterization of sources of PM₁₀ in Madrid (Spain) by stastical methods. Atmospheric Environment, 38, 435-447.
12. Schwartz, J., Norris, G., Larson, T., Sheppard, L., Claiborne, C. and Koenig, J.(1999) Episodes of high coarse particle concentrations are not associated with increased mortality. Environmental Health Perspect, 107, 339-342.