부산시 하계시정에 미치는 입자상물질의 특성 및 이온성분에 관한 연구

곽 진 · 조정구 · 김도훈 · 송복주 · 박순우 · 신판세

대 기 보 전 과

부산광역시 보건환경연구원보 제 8 집, Page(166~188), 1998.
Rep. Pusan Inst. Health & Environ. Vol.8, Page(166~188), 1998.

부산시 하계시정에 미치는 입자상물질의 특성 및 이온성분에 관한 연구

대 기 보 전 과

곽 진 · 조정구 · 김도훈 · 송복주 · 박순우 · 신판세

A Study on Ion Component and Characteristics of Particulate Matters have an Effect on Visibility in Summer in Pusan

Air Preservation Division

J. Kwak, J. K. Cho, D. H. Kim, B. J. Song, S. W. Park, P. S. Shin

Abstract

In order to the investigate the cause of poor visibility in summer in Pusan, the Andersen Sampler and $PM_{2.5}$ and PM_{10} filter pack is used to collect and evaluate aerosols.

This study was carried out to monitor the visibility using Forward Scattering Meter and to find out the characteristics and the cause of good visibility case and poor visibility case by measuring and analyzing variety of parameters, such as particles size distributions, chemical composition, air pollution, and meteorological condition In Pusan. In the poor visibility period, the aerosol mass concentration of part of fine particle higher more than be compared to the good visibility period.

According to the analysis of intensive sampling, NO_3^-, Cl^-, NH_4^+, K^+ ions conce ntration increased together with the mass concentration around 1μm approximately during the case of low visibility. NH_4NO_3, NH_4Cl were thought to be the major components of fine particles.

Key words : Poor visibility, Fine particle, Particle size distribution.

Ⅰ. 서 론

대도시 지역에서는 에너지 소비의 지속적인 증가와 산업시설의 집중화, 교통량 가중 등의 대기오염의 심화현상으로 체감 대기오염 지표가 되는 시정감소 현상이 일어나고 있다. 서서히 감지하게 되는 건강상의 문제 등과는 달리 눈에 띄게 나빠지고 있는 시정감소현상은 일상생활에서 쉽게 감지될 수 있는 형태의 오염지수라고 볼 수 있다.

시정감소현상에서 미세입자(0.1~2.5μm)들이 빛의 산란에 가장 큰 역할을 하고, 시정감소를 일으키는 미세입자상 물질은 대기중에 배출된 오염물질등의 물리, 화학적 반응에 의해 생성, 성장하게 되는데 이때 미세입자 생성과 성장은 상대습도에 의해 주로 지배를 받는 것으로 밝혀져 있다. 그리고 이들 2차 에어로졸의 입경분포(particle size distribution), 화학물질 구성성분, 수분함량 등의 상호작용에 의해 시정장애 현상이 발생하는 것으로 알려져 있다.

따라서, 이러한 시정장애의 주요원인 물질과 발생 메카니즘에 대한 파악을 위하여

시정이 양호할 때와 악화되었을 때를 구분하여 입자의 크기별 분포특성과 화학성분을 분석을 통한 시정감소원인 물질의 파악 및 상호관련성을 밝히고 시정감소 현상에 대한 원인규명 및 방지대책 마련을 위하 기초자료를 마련코자 한다.

II. 조사내용 및 방법

1. 조사기간

1998년 7월 ~ 1998년 9월

2. 조사지점

조사지점은 Fig. 1과 같이 부산광역시 수영구 광안동 소재 보건환경연구원 옥상으로 지면에서 약 10m 정도의 높이에 위치하고 전방 150m 앞에는 하루 약 55,000여대의 차량이 통행하고 있는 수영로가 있는 지역으로 용도지역은 주거지역으로 되어 있다.

현재는 지하철 공사가 진행중에 있으며 인위적인 주 배출원은 차량 및 난방연료 사용에 기인하며 지리적으로는 남동쪽에 광안리 해수욕장이 있고, 서쪽에는 금련산(415m)이 자리잡고 있는 곳으로 해풍과 육풍의 기류이동이 활발한 곳이다.

3. 조사범위 및 방법

기상청의 목측자료 분석결과 부산지역에서 가장 악화된 시정값을 보인 계절은 여름이며 보다 정밀한 원인규명을 위하여 1998년 여름동안 시정이 가장 악화되었던 날과 양호했던 날에 시료를 채취하여 분석을 행하였다. 시료채취기간은 평균시정이 3.7km를 보인 8월 20일부터 22일 동안과 평균시정이 14.7km를 보인 8월 24일부터 26일까지이다.

Fig. 1. Sampling site.

본 연구에서 입자상물질의 산란거리와 시정거리를 측정하기 위해 사용한 측정기기는 Belfort사에서 개발된 Foward Scattering Meter(Model 6230 Visiblity Sensor)를 이용하였다. 이 기기의 시정측정원리를 살펴보면, 투광부로 부터의 크세논 후레쉬 램프에서 pulsed beam light를 측정 대상 공간 속으로 투사하고 입자가 45도 각도에서 바라보는 수광부로 빛을 산란시킨다. 산란 매개체에서 산란된 빛 중에서 전방으로 산란된 빛을 수광부에서 검출하게 되며, 이 빛의 양은 scattering meter의 종류에 관계없이 산란계수에 비례한다. MOR(기상광학거리)는 계속적인 갱신을 위해서 1초에 2번 관측하고, 10분 단위로 출력을 하며, 출력자료로는 광학계수와 시정거리 등이다.

입자상물질의 입경분포를 알기 위해 8단으로 구성된 Andersen air sampler(Kanomax Model 3351)를 사용하여 시료를 채취하였으며, $PM_{2.5}$와 PM_{10} 채취는 filter pack을 사용하였고, 입자상물질의 화학적 구성성분을 분석하였다. 입자상물질의 측정분석 항목은 입자상물질의 중량농도와 수용성 성분(SO_4^{2-}, NO_3^-, Cl^-, Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, NH_4^+) 그리고 시정 및 입자산란계수 기상변수(습도 등)를 조사하였다.

4. 분석방법

대기중에 부유하는 2.5μm 이하의 먼지와 10μm이하의 먼지를 테프론필터에 포집하였고 또 입경별 이온성분농도를 알기 위하여 Andersen air sampler에 석영필터를 사용하여 시료를 채취하여 3개의 음이온(SO_4^{2-}, NO_3^-, Cl^-)과 5개의 양이온(Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, NH_4^+)을 분석하였다.

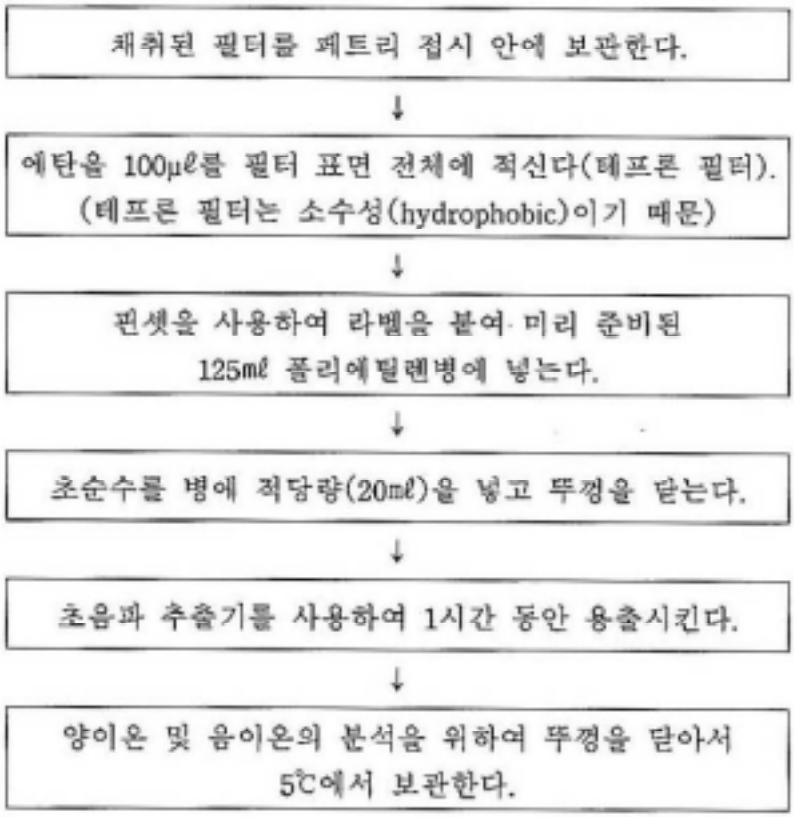

Fig. 2. Analysis process of filter

채취된 시료는 Fig. 2와 같이 전처리과정을 거쳐 음이온성분의 분석은 Ion Chromatography(Waters ILC-1)를 사용하여 분석하였으며, NH_4^+를 제외한 양이온들은 유도결합플라즈마발광광도계(Plasma ARL Model 3500)에 의해 분석하였으며, NH_4^+는 흡광광도계(Varian Cary 3E)를 사용하여 대기오염공정시험법상의 Indophenol 법에 의한 비색분석을 실시하였다.

III. 이론적 배경

1. 시정이론

광원으로부터 광도 $I_{(0)}$로 나온 광선은 대기 중을 통과하는 동안에 기체와 입자에 의하여 흡수 또는 산란되어 그 세기가 약해진다. Beer-Lambert 법칙에 의하면, 거리 R를 통과한 후의 광도 $I^{(R)}$은 다음과 같이 계산된다.

$$I_{(R)} = I_{(0)} \exp(-b_{ext} \cdot R) \qquad (1)$$

여기서, b_{ext} (m^{-1})는 광소산계수(extinction coefficient)로서, 기체와 입자에 의한 흡수계수와 산란계수의 합을 나타낸다.

한편 인간이 물체를 식별할 수 있는 것은 주위 대기 공간과의 대조(contrast) 차이에 의한 것이다. 광도가 I_0인 물체(object)로부터 거리 R인 곳에서의 광도를 I_1 대기 공간의 I_2이라 하면, 거리 R에서의 대조 C는 다음과 같다.

$$C_{(R)} = \frac{I_{1(R)} - I_{2(R)}}{I_{2(R)}} \qquad (2)$$

이 식을 다시 쓰면,

$$C_{(R)} = \frac{I_{2(0)}}{I_{2(R)}} \left[\frac{I_{1(R)} - I_{2(R)}}{I_{2(0)}} \right] \qquad (3)$$

처음 식을 물체와 대기 공간에 대해 각각 나타내면 다음과 같다.

$$I_{1(R)}=I_{1(0)}\exp(-b_{ext}\cdot R) \tag{4}$$

$$I_{2(R)}=I_{1(0)}\exp(-b_{ext}\cdot R) \tag{5}$$

이들 관계식을 앞의 식에 대입하면 다음 식이 된다.

$$C_{(R)}=\frac{I_{2(0)}}{I_{2(R)}}\left[\frac{I_{1(R)}-I_{2(R)}}{I_{2(0)}}\right]\exp(-b_{ext}\cdot R) \tag{6}$$

여기서, 관측자 위치에서와 물체 위치에서의 주위 밝기가 같다고 가정할 수 있으면, 대기 공간에 관한 $I_{2(0)}$와 $I_{2(R)}$는 실제적으로 같은 값이다. 또 괄호 안의 항은 거리 0에서의 대조 $C_{(0)}$이므로 다음 식과 같이 쓸 수 있다.

$$C_{(R)}=C_{(0)}\exp(-b_{ext}\cdot R) \tag{7}$$

한편 흑체의 경우 $C_{(0)}=-1$이고, 거리 R^*에서의 한계시정일 경우 $C_{(R^*)}=-0.02$이다. 이 관계를 위 식에 대입하면 다음과 같다.

$$-0.02=-1\cdot\exp(-b_{ext}\cdot R^*) \tag{8}$$

따라서 한계시정거리 R^*은 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$R^*=3.912/b_{ext} \tag{9}$$

지금, 관측자로부터 물체까지의 영역 내에서는 오염물질의 분포나 공기밀도가 일정하고, 물체는 흑체이며, 한계대조는 0.02이라고 가정하면, 시정거리 VR은 R^*와 같아진다. 즉,

$$VR = 3.912/b_{ext} \quad (10)$$

따라서, 광소산계수 b_{ext}를 구할 수 있으면 시정거리 VR이 계산된다.
한편, 대기중의 기체분자나 부유입자상물질에 의한 빛의 산란과 흡수는 기체에 의한 산란계수(b_{sg}), 기체에 의한 흡수계수(b_{ag}), 입자에 의한 흡수계수(b_{ap}), 입자에 의한 산란계수(b_{sp})로 구성되며 다음식으로 표현된다.

$$b_{ext} = b_{sg} + b_{ag} + b_{ap} + b_{sp} \quad (11)$$

2. 시정의 관측법

시정이란 주간에 정상적인 시력을 갖고 있는 사람이 육안으로 하늘을 배경으로 검정색의 경계를 식별할 수 있는 최대거리를 의미한다. 지금까지 활용되고 있는 시정측정방법은 원리상 두가지로 나눌 수 있다.

하나는 빛의 광도를 측정하고 이를 시정으로 환산하는 방법이고, 다른 하나는 물체와 그 주변과의 빛의 대조를 측정하는 방법이다. 전자가 현장에 적용하기 쉽고 자료처리가 편리하며, 모두 550nm의 파장으로 고정되어 있는데, 이는 가시광선 스펙트럼(380~780nm) 중에서 사람의 눈이 가장 민감하게 반응하는 부분이기 때문이다. Table 1은 시정을 측정하는 기기들의 장·단점들을 정리한 것이다.

측정방법 중 목측법은 현재 기상청에서 사용하는 방식으로, 검은 물체를 목표물로 택하여 하늘을 배경으로 했을 때 관측자가 자신의 시각적 요소에 의지하여 그 목표물을 배경과 뚜렷하게 확인할 수 있는지 여부로서 측정하는 방식이다.

Table 1. Instruments for visual range measurement.

Item / Instrument		측정 방법	단 점	장 점
목측법		숙련된 관측자 관측	목표물의 특성 및 활용도와 관측자의 숙련도에 따라 유용성의 제한	쉽고 간편
Transmisometer		강도 변화 측정	기기 주위의 배경, 온도영향	정거리, 장기간 사용, 야간측정 가능
Integrating nephelometer		b_{sp}측정	입자에 의한 빛의 산란만 고려	정확한 보정
photometer		사진기로 측정인간의 시정과 비슷	자료의 불확실성, 장거리 사용과 보정 힘듬	인간의 시정과 비슷, 사용하기 쉽고, 간편
Tele-photo-meter	구형	Contrast difference	설치 힘듬, 태양복사, 목표물 형태, 대조에 영향	인간의 시정과 비슷
	신형	Radiance difference	고가	구형 단점 개선
Teleradiometer		contrast의 차이 측정 $V=-3.912\times r/\{\ln(C_r/C_0)\}$ 에 대입 시정 환산	설치 힘듬, 태양복사, 목표물형태, 대조에 영향	가장 정확한 결과 측정 가능

Ⅳ. 결과 및 고찰

1. 시정과 기상인자간의 상관관계

시정악화를 야기시키는 영향인자들은 크게 상대습도 등과 같은 기상인자와 대기중의 오염물질로 대별되며 이들 인자들은 독립적으로 또는 상호관련성을 가지고 시정에 악영향을 미치게 된다. 일반적으로 상대습도가 증가함에 따라 시정에 미치는 영향은 대기중에서의 미세입자의 생성속도가 빨라지고 입자의 흡습성에 의해서

입자의 크기가 증가됨으로서 시정장애현상을 가속화 시키는 역할을 한다.

Fig. 3는 시정거리와 대기오염자동측정장비에서 측정된 상대습도와 PM_{10}농도와의 관계를 나타내었다. 시정이 3.3km과 4.1km로서 악시정을 보인 8월 20일과 21일은 PM_{10}의 농도가 116.4μg/㎥와 86.7μg/㎥로서 상당히 높은 값을 나타내었고, 상대습도는 74.6%와 79.2%로 높았다. 이로 보아 대기오염물질의 농도가 높은 상대습도는 시정을 악화시키는 인자로 추정할 수가 있었다.

또 시정이 14.7km와 14.6km로 측정기간중에 호시정을 보인 8월 24일과 25일은 PM_{10}의 농도가 28.4μg/㎥와 24.6μg/㎥로서 상당히 낮은 값을 나타내었고, 상대습도는 72.76%와 67.9%를 나타내었다.

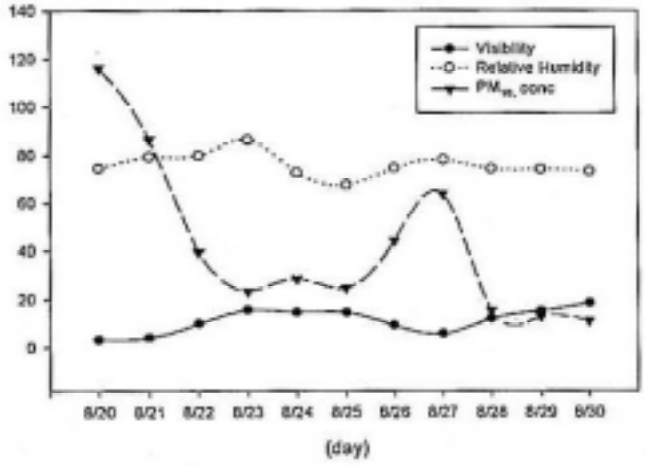

Fig. 3. Compare of visibility and relative humidity and PM_{10} concentration.

2. 입자상물질의 입경분포

본 조사에서는 1998년 8월 21일부터 8월 31일까지의 시료채취기간 중에 시정이 양호한 날과 악화된 날을 기준으로 Andersen air sampler를 사용하여 입자상물질의 입경분포를 조사하였다.

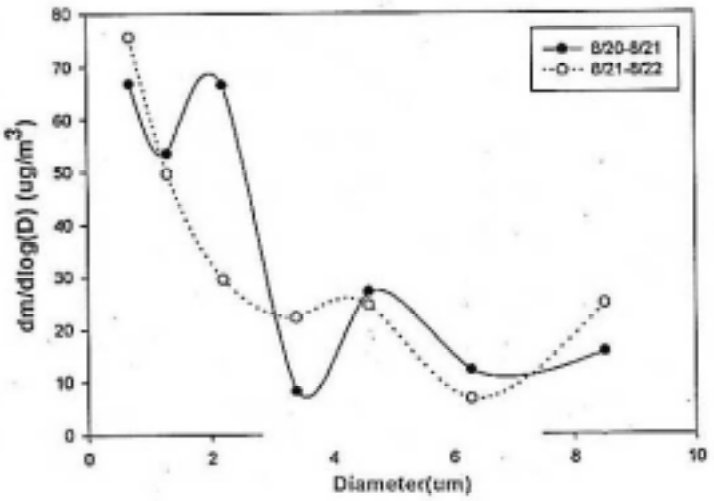

Fig. 4. Particle size distribution of poor visibility(8/20－8/22)

입자상물질의 포집은 1일(09 : 00～08 : 50)단위로 이루어졌다. 평균시정이 각각 3.3km와 4.1km로 관측일 중에서 시정이 가장 악화된 날(8/20～8/22)의 결과는 Fig. 4와 같다.

이 그림에서 보는 바와 같이 악시정인 경우 0.7～2.1μm 입경의 미세입자 영역이 조대입자 영역에 비해 높은 질량농도 분포를 나타내었다. 주로 2μm 이하의 미세입자는 자동차나 연료의 연소과정에서 대기중에 배출된 먼지와 가스물질의 산화과정에서 생성되었다고 사료된다.

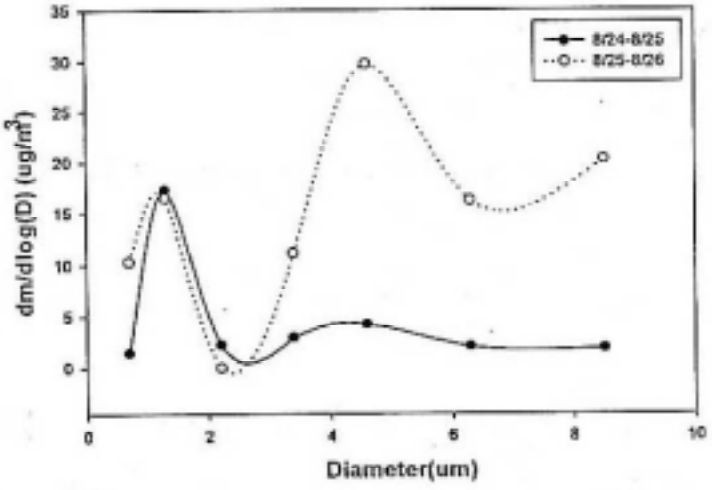

Fig. 5. Particle size distribution of good visibility(8/24－8/26)

Fig. 5는 평균시정이 14.7km와 14.6km로 측정기간 중 가장 양호한 기간(8.24~8.25) 경우를 나타내었다. 8월 24일의 경우는 입경이 약 1.3μm 부근에서 다소 높게 나타나는 경향이 있으나 Fig. 2에 비해 농도면에서 상당히 감소한 것으로 나타났다. 또 8월 25일의 경우에는 입경이 1μm부근과 4μm부근에서 봉우리를 형성하는 전형적인 이산형 분포를 나타내었다.

3. 입자상물질의 이온성분농도

미세입자상물질의 이온 농도는 Table 2에 나타내었고, 각 이온별 존재비는 Fig. 6과 같다. Fig. 6에서 보면 호시정의 경우 NO_3^-이온이 41%를 차지하여 가장 높았고, 그 다음으로 SO_4^{2-}이온이 34%를 차지하였고 Cl^- 이온이 25%를 차지하였다. 하지만 호시정의 경우에는 SO_4^{2-}이온이 47%로 가장 높은 비율을 차지하였고 다음이 NO_3^-이온(27~31%), Cl^- 이온(22~26%)로 나타났다. 악시정의 경우 NO_3^-이온농도가 가장 높게 나타난 것은 자동차에서 배출된 NO_x성분의 영향으로 사료된다.

미세입자상물질의 양이온농도중 존재비를 살펴보면 악시정의 기간 동안에 NH_4^+ 이온이 63~67%를, 그 다음으로 Na^+ 이온(17~18%)이고, Ca^{2+} 이온(8~10%), K^+ 이온(7~10%)순으로 나타났다. 한편 호시정의 경우에는 NH_4^+ 이온이 51~54%로 전체에서 차지하는 비율이 악시정의 경우보다 다소 줄어 들었다.

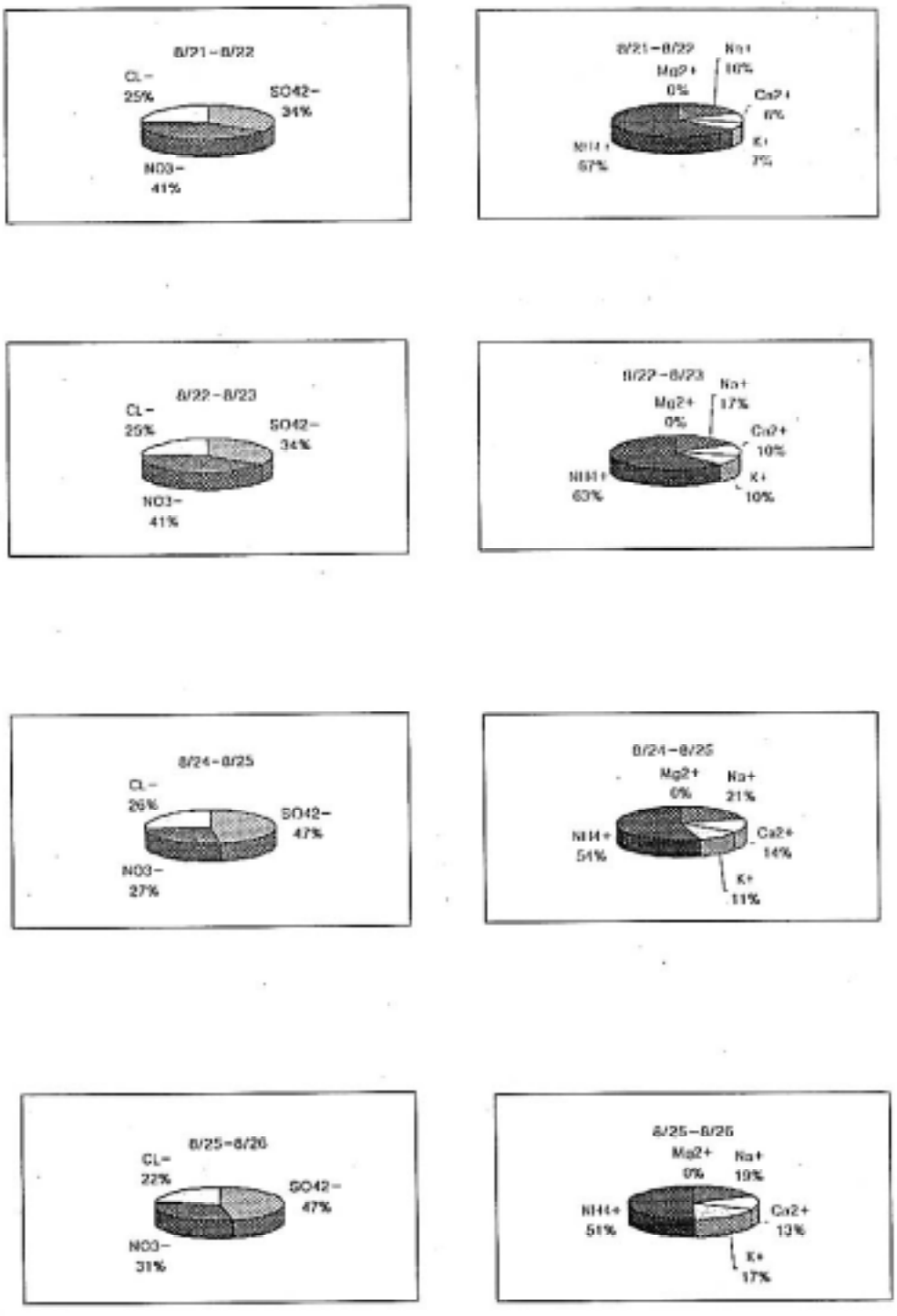

Fig. 6. The ratio of ion components of $PM_{2.5}$

Table 2. Summary of concentration of ion components in $PM_{2.5}$ (Unit : μg/㎥)

측정항목 / 채취기간	SO_4^{2-}	NO_3^-	Cl^-	Mg^{2+}	Na^+	Ca^{2+}	K^+	NH_4^+
8/20－8/21	11.24	13.60	8.21	0.04	2.45	1.12	0.92	8.76
8/21－8/22	10.15	12.30	7.30	0.04	2.28	1.32	1.24	7.89
8/24－8/25	7.54	4.10	2.46	0.03	1.81	1.20	0.94	4.78
8/25－8/26	7.90	3.80	3.80	0.03	1.70	1.23	1.60	4.61

Na^+ 이온(9～21%)의 경우 다소 차지하는 비중이 증가하였으며, Ca^{2+} 이온(13～14%), K^+ 이온(11～17%)순으로 나타났다.

따라서 NH_4^+ 이온이 시정에 미치는 영향이 큰 것을 알 수 있는데, 이 이온은 유기물질의 분해와 비료 등과 같은 농업 활동이나 가축의 분뇨 등에서 주로 배출되며, 최근 연구에 의하면 비농업지역의 경우에는 인구밀도나 교통량 등과 밀접한 관련이 있다고 밝혀진 바가 있다. 전체 이온의 구성성분비를 보면 악시정 기간 중에는 NO_3^- 이온(30%)>SO_4^{2-} 이온(24%)>NH_4^+ 이온(19%)>Cl^- 이온(18%)>Na^+ 이온(5%)>Ca^{2+} 이온(2%)>K^+ 이온(2%) 순으로 나타났다. 호시정을 보인 기간 중에는 SO_4^{2-} 이온(29%)>NO_3^- 이온(20%)>NH_4^+ 이온(18%)>Cl^-이온(15%)>Na^+ 이온(7%)>K^+ 이온(6%)>Ca^{2+} 이온(5%) 순으로 나타났다.

4. 입경별 이온성분농도의 분포 특성

Andersen air sampler에 의해 악시정을 나타낸 날과 호시정을 보인 날 측정된 입경별 입자상 물질들의 이온성분을 분석하였으며 분석된 각 이온의 농도별 입경분포를 Fig. 7～14에 나타내었다.

먼저 음이온성분의 입경분포를 살펴보면 Fig. 7에서 보는 바와 같이 SO_4^{2-} 이온이 악시정의 기간중에는 조대입자 영역인 4.6μm 부근에서 큰 봉우리를 형성하였고, 호시정의 기간에는 2.1μm와 6.3μm 부근에서 봉우리를 형성하는 이산형 분포를 나타내는 것으로 보아 미세영역의 SO_4^{2-} 이온은 인위적 오염물질의 직접적인 원인으로 사료되며 조대영역의 SO_4^{2-} 이온은 미세영역의 SO_4^{2-} 이온이, 응축 결합되어 조대입자로 성장한 것으로 추정된다.

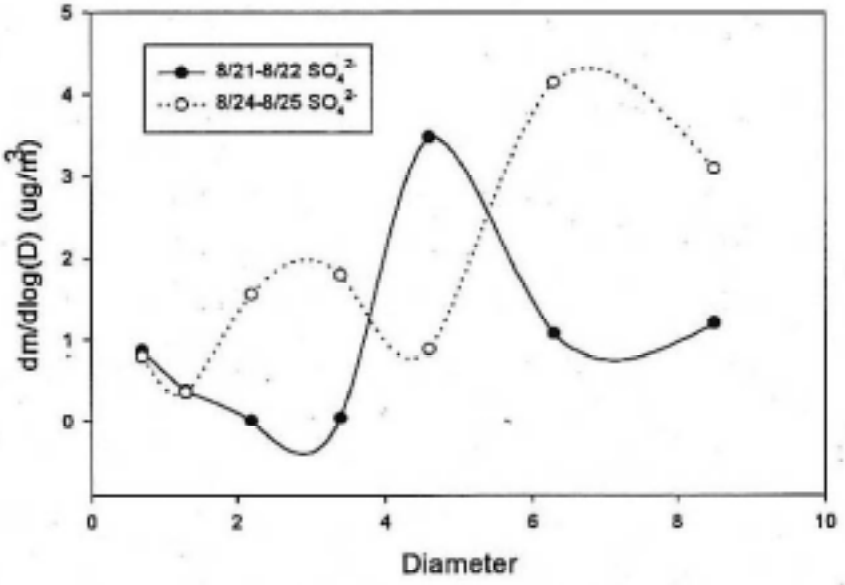

Fig. 7. Particle size distribution of SO_4^{2-}

Fig. 8에 나타난 NO_3^- 이온의 입경분포를 보면 악시정일때 미세입자 영역인 1.3μm 부근에서 큰 봉우리를 형성하는 것으로 보아 인위적인 오염원에 의한 영향으로 생각된다. 한편 호시정의 경우에는 미세입자 영역인 1.3μm 이하의 영역에서 조금 높게 나타났으나, 다른 구간에서는 낮은 농도 값을 보였다.

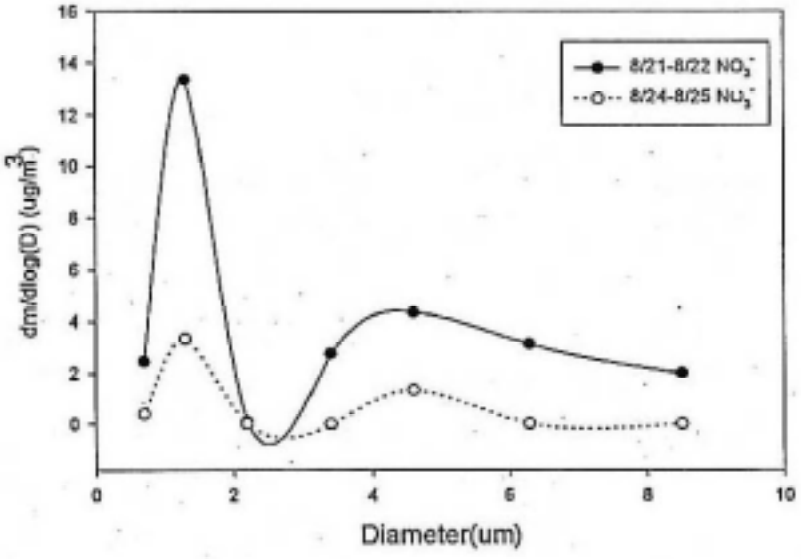

Fig. 8. Particle size distribution of NO_3^-

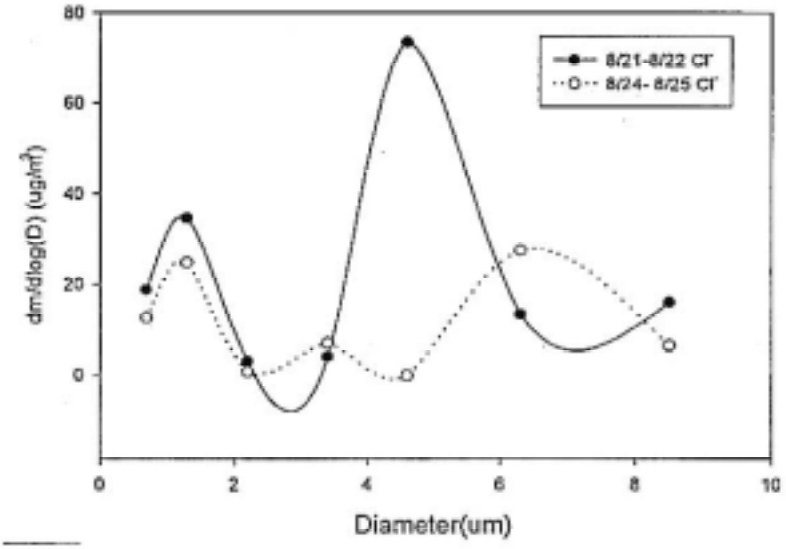

Fig. 9. Particle size distribution of Cl^-

Fig. 9에 나타난 악시정을 나타낸 날의 Cl^- 이온의 입경분포를 보면 미세입자영역인 1.3μm 부근과 조대입자 영역인 4.6μm부근에서 봉우리를 형성하는 이산형분포를 나타내었고, 호시정의 경우에는 미세입자인 1.3μm 부근과 조대입자인 6.3μm 부근에서 봉우리를 형성하였다.

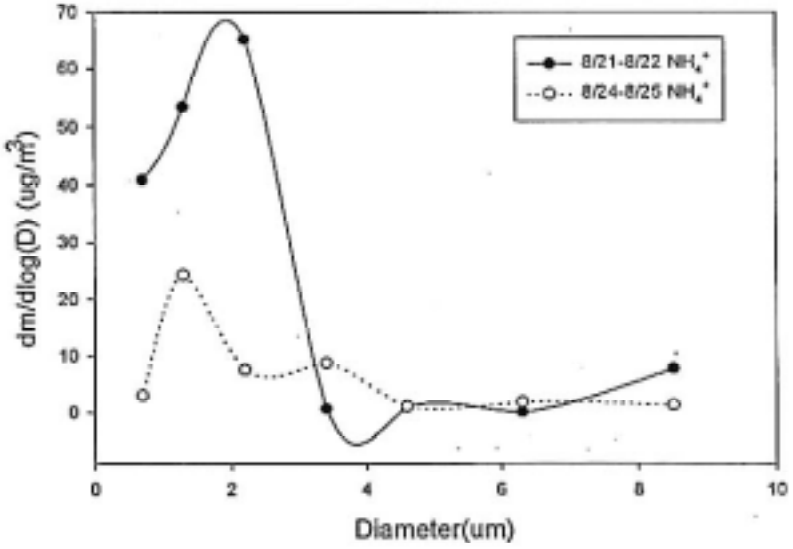

Fig. 10. Particle size distribution of NH_4^+

악시정과 호시정시 조대입자 영역의 차이는 상대습도와 기온의 차이에 의한 것이며 즉, 악시정시는 상대습도의 영향에 의해 Cl^- 이온이 수분을 함유한 상태로 존재하다가 호시정 조건으로 변화되면서 기온의 상승으로 조대입자로의 전환에 의한 것으로 추정된다.

한편, 양이온 성분들의 입경분포 특성을 살펴보면 Fig. 10에 나타난 NH_4^+ 이온의 경우 악시점의 기간 중에는 미세입자인 2.1μm 이하의 영역에서 큰 분포를 나타내었고, 호시정 기준중에도 미세입자 영역인 1.3μm 부근에서 봉우리를 형성하는 분포를 나타냈다. NH_4^+ 이온이 미세입자 영역에서 NO_3^-, Cl^- 농도가 높은 것으로 보아 이 영역에서는 NH_4NO_3, NH_4Cl 입자가 주요구성성분으로 추정된다. 호시정일 때는 악시정에 비해 훨씬 낮은 NH_4^+ 이온이 존재하는 것은 NH_4^+ 이온이 $(NH_4)_2SO_4$의 형태로 존재하다 상대습도와 기온의 영향에 의해 휘발된 것으로 사료된다.

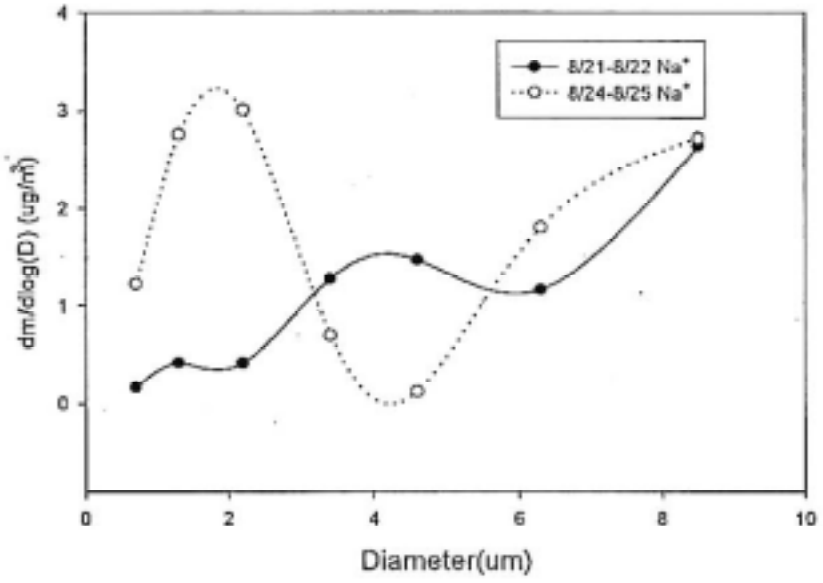

Fig. 11. Particle size distribution of Na^+

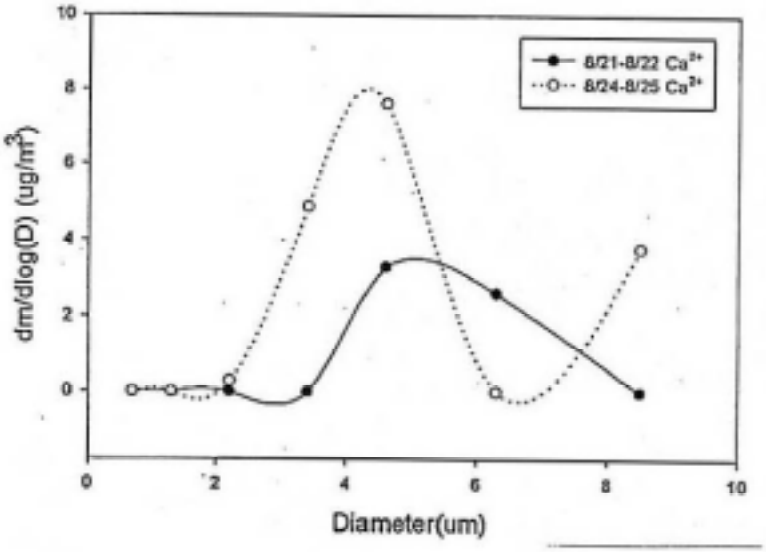

Fig. 12. Particle size distribution of Ca^{+}

Fig. 11에서 보는 바와 같이 Na^{+} 이온의 입경분포 특성을 살펴보면 악시정 기간 중에는 2.1μm 이상인 조대입자 영역이 미세입자의 영역에 비해 높게 나타났으며, 호시정의 경우 2.1μm 부근에서 봉우리를 형성하는 모양을 나타내었다. 이는 상대습도와 온도의 영향에 의거 악시정시에는 Na^{+} 이온이 수분을 함유하여 존재하다가 호시정 조건으로 변화에 의거 미세입자 영역에서 뚜렷한 봉우리를 보이는 것이며 전형적인 자연발생오염원의 형태를 보여 주고 있다.

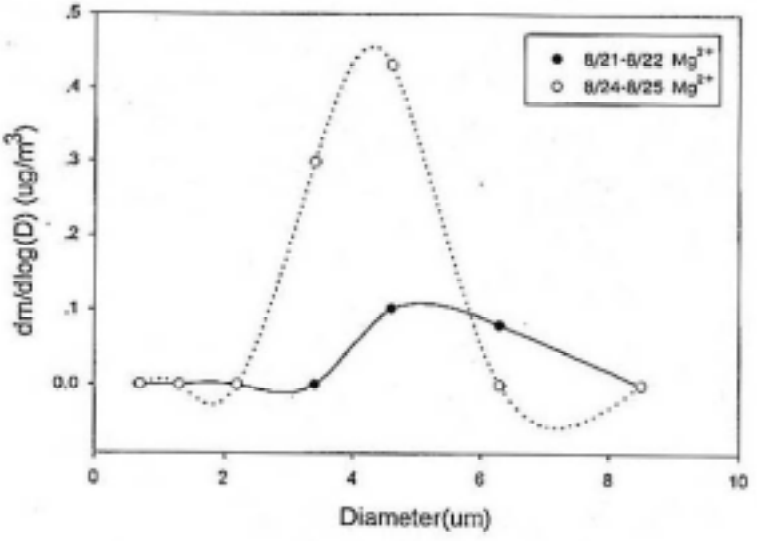

Fig. 13. Particle size distribution of Mg^{2+}

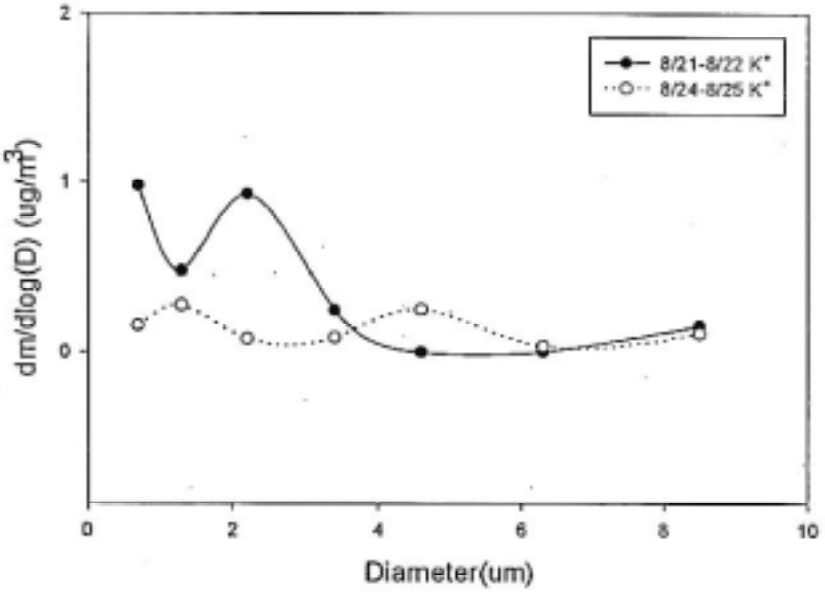

Fig. 14. Particle size distribution of K^+

Fig. 12에 나타난 Ca^+의 경우 악시정이나 호시정의 기간 중에도 조대입자의 영역에서 차지하는 비중이 미세입자에서 차지하는 비중보다 훨씬 높게 나타났다.

Fig. 13에 나나탄 Mg^{2+} 이온의 입경분포 특성은 미세입자 영역에서는 거의 나타나지 않았고 조대입자의 영역에서 농도가 높게 나타난 것으로 보아 자연적인 배출원에 의한 영향으로 사료된다.

Fig. 14에 나나탄 K^+이온의 입경분포 특성은 악시정 및 호시정 기간중에는 미세입자인 영역인 2.1μm이하에서 높게 나타났는데, 이는 주로 자연발생원의 영향인 것으로 생각된다. 호시정의 경우에는 농도가 낮고 조대입자나 미세입자 영역에서 큰 변화가 없었다.

V. 결 론

본 연구에서는 1998년 여름철 시료채취기간 중에 시정이 악화된 날 즉 악시정(8/20~8/22)과 양호한 날 즉 호시정(8/24~8/26)을 구분하여 시료를 채취하였고,

시정과 기상과의 상관관계, 입자상물질의 입경분포와 미세입자상물질의 화학적 구성성분을 분석하였고, 각 이온성분별 입경분포를 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Visiblity Sensor에서 측정된 시간별 시정거리와 대기오염 자동측정장비에서 측정된 상대습도와 PM_{10}농도와의 관계를 살펴보면 악시정일의 경우 시정이 3.3km과 4.1km이고, PM_{10}의 농도가 116.4μg/㎥와 86.7μg/㎥로서 상당히 높은 값을 나타내었고, 상대습도는 74.6%와 79.2%로 높은 값을 나타내었다. 이는 상대습도가 증가함에 따라 대기중에서의 미세입자 생성속도가 빨라지고 입자의 흡습성에 의해서 입자의 크기의 변화로 시정장애현상을 가속화시키는 역할을 하는 것으로 사료된다.

2. Andersen air sampler를 사용하여 입자상물질의 입경분포를 조사한 결과 악시정의 경우 호시정 보다 입경영역이 0.7~2.1μm의 미세입자 영역이 높은 질량농도 분포를 나타내었다. 이들 2μm 이하의 미세입자는 자동차나 연료의 연소과정에서 대기중에 배출된 먼지와 가스상물질이 균일, 불균일 반응에 의거 미세입자로의 응축, 생장한 것으로 추정된다.

3. Filter pack을 이용하여 $PM_{2.5}$ 시료를 채취하여 입자상물질의 화학적 구성성분을 분석한 결과 악시정의 경우 NO_3^- (30%)〉SO_4^{2-} (24%)〉NH_4^+ (19%)〉Cl^- (18%)〉Na^+ (5%)〉Ca^{2+} (2%)〉K^+ (2%) 순으로 나타났다. 호시정을 보인 기간 중에는 SO_4^{2-}(29%)〉NO_3^- (20%)〉NH_4^+ (18%)〉Cl^- (15%)〉Na^+ (7%)〉K^+ 온(6%)〉Ca^{2+} (5%) 순으로 나타났다.

4. 음이온성분의 입경분포를 살펴보면 악시정 기간중에는 SO_4^{2-} 이온이 4.3μm 부근에서 큰 봉우리를 나타내었고, Cl^- 이온은 1.3μm 부근과 4.3μm 부근에서 이산형분포를 나타내었고, NO_3^- 이온의 경우는 미세입자 영역인 13μm 부근에서 큰봉우리를 형성하였다. 한편, 호시정의 기간에는 SO_4^{2-} 이온은 2.1μm와 6.3μm에서 Cl^- 이온은 경우는 1.3μm와 6.3μm에서 이산형분포를 나타내었고, NO_3^- 이온의 경우는 미세입자 영역인 1.3μm 이하의 영역에서 조금 높게 나타났으나 다른 구간에서는 낮은 농도 값을 보였다.

5. 양이온성분의 입경분포를 살펴보면 NH_4^+ 이온의 경우 악시정의 기간중에는 미세입자인 2.1μm 이하의 영역에서 높게 나타났고 이는 미세입자의 영역에서 NO_3^-, Cl^- 농도가 높은 것으로 보아 이 영역에서는 NH_4NO_3, NH_4Cl 입자가 주요구성성분임을 알 수 있었다. 또한, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+} 이온의 경우 조대입자의 영역이 미세입자영역 보다 상당히 높게 나타나 이들은 자연적인 발생원의 영향으로 생각된다. 한편, K^+ 이온의 입경분포 특성을 살펴보면 미세입자인 영역인 2.1μm 이하에서 높게 나타났다.

호시정의 경우에는 NH_4^+ 이온의 경우 미세입자의 영역에서 높게 나타났고, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+} 이온이 조대입자 영역인 4.3μm 부근에서 가장 높았고, K^+ 이온은 농도가 낮고 전 구간에서 큰 변화가 없었다.

Ⅵ. 참고문헌

1. 김영태, Annual Denudar System을 이용한 대기에어로졸 황산염과 질산염의 농도특성, 경성대학교 석사학위 논문, (1996).

2. 김춘선, Filter pack법을 이용한 부산시 대기중 질산염의 농도 특성에 관한 연구, 동아대학교 석사학위 논문, (1997).

3. 김필수, 서울 대기 aerosol의 물리적 특성 : 가시광선의 산란, 한국대기보전학회지, 4(2), 28~37, (1988).

4. 김필수 외 2인, 서울대기 에어로졸의 농도와 광소산에 관한 연구, 한국대기보전학회지, 7.3, 227~234, (1991).

5. 김현주, 시정악화를 유발하는 원인물질의 측정과 분석, 서울대학교 석사학위 논문, (1997).

6. 박일수 외, 수도권지역의 시정장애현상 규명을 위한 조사연구(Ⅰ)-시정장애 원인물질 및 메카니즘 규명-, 국립환경연구원보, 16, 61~77, (1994).

7. 백남준 외 3인, 시정장애현상 원인과 그 규명방법 : 수도권 지역의 시정장애 현상 연구를 위하여, 대기보전학회지, 10,1, 1~23, (1994).

8. 부산광역시, '96 차량교통량 조사결과, (1997).

9. 이민희 외 6인, 수도권 대기중의 스모그 현상에 관한 연구, 국립환경연구원보, 7,45-61. (1985).

10. 이민희 외 5인, 대기중 입자상 물질의 생성 및 동태에 관한 연구, 국립환경연구원보, 9, 27-41. (1987).

11. 이민희 외, 도시지역 대기질 개선에 관한 연구(Ⅰ)-대기질 미량 오염물질 및 시정악화현상을 중심으로-, 국립환경연구원보, 11, 65~79, (1989).

12. 정용승 외 2인, 도시의 대기오염과 시정감소에 관하여, 한국대기보전학회지, 8.1, 1~6, (1992).

13. 최덕일 외, 수도권지역의 시정장애현상 규명을 위한 조사연구(Ⅱ)-시정장애 형성입자의 해석 및 입자 생성모형 개발-, 국립환경연구원보, 17, 95~106, (1995).

14. 한진석 외 2인, 1994년 수도권 지역에서의 시정과 미세 입자상물질 화학조성과의 관계해석, 대기보전학회지, 12.4, 286~301, (1996)

15. Akula Venkatram, Prakash Karamchandani, Christine Sloane (1997), The development of Model to Examine Source-Receptor Relationships for Visibility on Colorado Plateau, J. Air & Waste Mange. Assoc., 47.3, 17, 6~184.

16. Appel, B. R.,Y., Hsu, Kothny, E. L., et al(1985), Visibility as Related to Atmospheric Aerosol Constituents. Atoms. Environ., 19, 1525.

17. Barthelmie R.J., Pryor S.C., (1998), Implication of ammonia emission for fine aerosol Formation and visibility impairment - a case study from the lower fraser valley, British Columbia, Atmospheric Environment, 32.3, 1352~2310

18. Charlson,R.J., D.s. Covert, Y. Tokiwa, and P.K. Mueller, (1972)Multiwavelength nephelometer measurments in Los Angeles smog aerosols III : comparisons to light extinction by NO_2, J. Coll. and Int. Sci., 39－1,260～265

19. Groblicki, P. J., Woolff G. T., and Countess, R. J., (1981) Visibility－Reducing Species in the Denver, Brown Cloud－I. Atoms. Environ., 15, 2473.

20. Nam－Jun Baik, Yong Pyo Kim, Kil choo Moon, 1996 : Visibility study in Seoul, Atmospheric Environment, 30.13, 2319～2328