

연구노트

대기배경지역 에어로졸의 입경별 수농도 연속 측정

강창희 · 허철구^{1)*}

제주대학교 화학과, ¹⁾제주대학교 환경공학과
(2011년 12월 21일 접수; 2011년 12월 28일 수정; 2012년 3월 22일 채택)

Continuous Measurements of Size Separated Atmospheric Aerosol Number Concentration in Background Area

Chang-Hee Kang, Chul-Goo Hu^{1)*}

Department of Chemistry, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea

¹⁾Department of Environmental Engineering, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea

(Manuscript received 21 December, 2011; revised 28 December, 2011; accepted 22 March, 2012)

Abstract

The aerosol number concentration have measured with an aerodynamic particle sizer spectrometer(APS) at Gosan site, which is known as background area in Korea, from January to September 2011. The temporal variation and the size distribution of aerosol number concentration have been investigated.

The entire averaged aerosol number concentration in the size range 0.25~32.0 μm is about 252 particles/ cm^3 . The number concentration in small size ranges($\leq 0.5 \mu\text{m}$) are very higher than those in large size ranges, such as, the number concentration in range of larger than 6.5 μm are almost zero particles/ cm^3 . The contributions of the number concentration to PM10 and/or PM2.5 are about 34%, 20.1% and 20.4% in the size range 0.25~0.28 μm , 0.28~0.30 μm and 0.30~0.35 μm , respectively, however, the contributions are below 1% in range of larger than 0.58 μm .

The monthly variations in the number concentration in smaller size range($<1.0 \mu\text{m}$) are evidently different from the variations in range of larger than 1.0 μm , but the variations are appeared similar patterns in smaller size range($<1.0 \mu\text{m}$), also the variations in range of larger than 1.0 μm are similar too. The diurnal variations in the number concentration for smaller particle($<1.0 \mu\text{m}$) are not much, but the variations for larger particle are very evident.

Size-fractioned aerosol number concentrations are dramatically decreased with increased particle size. The monthly differences in the size-fractioned number concentrations for smaller size range($<0.7 \mu\text{m}$) are not observed, however, the remarkable monthly differences are observed for larger size than 0.7 μm .

Key Words : Aerosol, Number concentration, Temporal variation, Size distribution, Background site

1. 서론

환경대기 중에 부유하는 에어로졸은 발생 또는 생

성과정에 따라 입자의 크기, 모양 및 화학적 조성 등이 큰 차이를 보이며, 인체 건강과 산업 활동에 영향을 줄 뿐만 아니라 가시도 및 기후변화에도 많은 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다. 특히, 에어로졸의 크기는 대기 중에서의 거동, 건강 및 기후변화에 미치는 영향을 이해하고 평가하는데 중요한 인자로 작용하는 것으로 알려져 있다(김과 최, 2002; Vyziene 와 Girgzdys,

*Corresponding author : Chul-Goo Hu, Department of Environmental Engineering, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea
Phone: +82-64-754-3443
E-mail: huchulgo@jejunu.ac.kr

2009; Sharma 등, 2003).

대기 중에 부유하는 에어로졸의 크기는 대체로 수 $\mu\text{m} \sim 100 \mu\text{m}$ 정도 되는데, 일반적으로 파쇄, 연마, 바람에 의한 비산 먼지 등과 같이 물리적 과정을 통해 발생하는 입자는 대부분 입경이 큰 조대입자($\geq 2.5 \mu\text{m}$) 들인 반면 연소와 같은 화학적 과정을 통해 발생하거나 대기 중에서 응축 등과 같은 과정을 통해 생성되는 입자는 대부분 미세입자들이다. 조대입자는 인후부나 기관지에서 쉽게 제거되어 인체에 미치는 영향이 크지 않으나, 미세입자는 폐에까지 쉽게 침투할 수 있어 인체에 미치는 영향이 훨씬 큰 사실이 밝혀져 있으며, 기후에 미치는 직간접적인 영향도 미세입자가 상대적으로 크다고 알려져 있다. 이와 같은 사실이 알려지면서 최근 들어 대기 중에 부유하는 미세입자에 대한 관심이 높아지고 이에 대한 연구도 다양하게 이루어지고 있다(Sharma 등, 2011; Buzorius 등, 1999; Stanier 등, 2004; Bigi 와 Ghermandi, 2011).

일반적으로 대기 중 에어로졸의 농도를 평가할 때는 질량농도와 수농도를 이용하는데, 미세입자는 수농도는 매우 높지만 질량농도는 상대적으로 낮다는 사실이 잘 알려져 있다. 그럼에도 불구하고 지금까지 대기 부유분진의 연구와 관리는 대부분 질량농도에 집중되어 있는 것이 사실이다. 더욱이 많은 연구자들에 의해 입자상 물질이 인체에 미치는 영향은 질량농도 보다는 수농도가 훨씬 중요한 영향인자임이 밝혀짐에 따라 최근에는 에어로졸 수농도에 대한 관심이 높아지고 있다(Yan 등, 2004; Bigi 와 Ghermandi, 2011).

에어로졸의 수농도에 대한 연구는 오래 전부터 다양한 관점에서 수행되어 왔다. 최근까지 보고된 에어로졸 수농도에 대한 연구는 주로 에어로졸 수농도의 실태와 시공간적인 변화특성, 수농도와 질량농도 간의 상관성 및 에어로졸 수농도에 미치는 기상인자의 영향 등에 관한 연구들이 있으며, 우리나라를 포함한 동북아시아를 중심으로 황사가 에어로졸 수농도에 미치는 영향에 대해서도 다수의 연구결과가 보고된 바 있다. 측정기술의 발달에 힘입어 최근에는 극미세입자($\leq 100 \text{ nm}$)에 대한 연구결과도 많이 보고되고 있다. 국내에서도 황사시의 에어로졸 수농도 변화특성, 연직 에어로졸 수농도 크기 분포 특성 및 지역별 수농도

비교 등에 대한 연구가 다수 이루어졌다(김과 최, 2002; 전 등, 1999; 최 등, 2005; Vyziene 와 Girgzdys, 2009; Sharma 등, 2003; Stanier 등, 2004; Buzorius 등, 1999; Watanabe 등, 2005; Renjian 등, 2008; Sharma 등, 2011; Longly 등, 2005; Minoura 와 Takekawa, 2005).

잘 알려져 있는 바와 같이 에어로졸의 수농도는 산업시설, 수송, 화력발전과 같은 인위적 기원 및 황사, 비산먼지 같은 자연적 기원을 통해 발생하는 일차적인 에어로졸과 대기 중에서 물리화학적 과정을 통해 생성되는 이차적인 에어로졸, 장거리 수송 등 기원이 다양하고 체류 기간이 대체로 짧기 때문에 시·공간적 분포 편차가 크게 나타나므로 일시적인 집중 측정 보다는 장기적인 연속 측정이 필요하다. 특히, 인위적 발생원의 활동도에 직접적인 영향을 받는 도시지역과 뚜렷한 인위적인 발생원이 없는 배경지역에서의 에어로졸 수농도 변화는 전혀 다른 특성을 나타낸다.

본 연구에서는 인위적인 발생원의 직접적인 영향을 배제할 수 있는 배경지역에서의 에어로졸 수농도를 장기간 동안 연속 측정함으로써 대기 에어로졸의 장기적인 변화 특성을 파악하고 인체 및 기후변화에 미치는 영향을 종합적으로 평가하는데 유용한 기초자료를 확보하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 측정지점

본 연구를 수행한 제주도는 중국과 일본의 중앙에 위치하고 있고 한반도와 약 100 km, 중국 상하이와 500 km, 일본 규수와는 250 km 정도 떨어진 청정지역이다. 그리고 대륙에서 장거리 이동되는 오염물질들의 특성을 파악하는데 아주 유리한 지형적 조건을 갖추고 있다. 따라서 이 지역의 에어로졸 측정 결과는 대기 에어로졸의 장기적 변화를 예측하고 동북아시아에서 장거리 이동되는 에어로졸의 영향을 평가하는데 아주 유용한 자료로 활용될 수 있다. 특히 본 연구를 수행한 고산관측소(33°17'N, 126°10'E, 제주특별자치도 제주시 한경면 고산리 소재 수월봉)는 Fig.1에서 보는 바와 같이 제주도 서쪽 끝 지점에 위치하여 월경성 대기오염물질을 모니터링하기에 아주 적합한 배경

지역이다.(박 등, 1994) 그리고 인가와 떨어져서 주변에 국지 오염원이 거의 없는 해발 72 m 해안가 언덕에 위치해 있고, 제주도 고층레이다가상대와는 서쪽 방향으로 약 300 m 떨어져 있다.

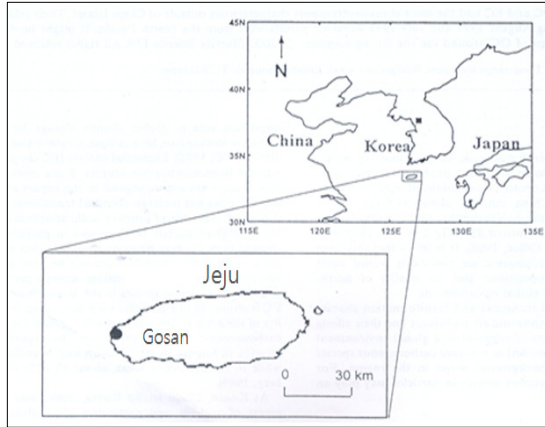


Fig. 1. Location of the monitoring site and surrounding region.

2.2. 에어로졸 수농도 측정

본 연구에서 에어로졸 수농도 측정을 위해 사용한 APS (Aerodynamic Particle Sizer Spectrometer)는 광산란법 분광기 (Grimm Aerosol Technik GmbH & Co., model #179, Germany)로써 야외 현장용 미세분진 연속측정 수분제어시스템 (Grimm Aerosol Technik GmbH & Co., model #365, Germany)을 부착하여 사용하였다. 이 시스템은 온·습도 및 압력계, 자동 영점 교정 장치, 수분제거용 Nafion dryer, TSP head 등을 갖추고 있다. 이 APS 장비는 광산란으로 입자의 개수와 크기 분포를 측정하는 방식이다. 레이저 광원을 에어로졸 입자에 조사하고, 측방에서 산란광의 크기와 빈도를 검출하여 수농도를 측정하며, 장치의 구성은 광원인 반도체 레이저, 분진과 레이저가 교차되는 Sensing 챔버, 흡입공기 유량을 일정하게 유지하는 펌프로 이루어졌다.

이러한 APS 장비는 입자의 측정범위 0.25~32 μm 로써 측정 입경 구간은 30개 구간 (0.25-0.28-0.3-0.35-0.4-0.45-0.5-0.58-0.65-0.7-0.8-1.0-1.3-3.5-4.0-5.0-6.5-7.5-8.5-10.0-15.0-17.5-20.0-25.0-30.0-32.0 μm), 수농도 범위 0.1~1,500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이며, 총 32-channel로 측

정이 가능한 시스템이다. 그리고 Grimm사에서 개발한 프로그램을 이용하여 수농도를 PM₁₀, PM_{2.5}, PM_{1.0} 질량농도로의 환산도 가능하다. APS 장비는 2010년 3월 24일에 제주도 고산관측소 현장에 설치하여 연속적으로 실시간 측정 중에 있으나, 본 연구에서는 2011년 1월부터 10월까지(단, 6월에는 측정장비 정비로 인해 결측되었음)의 측정결과를 이용하였다. 고산관측소에서 측정된 수농도 데이터는 'TCP/IP to COM Port'를 사용하여 메모리 카드에 저장하고, 'Cat 5 cable'을 통하여 컴퓨터에 5분 간격으로 저장하였다. 그리고 현장 컴퓨터와 연구실의 컴퓨터를 인터넷 라인으로 연결하여 원격관측이 가능할 수 있도록 시스템을 구성하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 대기 에어로졸 수농도 현황

본 연구 기간 동안 측정된 0.25 ~ 32 μm 크기 범위의 에어로졸 수농도 전체평균은 252.36 particles/cm³이며 이를 입경 구간별로 정리해 나타낸 Fig. 2에서 보면 0.25 ~ 0.28 μm , 0.28 ~ 0.30 μm , 0.30 ~ 0.35 μm , 0.35 ~ 0.40 μm , 0.40 ~ 0.45 μm 구간의 평균 수농도는 각각 85.6, 50.7, 51.6, 36.1, 13.9 particles/cm³로써 수농도의 대부분은 0.5 μm 이하의 미세입자 농도가 차지하며 0.65 μm 이상 입자 구간의 평균 수농도는 1 particles/cm³ 이하이고 6.5 μm 이상의 조대입자 구간 평균 수농도는 거의 0에 가까울 정도로 낮았다.

에어로졸의 전체 수농도 값은 측정 입경 범위에 따라 큰 차이를 보이는데, 일반적으로 도시지역에서 극미세입자(≤ 100 nm) 이하 범위까지 측정된 경우에는 수농도가 수 만 particles/cm³ 이상의 값을 나타내지만 본 연구의 측정 범위와 비슷한 범위에서는 대체로 1000 particles/cm³ 이하의 값을 보인다(Sharma 등, 2011; Longly 등, 2005; Minoura 와 Takekawa, 2005). Sharma 등(2003)은 인도 루키 지방의 에어로졸 수농도는 0.3 ~ 0.5 μm , 1.0 ~ 2.0 μm , 2.0 ~ 5.0 μm 입경 범위에서 각각 1.5×10^4 ~ 2×10^5 , 1.5×10^4 ~ 2×10^5 , 50 ~ 300 particles/ ℓ 라고 보고한 바 있으며, 전 등은 황사시 서울과 안면도에서 에어로졸 수농도를 측정된 결과 0.3 ~ 0.5 μm 구간의 에어로졸 평균 수

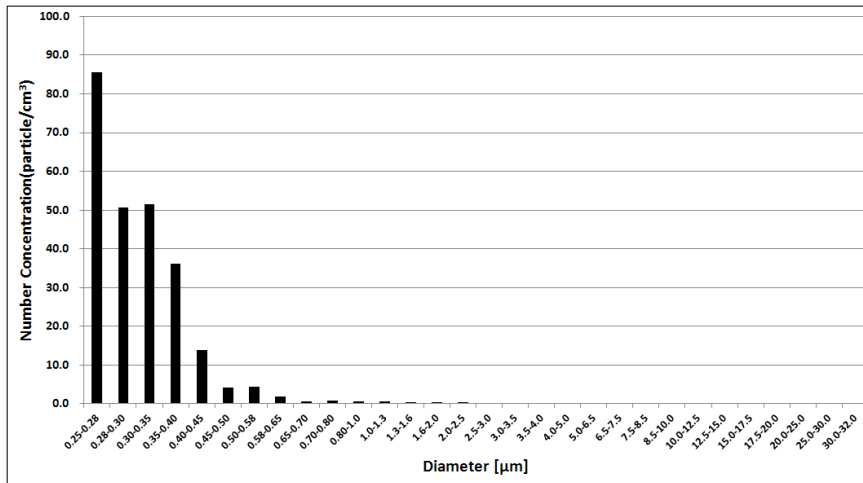


Fig. 2. Aerosol number concentration in the each size range.

농도는 서울이 $1.07 \times 10^8 \sim 1.3 \times 10^8$ particles/m³, 안면도가 $1.67 \times 10^8 \sim 1.81 \times 10^8$ particles/m³ 정도라고 보고한 바 있다(전 등, 1999; Sharma 등, 2003).

대기 중 부유분진의 오염정도와 관리의 척도로써 많은 국가에서 대기환경기준 설정 항목으로 지정하여 중점 관리하고 있는 PM10과 PM2.5에 대한 기준은 질량농도로 설정되어 있다. 그러나 대기 중 에어로졸이 인체의 건강에 미치는 영향은 질량농도 보다는 수농도가 훨씬 중요한 영향인자라고 알려져 있다. PM10과 PM2.5의 질량농도는 10 μm 또는 2.5 μm 이하의 모

든 에어로졸 전체에 대한 질량으로 측정하므로 측정 방법에 따른 차이가 크지 않은 반면 수농도는 측정 입경 범위(특히, 최저 측정 한계입경)에 따라 큰 차이를 보이므로 측정 결과에 대한 비교나 해석에서 이 점을 유의할 필요가 있다.

Fig. 3에는 본 연구의 측정 범위에서 PM10과 PM2.5 수농도에 대한 각 입경별 수농도의 상대적 기여율을 나타냈다. 그림에서 보는 바와 같이 본 연구의 측정 범위에서는 PM10과 PM2.5 수농도에 대한 각 입경별 수농도의 상대적 기여율은 큰 차이를 보이지

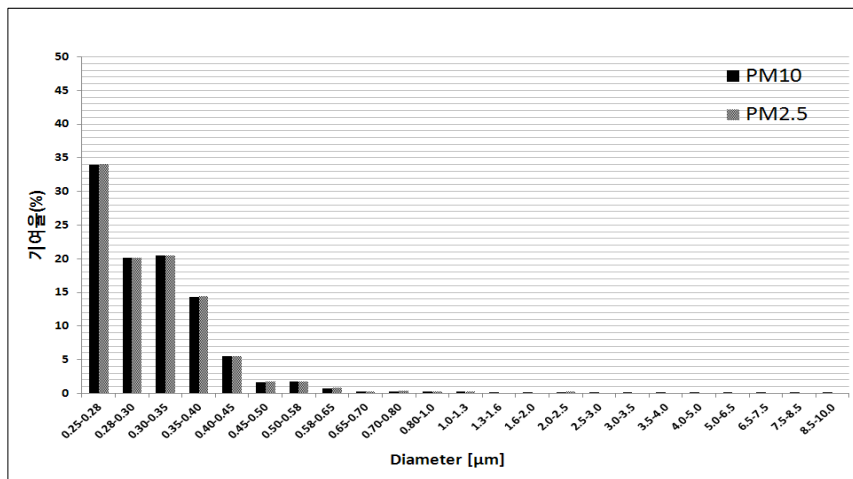


Fig. 3. Contribution percentage of the aerosol number concentration in each size range to PM10 and PM2.5.

않았다. 이는 조대입자($\geq 2.5 \mu\text{m}$) 구간의 수농도가 0.2 particles/cm³로 아주 낮기 때문이다. 입경 구간별 기여율을 보면 0.25 ~ 0.28 μm 입경 구간의 기여율이 약 34%를 차지하고 0.28 ~ 0.30 μm 구간과 0.30 ~ 0.35 μm 구간은 약 20%로 비슷한 값을 보이며, 0.35 ~ 0.40 μm , 0.40 ~ 0.45 μm 구간의 기여율은 각각 약 14%와 6%를 차지하는 반면 0.58 μm 이상의 입경 구간 기여율은 1%에도 미치지 못하는 결과를 보였다. 이 결과로 미루어 볼 때 0.5 μm 이하의 미세입자가 질량농도에 미치는 영향은 극히 미미하지만 수농도는 거의 대부분을 차지함을 알 수 있다.

3.2. 에어로졸 수농도의 경시변화 특성

에어로졸의 수농도는 발생원과 기상조건 등의 환경여건에 따라 아주 다른 장·단기적인 시간적 변화 특성을 보인다. 본 측정 기간 중 에어로졸 수농도의 월별 변동 특성을 보기 위해 Fig. 4에 0.25 ~ 5.0 μm 입경 범위에 대해 입경 구간별 월평균 수농도를 나타냈다. 여기서 5.0 μm 보다 큰 입경 구간의 월평균 수농도는 그 값이 유의한 비교가 불가능할 정도로 낮아서 따로 제시하지 않았다.

그림에서 보는 바와 같이 에어로졸 수농도의 월별 변동 경향이 1.0 μm 를 경계로 서로 다른 두가지로 대별되는 유사한 변화 양상을 보임을 알 수 있다. 1.0 μm

보다 작은 입경 구간에서는 2월이 가장 높고 점차 낮아져 7월에 가장 낮으며 그 이후에는 약간 상승하는 경향을 보인 반면 1.0 μm 보다 큰 입경 구간에서는 5월과 8월의 월평균 수농도가 다른 달에 비해 월등히 높은 특징적인 변화 양상을 보였다. 그러나 월별 수농도 값의 차이는 미세한 입경 구간일수록 훨씬 커서 0.45 μm 이하의 입경 구간에서는 수십 particles/cm³ 정도의 차이를 보인 반면 1.0 μm 보다 큰 입경 구간에서의 월평균 수농도 값 차이는 1 particles/cm³를 넘지 않았다. 본 연구는 현황 관측에 중점을 두고 수행됨에 따라 이와 같은 특징적인 월별 에어로졸 수농도 변동 특성에 대해 명확한 이유를 밝힐 수 없었으나 앞으로 장기적인 관측 자료를 지속적으로 확보하고 배경지역에서 에어로졸 수농도 변화에 영향을 미치는 인자에 대한 종합적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

Fig. 5는 배경지역 대기 중 에어로졸 수농도의 일중 변화 특성을 파악하기 위하여 전 측정 자료를 주간과 야간 시간대로 구분하여 평균 농도를 입경별로 계산하여 나타낸 것이다. 여기서 주·야간 시간대는 09시와 21시를 기준으로 구분하였다. 그림에서 알 수 있듯이 거의 모든 입경 구간에서 야간의 평균 수농도가 주간에 비해 다소 높게 나타났다. 이 결과는 본 연구가 해안 가까이 위치한 배경지역에서 이루어짐에 따라

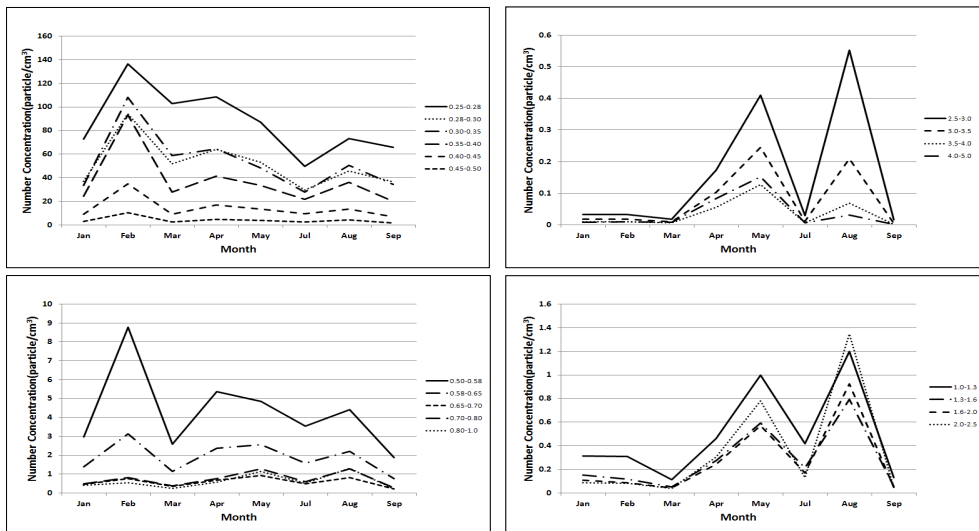


Fig. 4. Monthly variation of the aerosol number concentration during experimental period.

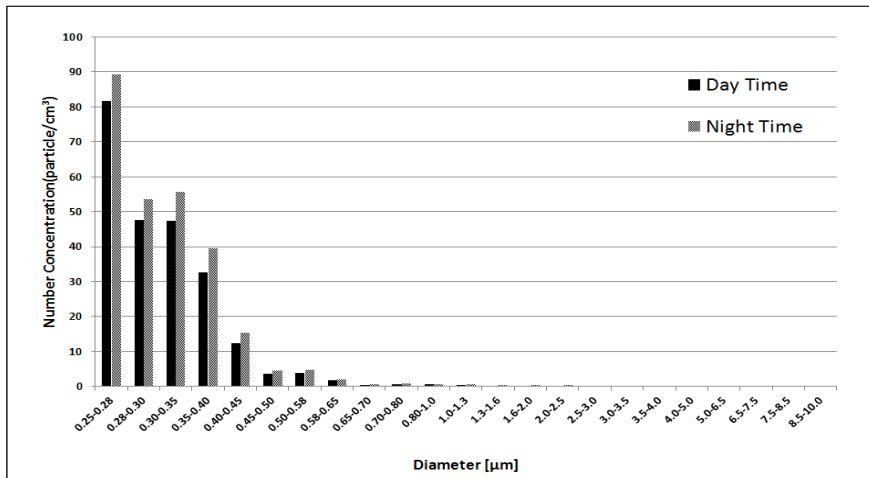


Fig. 5. Comparison of average aerosol number concentration during daytime and nighttime.

인위적 발생원의 직접적인 영향이 적고 야간의 기온이 주간 보다 낮아 응축에 의해 생성되는 자연 기원의 에어로졸에 기인한 것으로 추정된다. 일반적으로 도시지역에서의 일 중 에어로졸 수농도 변화는 인간의 활동이 왕성한 낮 시간대가 높다고 알려져 있는데 본 연구의 결과는 전형적인 배경지역의 특성을 지니고 있음을 시사하는 것으로 여겨진다(Sharma 등, 2003; Yan 등, 2004).

아울러 입경별 일 중 경시변화를 나타낸 Fig. 6에서

보면 거의 모든 입경 범위에서 한낮 시간대의 평균 농도가 다른 시간대의 평균 농도 보다 상대적으로 낮은 값을 한 밤 중의 농도가 높은 경향을 보였다. 시간별 농도의 절대적 차이는 1.0 μm 이하의 미세입자 구간에서 크게 나타나지만 이 구간에서 시간별 상대적 농도 차이가 두 배 이상 나타나는 경우는 없는 반면 1.0 μm 보다 큰 입자 구간에서는 전체적인 농도 자체가 낮아 절대적 차이는 크지 않지만 상대적 농도 차이는 수 배 이상 나타나는 특징을 관찰할 수 있었다. 대기 중 에어

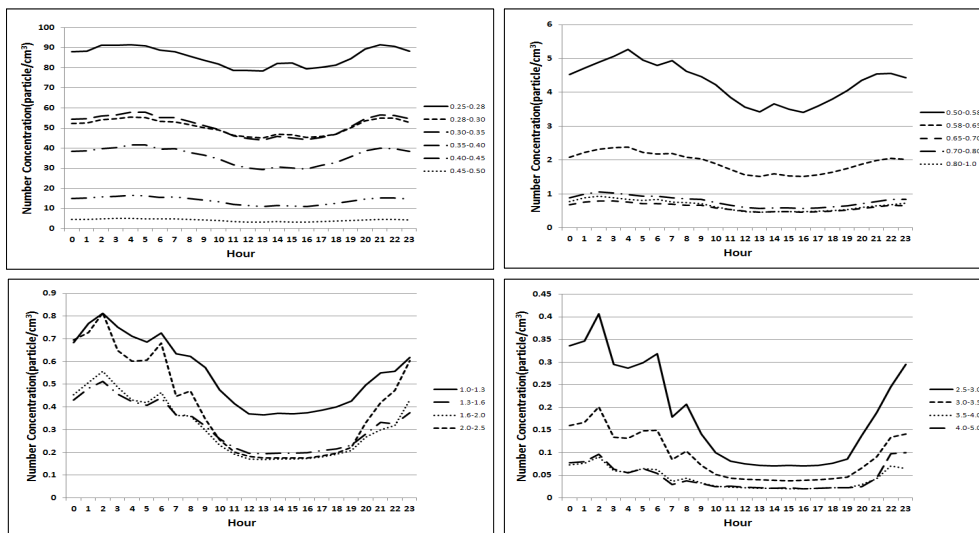


Fig. 6. Diurnal variation of the aerosol number concentration during experimental period.

로졸 수농도의 시간에 따른 일 중 변화는 그 지역의 발생기원의 특성이 직접적으로 반영되는 것으로 알려져 있다(Vyziene 와 Girgzdys, 2009; Bigi 와 Ghermandi, 2011). 이 결과로 볼 때 본 연구 대상지역의 에어로졸은 그 기원이 1.0 μm 를 경계로 서로 다른 기원에 기인한 것으로 추정된다.

3.3. 에어로졸 수농도의 입경분포 특성

대기 중 에어로졸의 수농도는 특정 입경 구간에 속하는 농도를 측정하게 됨에 따라 개별 입자 크기의 농도와 입자 크기별 분포특성을 파악하기 위하여 구간별 측정치를 이용하여 입경에 따른 입경분포($N(D)=dN/d\log(D)$)곡선을 만들어 이용하는 것이 일반적이다.

본 연구의 전 측정 자료를 대상으로 에어로졸 수농도 입경분포곡선을 Fig. 7에 나타냈다. 여기서 보면 1.0 μm 보다 작은 에어로졸의 수농도는 입경이 커짐에 따라 급격히 감소하다가 1.0 ~ 2.0 μm 구간에서는 완만한 감소를 보이며, 2.0 ~ 2.5 μm 구간에서 약간 증가하는 경향을 나타내고 2.5 μm 보다 큰 입자 구간에서는 미세입자와 유사한 감소 경향을 나타낸다. 이 결과를 입경 범위가 비슷한 다른 연구 결과와 비교해 보면 대체적인 경향은 유사하지만 2.5 μm 보다 큰 입자 구간에 대해서는 대상지역에 따라 서로 다른 양상을 보였다(전 등, 1999; Yan 등, 2004). 특히, 김과 최가 서울, 안면도, 제주 고산, 대관령에서 0.3 ~ 10 μm 입경구간의 에어로졸 수농도를 측정하여 이에 대한 입경분포특성을 비교한 연구 결과에서 보면 도시지역인

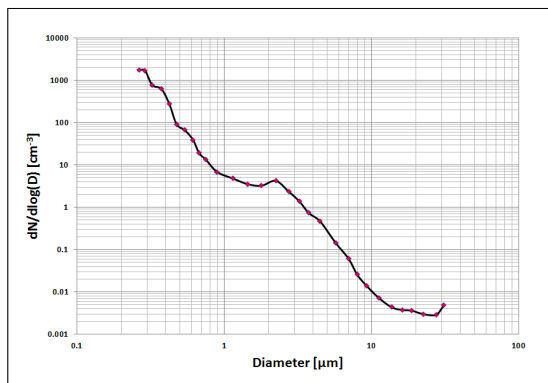


Fig. 7. Size distribution of the entire averaged aerosol number concentration during experimental period.

서울에서는 2.0 μm 부근의 상승은 작게 나타나고 6.0 μm 부근의 입경 구간에서 또 다른 변곡점이 관측되었으며, 해안과 섬, 산악에 위치한 전원지역인 나머지 지역의 결과는 2.0 μm 부근의 증가가 약간 큰 것 외에는 본 연구와 아주 유사한 입경분포특성을 보임을 알 수 있었다(김과 최, 2002).

한편 에어로졸 수농도의 입경분포 특성의 시간적 변화를 파악하기 위하여 월평균 농도로부터 얻은 입경분포곡선을 Fig. 8에 나타냈다. 여기서 보면 전체적인 경향은 모두 유사하나 입경 구간별로는 다소 다른 양상을 관찰할 수 있었다. 2월의 입경분포를 보면 0.7 μm 이하의 에어로졸 수농도는 다른 달에 비해 월등히 높으나 나머지 입경 구간에는 비슷한 수준을 보인 반면 4월과 5월은 0.7 μm 이상의 에어로졸 수농도가 다른 달에 비해 상대적으로 높은 특성을 보였다. 그리고 9월의 입경분포를 보면 6.0 μm 보다 작은 입자의 수농도는 다른 달에 비해 전반적으로 낮지만 유사한 변화 경향을 나타내지만 이 보다 큰 입자의 입경분포는 다른 달과 달리 입경이 커짐에 따라 오히려 증가하는 특이한 양상을 보였다. 에어로졸 입경분포의 이러한 월별 변화 특성은 에어로졸의 발생기원이 월별로 차이가 있어 나타난 결과로 보이며 명확한 해석을 위해서는 장기적인 측정 자료의 확보가 필요한 것으로 사료된다.

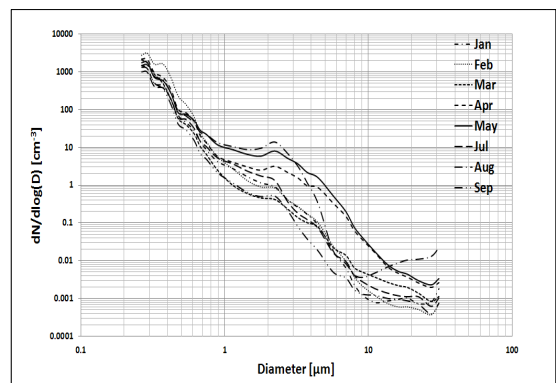


Fig. 8. Size distribution of the monthly averaged aerosol number concentration during experimental period.

4. 결론

인위적인 발생원의 직접적인 영향을 배제할 수 있

는 배경지역에서의 에어로졸 수농도 현황을 파악하고 변화추이를 알아보기 위하여 배경지역으로 알려져 있는 제주도 고산관측소에서 2011년 1월부터 9월까지 에어로졸 수농도를 연속측정한 결과로부터 다음과 같은 결론을 얻었다.

본 연구 기간 동안 측정된 0.25 ~ 32 μm 크기 범위의 에어로졸 수농도 전체평균은 252.36 particles/cm³이며 수농도의 대부분은 0.5 μm 이하의 미세입자 농도가 차지하고 6.5 μm 이상의 조대입자 구간 평균 수농도는 거의 0에 가까울 정도로 낮았다. PM10과 PM2.5 수농도에 대한 각 입경별 수농도의 상대적 기여율은 큰 차이를 보이지 않았으며, 0.58 μm 이상의 입경 구간 기여율은 1%에도 미치지 못하였다.

에어로졸 수농도의 월별 변동 경향은 1.0 μm 를 경계로 이 보다 작은 입경 구간에서는 2월이 가장 높고 점차 낮아져 7월에 가장 낮으며 그 이후에는 약간 상승하는 경향을 보인 반면 1.0 μm 보다 큰 입경 구간에서는 5월과 8월의 월평균 수농도가 다른 달에 비해 월등히 높은 특징적인 변화 양상을 보였다. 또한 한낮 시간대의 농도가 야간 보다 낮은 일 중 경시변화를 보이는데, 1.0 μm 보다 큰 입자 구간에서 상대적 농도 차이가 더욱 크게 나타났다.

1.0 μm 보다 작은 에어로졸의 수농도는 입경이 커짐에 따라 급격히 감소하다가 1.0 ~ 2.0 μm 구간에서는 완만한 감소를 보이며, 2.0 ~ 2.5 μm 구간에서 약간 증가하는 경향을 나타내고 2.5 μm 보다 큰 입자 구간에서는 미세입자와 유사한 입경분포를 나타내며 월별로 다소 다른 입경분포특성을 보였다.

대기배경지역 대기 중 에어로졸 수농도 특성을 명확히 규명하기 위해서는 앞으로 장기적인 관측 자료를 지속적으로 확보하고 수농도 변화에 영향을 미치는 인자에 대한 종합적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

감사의 글

이 연구는 기상청 기후변화감시예측 및 국가정책 지원강화사업(과제번호 : RACS 2011-1015)의 연구비를 지원받아 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 김지영, 최병철, 2002, 한반도에서 측정된 에어러솔의 크기 분포와 지역별 특성, 한국기상학회지, 38(2), 95-104.
- 박경운, 이호근, 서명석, 장광미, 강창희, 허철구, 김영준, 1994, 제주도 고산 측정소에서의 대기오염 배경농도 측정 및 분석, 한국대기보전학회지, 10(4), 252-259.
- 전영신, 김지영, 최재천, 신도식, 1999, 황사시 서울과 안면도의 대기 중 에어로졸 수농도 특성, 한국대기환경학회지, 15(5), 575-586.
- 최병철, Iwasaka, Y., 임재철, 정상부, 김윤석, Dmitri, T., Nagatani, T., Yamada, M., 김상백, 홍기만, 이영곤, 유희정, 2005, 광학입자계수기를 이용한 안면도 연직 에어러솔 수농도 크기 분포 특성, 한국기상학회 대기지, 15(3), 149-153.
- Bigi, A., B., Ghermandi, G., 2011, Particle Number Size Distribution and Weight Concentration of Background Urban Aerosol in a Po Valley Site, Water Air Soil Pollut, 220, 265-278.
- Buzorius, G., Hämeri, K., Pekkanen, J., Kulmala, M., 1999, Spatial variation of aerosol number concentration in helsinki city, Atmospheric Environment, 33, 553-565.
- Longley, I. D., Inglis, D. W. F., Gallagher, M. W., Williams, P. I., Allan, J. D., Coe, H., 2005, Using NO_x and CO monitoring data to indicate fine aerosol number concentrations and emission factors in three UK conurbations, Atmospheric Environment, 39, 5157-5169.
- Minoura, H., Takekawa, H., 2005, Observation of number concentrations of atmospheric aerosols and analysis of nanoparticle behavior at an urban background area in japan, Atmospheric Environment, 39, 5806-5816.
- Renjian, Z., Zhiwei, H., Zhenxing, S., Junji, C., 2008, Continuous Measurement of Number Concentrations and Elemental composition of aerosol Particles for a Dust Storm Event in Beijing, Advances in Atmospheric Sciences, 25(1), 89-95.
- Sharma, D. K., Rai, J., Israil, M., Singh, P., 2003, Summer variations of the atmospheric aerosol number concentration over roorkee, india, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 65, 1007-1019.

- Sharma, N. L., Sharma, J. C., Singh, M., Sharma, P., Chand, K., Negi, A. K., Sharma, M., Thakur, H. K., 2011, Atmospheric ultrafine aerosol number concentration and its correlation with vehicular flow at two sites in the western Himalayan region: Kullu-Manali, India, *J. Earth Syst. Sci.*, 130(2), 281-290.
- Stanier, C. O., Khlystov, A. Y., Pandis, S. N., 2004, Ambient aerosol size distributions and number concentrations measured during the pittsburgh air quality study (PAQS), *Atmospheric Environment*, 38, 3275-3284.
- Vyziene, R., Girgždys, A., 2009, Investigation of aerosol number concentration in jonava town, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 17(1), 51-59.
- Watanabe, K., Suzuki, I., Dokiya, Y., 2005, Aerosol number concentrations during kosa events on suburban hills in Japan, *Water, Air, and Soil Pollution*, 5, 195-206.
- Yan, F., Hu, H., Yu, T., 2004, Analysis of particulate mass concentration, aerosol number concentration and visibility in beijing, China *Particuology*, 2(1), 25-30.