

미세먼지 입경농도 분포의 지역별 특성

Regional Characteristics of Particle Size Distribution of PM₁₀

이용기* · 이기종 · 이재성 · 신은상¹⁾

경기도보건환경연구원, ¹⁾동남보건대학교 환경보건과

(2012년 10월 17일 접수, 2012년 11월 12일 수정, 2012년 11월 19일 채택)

Yong-Ki Lee*, Ki-Jong Lee, Jae-Seong Lee and Eun-Sang Shin¹⁾

Gyeonggi-do Institute of Health and Environment,

¹⁾*Department of Environmental Health, DongNam Health College*

(Received 17 October 2012, revised 12 November 2012, accepted 19 November 2012)

Abstract

The purpose of this study is to propose management strategies to lower the level of PM₁₀ concentration. First, this study analyzes the characteristics of particle sizes in three different areas, the residential, the roadside, and the industrial areas. Second, it has examined the size of particles which can influence on the increase of PM₁₀ concentration level. The distribution of particle size for PM₁₀ concentration was not different by regions. The highest portion in the observed PM₁₀ is near 0.3 μm. In addition, both near 2.5 μm and near 5.0 μm are found higher in portion. The fractions of PM_{1.0} and PM_{2.5} in PM₁₀ are 68.2% and 75.8% respectively. The fraction of PM_{1.0} in PM_{2.5} is 89.8%.

The particle diameters contributed to the increase of PM₁₀ concentration are different by regions. In the residential area, the sizes of near 0.6 μm and near 3.3 μm particles are found to be the cause for the increase of PM₁₀ concentration level. However the particle sizes for the increase of PM₁₀ concentration level are 0.8 μm and 0.5 μm in roadside and industrial area respectively. Therefore, fine particles are found as the key factors to raise PM₁₀ concentration level in the two areas, while both fine and coarse particles are in the residential areas.

When examined the PM₁₀ concentration level change, it was categorized by two different time zones, the high concentration level time and the lower concentration time. In high concentration time, the PM₁₀ concentration has increased in the morning in the residential and roadside areas. On the contrary, the level has increased in the evening in the industrial area. In low concentration time, the level of PM₁₀ concentration in the roadside area is significantly higher in the morning than the concentration level of other times. There is no significantly different concentration level found in the both residential and industrial areas throughout the day.

Key words : Particles size, Regional characteristics, PM₁₀, PM_{2.5}, PM_{1.0}

*Corresponding author.

Tel : +82-(0)31-250-2593, E-mail : yongki@gg.go.kr

1. 서 론

미세먼지(이하 PM_{10})는 발생과정과 이동경로가 복잡하여 관리가 매우 어려운 대기오염물질이다. 대기 중 농도를 줄이기 위해서는 농도 증가에 영향을 미치는 여러 가지 인자에 대한 기여도 파악이 필요하며 저감대책 또한 각기 다를 수밖에 없다(Bae *et al.*, 2007). 또 입자상 물질은 기계적인 작용이나 배출원에서 직접 배출되는 1차입자(primary particle)와 1차 오염물질인 황산화물(SO_x) 및 질소산화물(NO_x) 등이 대기 중에서 반응하여 생성되는 2차입자(secondary particle)로 구분되는데 PM_{10} 은 1차입자와 2차입자가 섞여있다(Kim, 2006).

PM_{10} 은 입자의 직경이 작을수록 표면적이 크고 대기 중에 체류하는 시간이 길어 유해한 대기오염물질을 많이 흡착할 수 있다. 최근 독성학적인 조사 및 연구에 의하면 100 nm 이하인 초미세입자가 조대입자에 비해 질량당 위해도가 높다는 것이 밝혀지고 있다(Bae, 2010; Montoya *et al.*, 2004). 그러므로 PM_{10} 질량농도는 역학 연구에서 입자에 의한 인체 노출량을 평가하는데 적합한 지표가 된다고 하겠다(Tuch *et al.*, 1997). 따라서 입자상 물질에 대한 최근의 연구는 입자의 질량농도 뿐만 아니라 입경별 개수 농도, 표면적 등 다양한 물리적 특성을 다루고 있다(Lee and OH, 2008).

대기 중 입자상 물질에 관한 우리나라의 대기환경기준은 제정 초기부터 총 부유분진(total suspended particle, TSP)으로 관리하여 오다가 1993년부터 입자의 크기에 따른 영향을 고려하여 PM_{10} 을 대기환경기준으로 추가하여 관리하기 시작하였으며, 2011년에는 $PM_{2.5}$ 를 대기환경기준에 추가하여 2015년부터 시행하려는 계획을 추진하고 있다.

대기 중에 존재하는 PM_{10} 은 입자의 직경이 크고 작음에 따라 발생기원이 다르기 때문에 이에 대한 관리대책도 달라야 한다. PM_{10} 중 토양성분을 기원으로 하는 조대입자는 입자의 직경이 크기 때문에 표면적이 작고 대기 중에서 수일 정도 밖에 체류하지 않기 때문에 유해물질을 많이 흡착할 수 없어 위해성은 크지 않은 반면, 연료연소나 화학작용에 의해 생성되거나 대기 중에서 광화학 반응에 의해 생성되는 2.5 μm 이하의 미세입자는 입자의 직경이 작고 표면적이 크며, 대기 중에 수일에서 수개월정도 체류하기 때문에

많은 유해물질을 흡착하여 위해성이 크다(Kim, 2006).

따라서 입자의 직경에 따라 발생기원도 다르고 처리대책도 다르기 때문에 대기 중에 존재하는 PM_{10} 의 입경분포를 파악하는 것은 PM_{10} 관리대책에서 매우 중요하다. 고농도 PM_{10} 이 발생할 때 입경별 분포를 분석하면 농도 증가에 기여하는 입자의 크기를 알 수 있고 거기에 맞는 관리대책을 추진할 수 있다. 본 연구에서는 경기도 대기오염자동측정소가 설치되어 있는 지역 가운데 종합대기측정소가 설치되어 있는 주거지역과 자동차의 통행량이 많은 도로변지역 그리고 공장이 밀집되어 있는 공업지역을 대상으로 PM_{10} 의 입경별 개수농도와 질량농도를 측정하여 지역별 특성을 비교분석하였다. 이를 토대로 고농도 PM_{10} 이 발생하는 지역의 원인물질을 추정함으로써 지역별 특성에 맞는 PM_{10} 농도 저감대책의 기초자료를 제공 하려고 하였다.

2. 연구 방법

2.1 대상지역 선정

PM_{10} 의 입경별 분포특성을 파악하기 위해 선정된 측정지점 및 기간은 그림 1 및 표 1과 같다. 주거지역은 경기도 종합대기측정소가 설치되어 있는 의왕시 고천동(A)을 대표지점으로 하였다. 종합대기측정소는 대기측정망이 모두 설치되어 있는 지점으로 미세먼지 이외의 다른 대기환경기준 항목과 비교분석이 용이하다. 도로변지역은 우리나라 1번 국도가 통과되는 동수원 도로변측정소(B)를 선정하였으며, 공업지역은 안산시 반월공단에 위치하고 있는 원시동 측정소(C)를 선정하였다. 이곳은 주변에 중소 공장들이 많이 밀집되어 있으며 공단을 통과하는 간선도로가 인접하고 있어 대형화물차의 통행이 많은 곳이다.

2.2 측정방법

PM_{10} 의 입경별 개수농도는 입자계수기(Environmental Dust Monitor #164, GRIMM Aerosol Technic, 이하 EDM)로 측정하였다. EDM은 장비에 유입된 에어로졸에 의해 산란된 레이저 빛을 감지하여 크기 0.25 μm 부터 32 μm 사이를 31개 구간으로 구분하여 개수농도를 측정할 수 있는 기기이다(Kim and Lee, 2010). 이것은 상시 측정이 가능하고 1분 간격으로

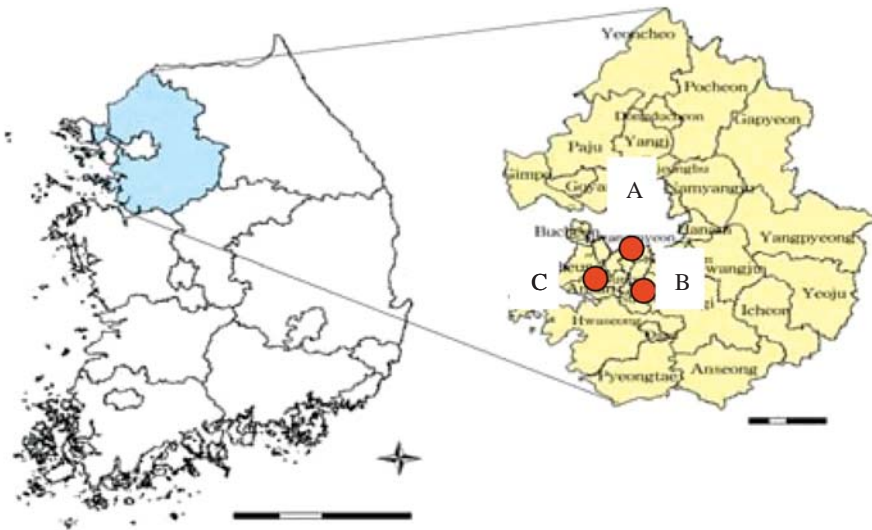


Fig. 1. Location of sampling site.

Table 1. The study area and measurement period.

Areas	Sites	Measurement period
Residential	Gocheon (A)	2012.05.02. ~ 2012.05.24
Roadside	Eastswon (B)	2012.06.04 ~ 2012.06.24
Industrial	Wonsi (C)	2012.06.25 ~ 2012.07.13

자료를 생산하고 있는데 유입된 공기의 수분을 제거하기 위해 공기흡입구의 Inlet Heater를 통해 수분을 선택적으로 제거할 수 있도록 되어 있다. 측정기간은 2012년 5월부터 7월까지 약 3개월이며 지점별로 약 3주 동안 24시간 연속 측정하였다. 측정된 자료에서 10 μm 이하의 23개 구간 입경별 개수농도를 이용하여 지역별, 시간별 PM₁₀의 질량농도와 입경별 개수농도 분포 특성을 비교하였다. 또 PM₁₀이 고농도로 나타날 때 농도 증가에 기여하는 입자의 크기 및 저농도 시 발생시간의 입경분포 특성을 비교분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 PM₁₀ 농도와 입경분포의 지역별 특성

PM₁₀ 농도를 23개 구간의 입자직경으로 나누어 지역별 PM₁₀ 농도의 입경별 점유율을 분석한 결과는 그림 2와 같다. 지역에 관계없이 점유율이 가장 높은

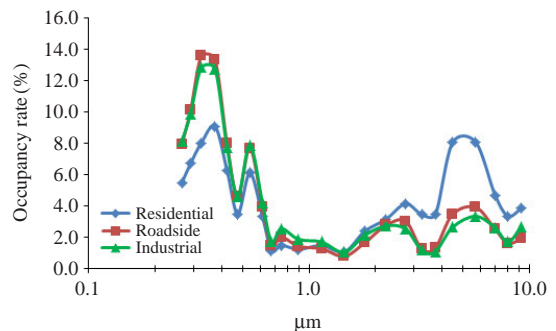


Fig. 2. Regional characteristics of PM₁₀ concentration of particle size.

구간은 입자직경 0.3 μm 부근이었으며, 다음으로 5.0 μm 부근과 2.5 μm에서 높게 나타났다. 다만 주거지역인 의왕시 고천측정소에서는 비교적 입자의 크기가 큰 조대입자와 미세입자의 점유율이 비슷하였다. PM₁₀의 발생 특성상 토양을 기원으로 하는 먼지는 조대입자가 대부분이고, 화석연료의 연소나 화학반응에 의해 생성되는 인위적 기원의 먼지는 미세입자가 대부분인 것으로 알려져 있다(Kim, 2006).

공업지역이나 도로변지역에서는 자동차 연료의 연소에 의한 먼지와 화학반응 또는 공장에서 배출되는 먼지가 많으므로 0.3 μm 부근 입자의 점유율이 높은 반면, 주거지역에서는 인간생활과 밀접한 생물성 연

Table 2. Regional characteristics of dust concentration ratio.

Areas	PM _{1.0} /PM ₁₀	PM _{2.5} /PM ₁₀	PM _{1.0} /PM _{2.5}
Residential	0.526	0.608	0.866
Roadside	0.742	0.807	0.919
Industrial	0.780	0.859	0.909
Average	0.682	0.758	0.898

소와 주거활동 등으로 발생하는 비산먼지의 영향으로 미세입자와 조대입자의 비율이 큰 차이가 없는 것으로 판단된다. 따라서 PM₁₀의 질량농도를 줄이기 위해서는 점유율이 높은 직경 1.0µm 이하의 초미세입자 농도가 감소되어야 한다. 과거 일본 도쿄의 PM₁₀ 농도 저감도 입경 2.1µm 이하의 초미세입자의 질량농도 감소에 의한 것이었다(Kim, 2006).

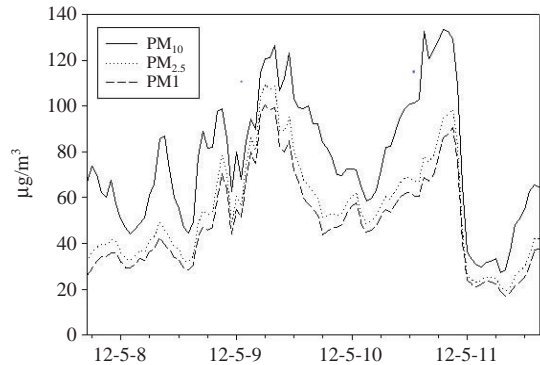
표 2는 연구대상지역에서 PM₁₀ 농도의 비율을 나타낸 것이다. 공업지역과 도로변지역을 살펴보면 PM₁₀에서 차지하는 PM_{1.0} 및 PM_{2.5} 비율이 주거지역에 비하여 특이하게 높았으며, PM_{2.5}에서 PM_{1.0}의 비율도 90%를 초과하여 초미세입자의 점유율이 매우 높게 나타남을 알 수 있었다. 평균적으로는 PM₁₀ 중 PM_{1.0}은 68.2%, PM_{2.5}는 75.8%이었으며 PM_{2.5} 중 PM_{1.0}은 89.8%를 나타내었다. 이것은 Lee and Oh (2008) 등이 천안시에서 Dust Monitor 이용한 측정에서 PM_{2.5}/PM₁₀의 비율이 72.0~76.8%로 조사된 것과 Kim and Cho (2004) 등이 서울시에서 Potable Aerosol Spectrometer를 이용한 측정에서 PM_{1.0}/PM_{2.5}의 비율이 74.5%를 나타낸 것과 비교하면 비교적 높은 수치가 나타났는데 이는 지역적인 특성이나 측정지점의 차이에서 기인한 것으로 판단되나 이러한 결과로부터 측정지역의 초미세입자의 농도가 높아지고 있다는 사실은 확실하다고 판단할 수 있다.

3.2 PM₁₀ 농도 증가에 따른 지역별 입경분포의 변화

3.2.1 주거지역

PM₁₀ 농도 증가에 따른 주거지역의 입경분포 변화를 알아보기 위해 2012년 5월 8일부터 12일까지 연속 측정된 실시간 질량농도와 입경별 개수농도를 그림 3에 나타내었다. 또 질량농도가 증가할 때 어떤 입자 크기가 PM₁₀ 농도 증가에 영향을 미치는가를 알아보기 위해 3주간 연속 측정된 자료를 이용하여

(a) Real time (mass concentration)



(b) Real time (number concentration of particle size)

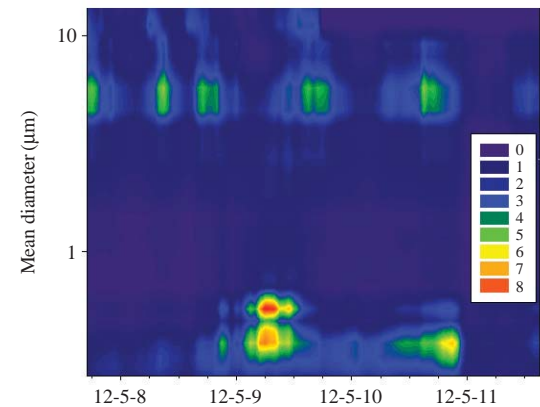


Fig. 3. Real-time particle concentration and distribution of each particles size at residential area.

PM₁₀의 일평균환경기준치인 100 µg/m³ 이상 고농도와 연평균환경기준치인 50 µg/m³ 이하 저농도에 대한 입경별 농도증가율을 그림 4 및 표 3에 나타내었다.

실시간 질량농도변화와 입경별 개수농도 분포에 따르면 주거지역인 고천동은 농도가 증가할 때 1µm 이하의 초미세입자와 5µm 부근의 조대입자가 같이 증가하였다. 또 표 3에서 최고농도를 나타낸 입경은 0.375µm 부근이며, 증가율이 가장 높은 입경은 0.6µm 부근으로 PM₁₀ 농도가 5.5배 증가할 때 입경 0.6µm 부근에서는 12.0배 증가하는 것으로 나타났다. 또 입경 3.3µm 부근에서는 증가율이 7.1배로 나타나 결과적으로 미세입자와 조대입자가 PM₁₀ 농도 증가에 공통적으로 영향을 미치는 것으로 나타났다. 도시 대기에서 PM₁₀의 질량대비 입경분포는 입자의 발생 및

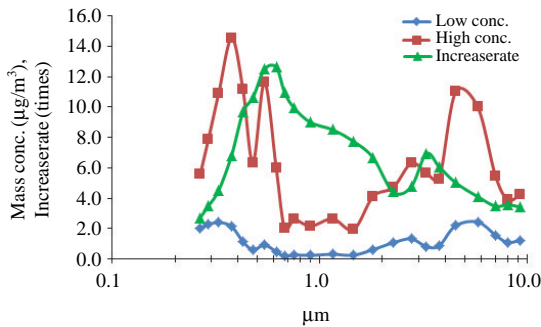


Fig. 4. Concentration increase rate of each particles size in residential area.

Table 3. Concentration increase rate of each particles size at residential area.

Diameter (µm)	0.4	0.6	2.8	3.3	5.8	PM ₁₀
Low conc. (µg/m ³)	2.1	0.5	1.3	0.8	2.4	26.5
High conc. (µg/m ³)	14.6	6.0	6.3	5.7	10.0	146.1
Increase (times)	7.0	12.0	4.8	7.1	4.1	5.5

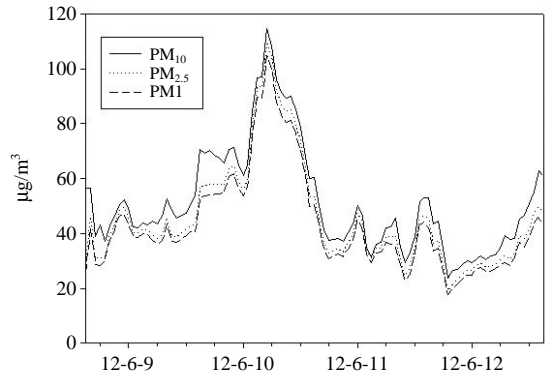
소멸기작의 차이에 의해 2µm 부근을 중심으로 양측에 피크를 가지는 이산형 분포(bimodal distribution)를 보인다(Oh *et al.*, 2009). 본 연구에서도 입경 1.0µm 부근을 중심으로 최저값을 보이는 이산형 분포를 보였으며 농도 증가율도 입경 2.8µm 부근을 중심으로 양쪽에 피크치를 가지는 이산형 분포를 나타내었다.

주거지역에서 조대입자의 농도 증가율이 높은 것은 생활환경에서 비롯되는 고기구이 등 생물성 연소 생성물과 인간 활동 등에 의한 비산먼지 등이 원인으로 판단된다. Park *et al.* (2011)에 의하면 시민이 주로 섭취하는 고기류를 불에 직접 구울(직화구이) 때 가장 많이 발생하는 먼지 입경은 2.5µm이고, 약 80% 정도가 입경 1.0~4.0µm의 범위였다. 결론적으로 주거지역에서 PM₁₀ 중에서 조대입자의 점유율이 높은 것은 인간의 식생활과 비산먼지의 영향이 크게 작용하고 있다고 할 수 있다.

3. 2. 2 도로변지역

도로변지역의 PM₁₀ 농도 변화는 주로 자동차의 통행량에 기인한다. 도로변지역에서 PM₁₀ 농도의 입경 분포를 알아보기 위해 2012년 6월 9일부터 13일까지 연속 측정된 실시간 질량농도 변화와 입경별 개수농도 그래프를 그림 5에 나타내었다. 측정 장소는

(a) Real time (mass concentration)



(b) Real time (number concentration of particle size)

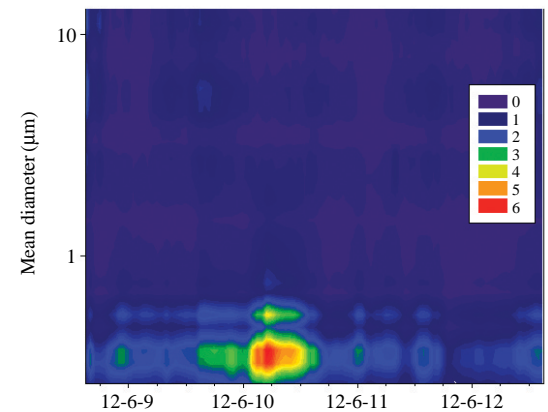


Fig. 5. Real-time particle concentration and distribution of each particles size in roadside area.

자동차 배출가스의 직접적인 영향을 받는 지역으로 자동차 통행량과도 매우 밀접한 관련이 있는 지점이다. 실시간 질량농도 그래프에서 PM₁₀ 농도가 증가하는 시점에서 입경별 개수농도 그래프를 보면 입경 1.0µm 이하의 농도가 높게 나타났다.

자동차에서 배출되는 배출입자의 직경은 경유차의 경우 입자수로는 입경 0.1µm 부근이 가장 많고, 질량 농도로는 입경 0.2µm 부근이 가장 높은 것으로 보고되고 있다(Kobayashi, 2006). 그림 6에 나타난 바와 같이 본 연구에서도 질량농도가 가장 높은 입경은 0.375µm 부근으로 나타났다. 그러나 주거지역과 달리 이산형 분포는 나타나지 않았다. 또 3주간 연속 측정된 자료를 분석한 결과 표 4와 같이 PM₁₀ 농도가 증가할 때 질량농도 증가에 기여하는 입경은 0.8

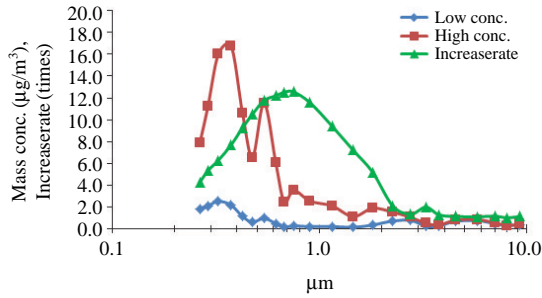


Fig. 6. Concentration increase rate of each particles size in roadside area.

Table 4. Concentration increase rate of each particles size at roadside area.

Diameter (µm)	0.4	0.8	2.8	3.3	5.8	PM ₁₀
Low conc. (µg/m ³)	2.2	0.3	0.8	0.3	0.8	18.1
High conc. (µg/m ³)	16.8	3.5	1.1	0.5	0.9	107.0
Increase (times)	7.6	11.6	1.4	1.6	1.1	5.9

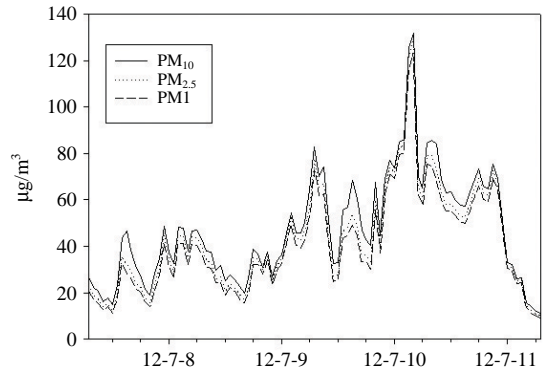
µm 부근에서 가장 높았다. 주거지역에서 입경 0.6µm 부근과 입경 3.3µm 부근의 증가율이 높은 것과는 다른 특성을 보인다. 이것은 자동차에서 배출되는 먼지는 대부분 초미세입자이기 때문에 조대입자에 의한 기여율이 낮은 것으로 판단된다. Lee *et al.* (2012)이 도로주행과정에서 타이어 마모에 의한 PM₁₀ 발생특성을 조사한 결과 입경 2.5µm 부근에서 질량농도가 가장 높았다고 보고했지만 본 연구의 측정지점인 도로변 지역에서는 크게 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.

3. 2. 3 공업지역

공업지역의 대기오염은 산업시설이 집중되어 있고 물류를 수송하는 대형화물차의 이동이 많아 대도시 대기오염과는 다르게 나타난다. 대도시는 화석연료의 연소에 의한 일반 대기오염물질이 주를 이루며, 계절에 따른 변동이 큰 반면 산업단지는 공단에서 가동되는 사업장에서 배출되는 특정 대기오염물질의 농도가 높고 계절변동이 크게 나타나지 않는 특징이 있다 (Kang *et al.*, 2009).

본 연구에서 2012년 7월 8일부터 11일까지 조사된 PM₁₀의 실시간 질량농도 증가에 따른 입경별 개수농도 분포 변화를 그림 7에 나타내었다. 도로변 지역과 유사하게 PM₁₀ 농도가 증가할 때 농도가 높게 나타나는 입경범위는 0.5µm 부근이었다. 이와 같은 원

(a) Real time (mass concentration)



(b) Real time (number concentration of particle size)

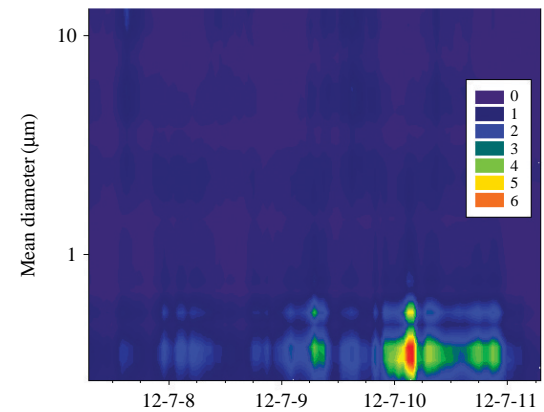


Fig. 7. Real-time particles concentration and distribution of each particles size at industrial area.

인은 Kang *et al.* (2009)이 조사한 6가 크롬 농도특성과 같이 공단지역은 주거지역이나 다른 지역에 비해 입자상물질인 유해중금속의 농도가 높고, 아울러 황 함유량이 높은 연료의 사용으로 인하여 사업장에서 배출하는 높은 농도의 1차오염물질인 SO₂가 대기 중에서 2차입자인 염으로 생성되어졌기 때문인 것으로 사료된다 (GIHE, 2011).

공업지역의 유해중금속 농도는 일반 주거지역에 비해 수배 정도 높으며 SO₂ 농도도 약 2배 정도 높은 것으로 보고되고 있다 (GIHE, 2011; Kang *et al.*, 2009).

3주간 연속 측정된 자료를 분석한 결과 공업지역에서 PM₁₀ 중 최고농도를 나타낸 입경 범위는 초미세입자인 0.375µm 부근이었다. 그러나 주거지역과 같은 이산형 분포를 보이지 않고 도로변 지역과 유

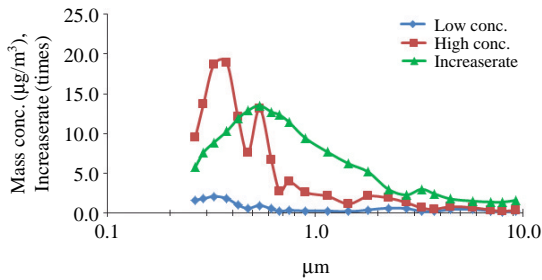


Fig. 8. Concentration increase rate of each particles size at industrial area.

Table 5. Concentration increase rate of each particles size at industrial area.

Diameter (µm)	0.4	0.5	2.8	3.3	5.8	PM ₁₀
Low conc. (µg/m ³)	1.8	1.0	0.7	0.2	0.5	18.5
High conc. (µg/m ³)	18.9	13.2	1.3	0.6	0.7	121.9
Increase (times)	10.5	13.2	1.9	3.0	1.4	6.6

사한 입경분포가 나타났다. 이것은 물류 이송을 위한 대형화물차와 공장에서 배출되는 초미세입자의 농도가 높아 조대입자의 기여율이 상대적으로 미미해진 것으로 판단된다. 또 표 5에서 PM₁₀ 농도가 증가할 때 농도 증가에 기여하는 입경도 0.5µm 부근에서 가장 높았다. 주거지역 입경 0.6µm, 도로변지역 입경 0.8µm과 비교해 볼 때 공업지역에서는 가장 작은 초미세입자가 PM₁₀의 농도 증가에 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다.

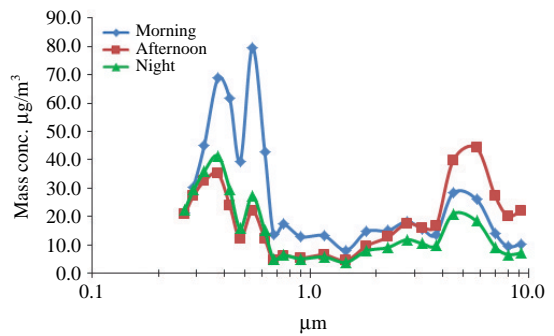
PM₁₀ 증가에 따른 입경분포 변화를 조사한 결과 연구대상 3지점 모두 최고농도를 나타낸 입경은 0.375µm 부근이었다. PM₁₀ 농도가 증가했을 때 증가율이 가장 높은 입경은 주거지역의 경우 입경 0.6µm 부근과 입경 3.3µm 부근 두 군데인데 반하여 도로변지역과 공업지역은 0.8µm 부근과 0.5µm 부근이었다. 결과적으로 3지점 모두 1.0µm 이하의 초미세입자에 의하여 PM₁₀ 농도가 증가하는 것으로 나타났으며, 그 중에서 공업지역이 가장 작은 입경 0.5µm 부근의 증가로 PM₁₀ 농도가 높아지는 것으로 나타났다.

3.3 PM₁₀ 농도와 입경분포의 시간별 특성

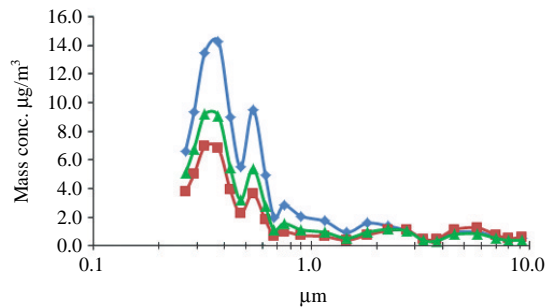
3.3.1 고농도 기간의 시간대별 특성

하루를 주기로 PM₁₀의 입경분포 변화를 알아보기

(a) Residential area



(b) Roadside area



(c) Industrial area

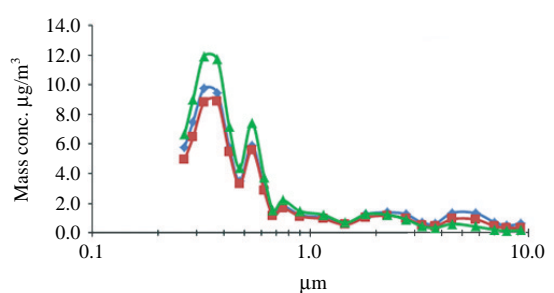


Fig. 9. Time characteristics of the particle size distribution of high concentration.

위해 오전(05~13시), 오후(13~21시), 밤(21~05시)으로 시간 구간을 설정하여 측정된 PM₁₀의 농도를 분석하였다. PM₁₀의 농도가 100µg/m³ 이상 고농도로 나타날 때 주거지역에서는 입경 1.0µm 이하의 미세입자와 5.0µm 부근의 조대입자가 높은 농도를 보이는 이산형 분포가 나타났지만, 도로변지역이나 공업지역에서는 이와 같은 특성이 나타나지 않았다. 이와 같은 결과는 주거지역은 토양을 기원으로 하는 비산먼지의 영향이 크지만 도로변지역이나 공업지역은

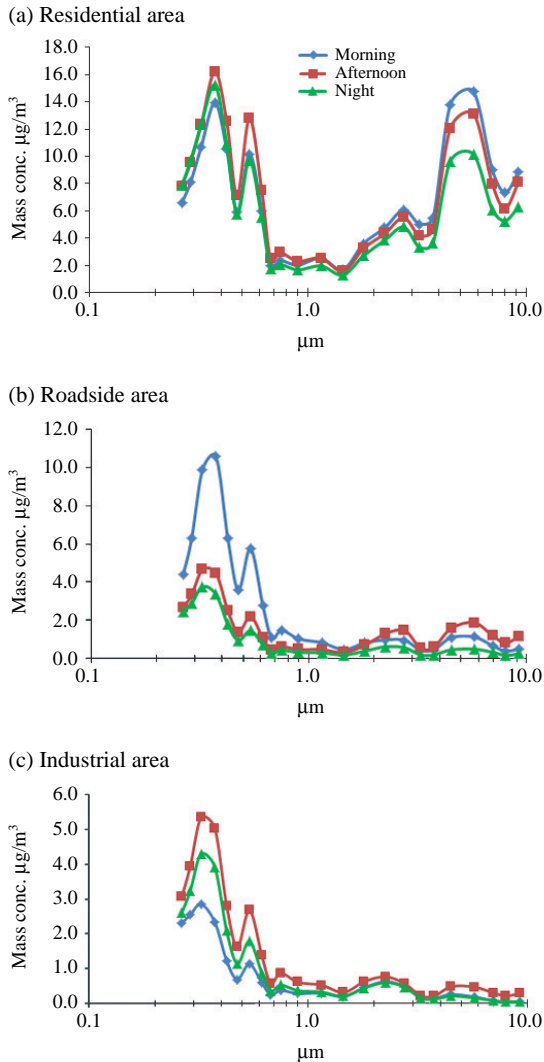


Fig. 10. Time characteristics of the particles size distribution of low concentration.

자동차 배출가스와 사업장 연료의 연소 혹은 제조공정에서 화학반응으로 배출되는 인위적 먼지가 대부분이기 때문에 나타나는 현상으로 판단된다. 또 주거지역과 도로변지역에서는 오전 시간의 PM₁₀ 농도가 훨씬 높은 반면 공업지역에서는 밤 시간의 농도가 높게 나타나는 특징을 보였다. 이는 교통량이 집중적으로 증가하는 아침 출근시간대의 자동차 배출가스에 의한 입경 1.0 µm 이하 초미세입자 농도가 증가하는 것이 원인이라고 판단된다. 이것은 Bae et al. (2007) 결

과와 일치하였다. 또 주거지역의 시간별 특성을 보면 초미세입자는 오전에 높은 농도를 보인 반면, 조대입자는 오후에 높은 농도를 보이는 것으로 나타났다.

이것은 오전보다 오후가 풍속이 크기 때문에 바람에 의한 비산먼지 영향이 원인인 것으로 판단된다.

3. 3. 2 저농도 기간의 시간대별 특성

PM₁₀ 농도가 50 µg/m³ 이하 저농도로 나타날 때도 주거지역을 제외하고 다른 지역에서는 이산형 분포가 나타나지 않았다. 저농도 기간에 나타나는 특징은 도로변지역을 제외하고 시간대별 특징이 나타나지 않았다. 다만 도로변지역은 오전 시간에 입경 0.4 µm 부근의 초미세입자 농도가 월등히 높게 나타나는 특징을 보였다. Bae et al. (2007)이 조사한 결과에 의하면 초미세입자(100~600 nm)의 농도는 03~05시 사이의 농도가 가장 낮았고, 이후로 아침 출근시간대에 급격히 높아져 08~09시 사이에 최고농도를 나타내었다. 09시 이후에 농도가 약간 낮아졌고 낮 14시 이후에 다시 서서히 증가하여 19~21시 사이에 높은 농도를, 그리고 21시 이후부터 새벽까지 감소하는 경향을 나타낸다고 하였다. 본 연구에서도 입경이 비슷한 입경 0.4 µm (400 nm) 부근의 중량농도가 오전에 가장 높게 나타났고 다음이 오후에 높았으며, 야간에 가장 낮은 농도를 나타내었다.

4. 결 론

주거지역과 도로변지역 및 공업지역에서 발생하는 PM₁₀의 지역별 입경분포 특성을 분석하고 고농도 PM₁₀이 발생할 때 농도 증가에 기여하는 입자의 크기를 파악하여 PM₁₀ 관리대책을 추진하고자 2012년 5월부터 7월까지 조사 연구한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 지역별 PM₁₀ 농도의 입경별 점유율을 분석한 결과 지역에 관계없이 점유율이 가장 높은 구간은 입경 0.3 µm 부근이었으며, 다음으로 2.5 µm 부근과 5.0 µm 부근에서 높게 나타났다.
2. PM₁₀ 중에 차지하는 각 입경별 점유율은 PM_{1.0} 68.2%, PM_{2.5} 75.8% 이었으며, PM_{2.5} 중에 PM_{1.0}은 89.8%를 점유하였다.
3. PM₁₀ 농도 증가에 기여하는 입경은 주거지역에서

는 0.6 μm 와 3.3 μm 부근으로 미세입자와 조대입자가 공통적으로 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 도로변지역은 0.8 μm , 공업지역은 0.5 μm 부근의 초미세입자가 PM_{10} 농도를 증가시키는 것으로 나타났다.

4. PM_{10} 이 고농도로 발생할 때 주거지역과 도로변지역에서 오전 시간대 농도가 훨씬 높은 반면, 공업지역에서는 밤 시간대 농도가 높게 나타났고, 저농도 일 때는 주거지역이나 산업단지지역은 뚜렷한 특징이 없었으나, 도로변지역에서만 오전 시간대에 농도가 월등히 높게 나타나는 특징을 보였다.

참 고 문 헌

- Bae, G.N., S.Y. Huh, S.B. Lee, M.H. An, D.H. Park, and J.H. Hwang (2007) Ultrafine particle pollution level at the roadside of Seoul in spring, Particle and Aerosol Research, 3(3), 10-22. (in Korean with English abstract)
- Bae, H.J. (2010) Effect of Reduced Ambient PM_{10} Level on the Health of Children in Lower-income Families, Journal of Environmental Health Sciences, 36(3), 182-190. (in Korean with English abstract)
- GIHE (2011) The Report of Gyeonggi-do air pollution assessment.
- Kang, B.W., J.S. Han, M.D. Lee, H.S. Lee, J.H. Kim, E.S. Son, and S.O. Baek (2009) Concentration Characteristics of Airborne Hexavalent Chromium in the Industrial Area, Journal of Environmental Health Sciences, 25(3), 179-187. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.E. and H.Y. Lee (2010) Aerosol Density Determined Using Micro-orifice Uniform Deposit Impactor and Aerosol Dust Monitors Data at Seoul. Journal of Korean Society for Atmospheric Environment, 26(3), 288-304. (in Korean with English abstract)
- Kim, M.Y. and S.J. Cho (2004) Estimation of practical Use for Portable Aerosol Spectrometer, Proceeding of the 37th Meeting of KOSAE.
- Kim, Y.P (2006) Air Pollution in Seoul Caused by Aerosol, Journal of Korean Society for Atmospheric Environment, 22(5), 535-553. (in Korean with English abstract)
- Kobayashi, T.H. (2006) Study the health effects of fine particulate matter such as diesel exhaust and diesel exhaust particles, Research Booklet No. 22, NIES of Japan.
- Lee, H.M. and S.W. OH (2008) Characterization of PM_{10} and $\text{PM}_{2.5}$ in Cheonan Area Using a Dust Monitor, Journal of Korean Society for Atmospheric Environment, 24(3), 367-375. (in Korean with English abstract)
- Lee, S.H., H.S. Kim, J.H. Park, and G.B. Cho (2012) The Properties of Roadway Particles from the Interaction between the Tire and the Road Pavement, Journal of Korean Society for Atmospheric Environment, 28(2), 131-141. (in Korean with English abstract)
- Montoya, D., J. Lawrence, G.G. Murthy, A. Sarnat, J. Godleski and P. Koutrakis (2004) Conti-nuous measurements of ambient particle deposition in human subjects, Aerosol Science and Technology, 38, 980-990.
- Oh, M.S., T.J. Lee, and D.S. Kim (2009) Characteristics of Ionic Components in Size-resolved Particulate Matters in Suwon Area, Journal of Korean Society for Atmospheric Environment, 25(1), 46-56. (in Korean with English abstract)
- Park, S.K., S.J. Choi, G.J. Park, J.Y. Kim, C.K. Bong, S.J. Park, J.H. Kim, and U.H. Hwang (2011) Collection Characteristics of Particulate Matters from Biomass Burning by Control Devices: Mainly Commercial Meat Cooking, Journal of Korean Society for Atmospheric Environment, 27(6), 641-649. (in Korean with English abstract)
- Tuch, T., P. Brand, H.E. Wichmann and J. Heyder (1997) Variation of particle number and mass concentration in various size ranges of ambient aerosols in eastern German, Atmospheric Environment, 31, 4193-4197.