

공단지역에서 대기중 총 부유분진의 입자크기 분포와 화학적 성분에 관한 분석과 연구

박홍재 · 이성욱* · 박원우**

부산대학교 화학과, *화학 시험 검사소
**부산전문대학 공업화학과
(1993년 7월 6일 접수)

A Study on the Size Distribution and Chemical Composition of Total Suspended Particulates at Industrial Region

Heung-Jai Park, Sung-Uk Lee* and Won-Woo Park**

Department of Chemistry, Pusan National University, Pusan

**Chemical Inspection and Testing Institute*

***Department of Industrial Chemistry, Pusan Junior College, Pusan, Korea*

(Manuscript received 6 July 1993)

Abstract

The concentration of Total Suspended Particulates(T.S.P), size distribution of suspended particulates, and soluble anions of T.S.P in atmosphere of industrial region in Busan were investigated.

T.S.P was measured by High-Volume Air Sampler and particle size distribution was measured by Andersen Air Sampler. We analyzed the chemical component of the T.S.P by Ion Chromatography and measured the shape and size of T.S.P by Scanning Electron Micrography. The small size of T.S.P mainly exist in industrial region, but the large size of T.S.P mainly exist in residential area.

1. 서론

대기중 입자상 물질들은 산업과정에서 생성되는 2차 입자와 자연발생적 입자에 해당하는 1차 입자로 구분 지을 수 있다. 그리고 일반적으로 2차 입자는 입경이 1 μ m이하로 미세한 입자이고 연소과정, 자동차 배기 등의 인위적 발생원으로 생성되는 것으로 보며, 또한 연료분자가 분해 반응에 의해 핵이 생성되고 그 핵이 응집합체를 통해 성장한 미립자가 된다고 본다(Fig. 1). 1차 입자는 1 μ m이상의 큰 입자들로 주로 토양입자나

화산재 해염 등의 자연발생원으로부터 대부분 생

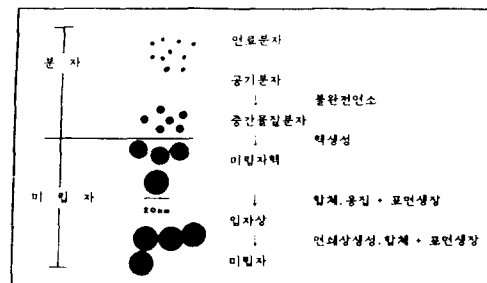


Fig. 1. Formation procedure of fine particles.

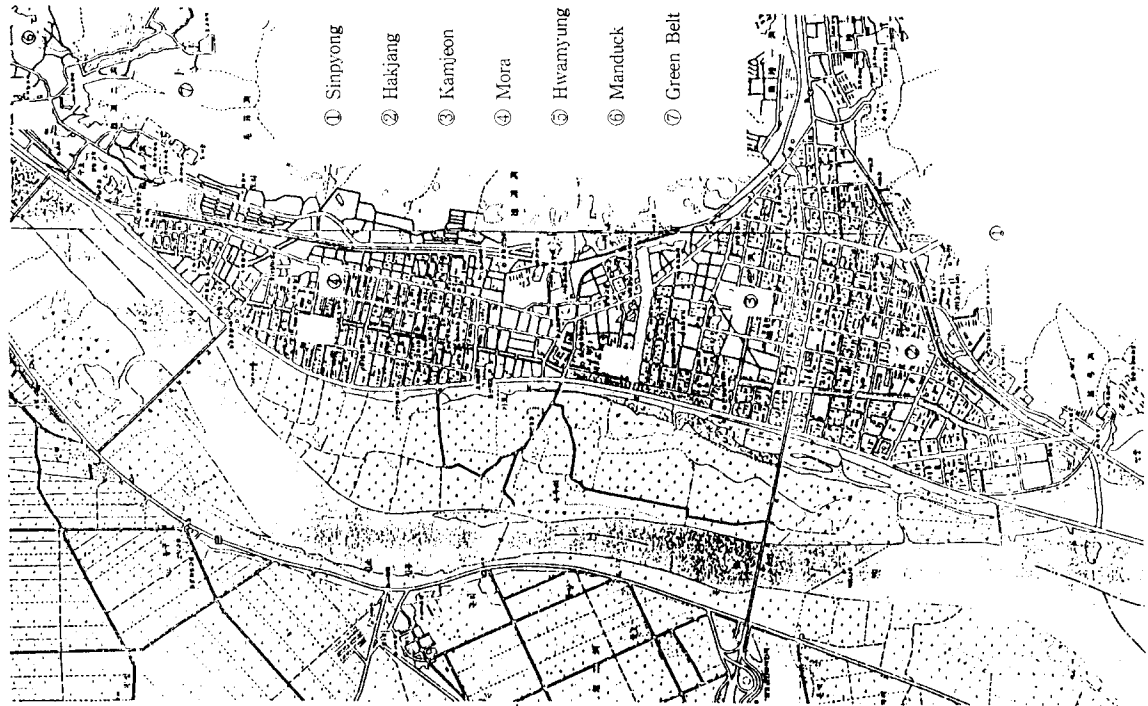


Fig. 2. Sampling site in Pusan.

성되는 것으로 본다. 특히 큰 입자는 침강속도가 빨리 대기중에 오래 머무를 수 없어 호흡기관에 흡입될 수 있으므로 관심의 대상이 된다.

본 연구는 사상공단의 공업지역에서 부유분진의 입경에 따른 분포를 Andersen Sampler로 측정하여 Ion Chromatography(I.C)로 분석하였다. 그리고 각 입경에서 여러 유해 음이온들의 분포를 비교해 봄으로써, 입경의 크기별 인체의 각 부위에 끼치는 영향과 비교하여 유해 음이온과 인체부위의 영향에 대한 상관관계를 살펴 보았다. 그리고 공업지역, 준공업지역, 주거지역, 녹지대로 분류하여(Fig. 2) 각 지역에서 부유분진을 High-Volume Air Sampler로 측정하고, 그 각각을 Scanning Electron Micrography(SEM)으로 측정하였다. 그 결과 1차 입자와 2차 입자의 분포를 가시적으로 명백히 구분할 수 있었다.

2. 재료 및 방법

2.1 지역별 부유분진 입경분포

사상공단의 각 지역에서 High-Volume Air

Sampler로 $1.2\sim 1.4\text{m}^3/\text{min}$ 유량으로 측정된 각 여지를 SEM으로 1000배 배율로 측정하였다. 여지로는 Glass filter를 사용하였다.

2.2 부유분진중 입경별 음이온의 분포

입경 $10\sim 0.49\mu\text{m}$ 의 분진을 5단계로 분급 포집하는 다공 다단식의 Andersen Sampler (General Metal Work U.S.A.)를 이용하여 각 단계별 포집판 위에 여지(Glass filter)를 올려놓고 $1.2\sim 1.4\text{m}^3/\text{min}$ 의 유량으로 1시간 30분간 가동하였으며 사상공단의 두개 지점에서 측정을 하였다. 각 측정에서 포집한 여지를 증류수 일정량을 채운 비이커에 넣은 후, 초음파 추출기에서 출력 28KHz로 약 1시간 초음파 처리한 후 증류수 25ml를 잘 채워 혼합하여 여지에 통과 시킨 다음 일정량을 시료로 하여 DX-100 Ion Chromatography로 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 지역별 부유분진의 입경분포

사상공단의 2지역을 대상으로 실시한 결과 전형적인 공단 지역에서는 입자의 크기가 작은 0.5 μ m의 것이 가장 많이 분포하고 입자의 직경이 점점 커짐에 따라 점점 그 양이 작아짐을 알 수 있다(Table 1, Fig. 3).

Table 1. Mass distribution(dM/dlogdp) and particle diameter(dp)(surface on road).

Dia	dp	\bar{dp}	N	d _{dp}	d _l	logdp	dlogdp	lg	\bar{dp}	d _l /dlogdp
5. (0.95~0.49)	0.72	0.97	198.5	0.50	138.1	0.143	0.229	0.013	607.42	
4. (1.5~0.95)	1.22	1.74	336.6	1.03	153.0	0.086	0.266	0.240	575.19	
3. (3.0~1.5)	2.25	3.68	183.6	2.85	58.8	0.352	0.356	0.566	165.17	
2. (7.2~2.0)	5.10	6.85	124.8	3.50	29.4	0.708	0.226	0.226	130.05	
1. (10~7.2)	8.60	8.60	95.4			0.934				

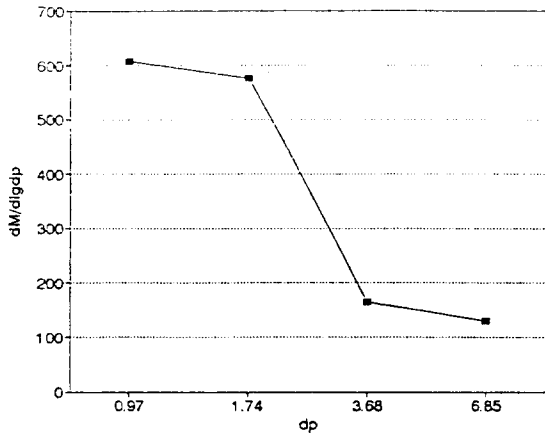


Fig. 3. Size Distribution of Particle(Hakjang).

그리고 공단지역에서 500m 떨어진 학교에서 측정된 결과 직경이 보다 큰 1.5~0.95 μ m의 것이 가장 많이 분포하는 것을 알 수 있었다(Table 2, Fig. 4).

Table 2. Mass distribution(dM/dlogdp) and particle diameter(dp)(surface 500m of road).

Dia	dp	\bar{dp}	N	d _{dp}	d _l	logdp	dlogdp	lg	\bar{dp}	d _l /dlogdp
5. (0.95~0.49)	0.72	0.97	25.2	0.50	1.8	0.143	0.229	0.013	7.86	
4. (1.5~0.95)	1.22	1.74	27.0	1.03	9.6	0.086	0.266	0.240	40.00	
3. (3.0~1.5)	2.25	3.68	17.4	2.85	7.6	0.352	0.356	0.566	21.35	
2. (7.2~3.0)	5.10	6.85	9.8	3.50	4.0	0.708	0.226	0.226	17.70	
1. (10~7.2)	8.60	8.60	5.8			0.934				

즉 이 사실로부터 공단지역에서는 작은 입경의 입자가 주로 분포하고, 공단지역에서 벗어날수록 보다 큰 입자가 많이 분포함을 알 수 있다.

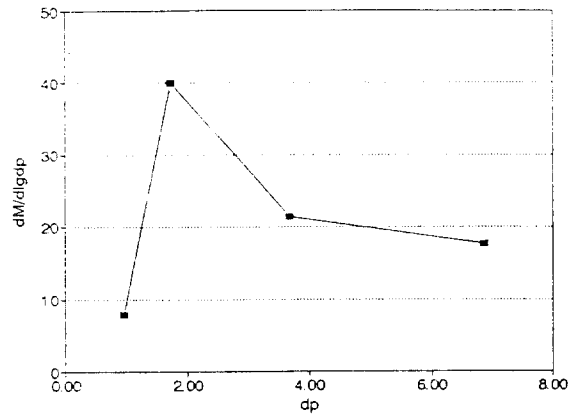


Fig. 4. Size Distribution of Particle(500m from Road).

그리고 공단지역 4곳, 주거지역 2곳으로 분류하여 각 채집한 부유분진으로부터 SEM을 배율 1000으로 측정된 결과, 공단지역은 1 μ m이하의 입자들이 주로 보였으며 주거지역으로 갈수록 10 μ m이상의 큰 입자들이 많이 나타남을 알 수 있었다(Fig. 5 참조).

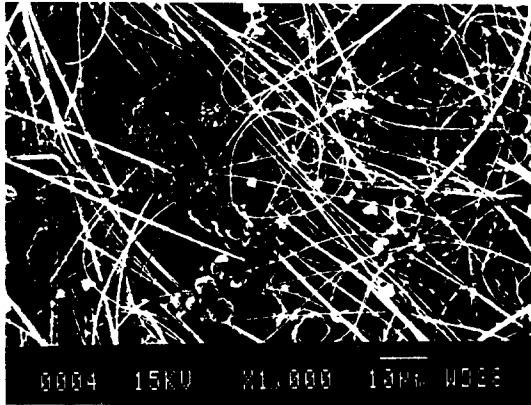
위의 두 결과로부터 부유입자가 공단지역으로 갈수록 인공 발생입자인 미세한 입자(1 μ m이하)가 주로 나타나며, 주택 지역으로 갈수록 자연 발생 입자인 큰 입자(10 μ m)가 주로 나타남을 알 수 있었다.

3.2 부유분진중 입경별 음이온 분포

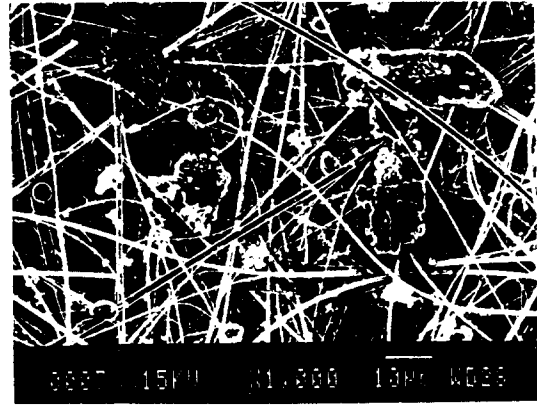
사상공단 지역에서 5단의 Andersen Sampler로 측정하여 각 단별 여지에서 용출된 음이온들을 IC로 분석한 결과 폐에 독성이 크고 폐 부종을 일으키는 NO_x의 경우 입자가 1 μ m 근처의 중간 크기에 가장 작게 분포하고 입자 크기가 크거나, 미세한 입자의 경우 많이 분포함을 알 수 있었다 (Table 3, Fig. 6).

Table 3. Mass distribution(dM/dlogdp) and particle diameter(dp) of TSP(NO_x).

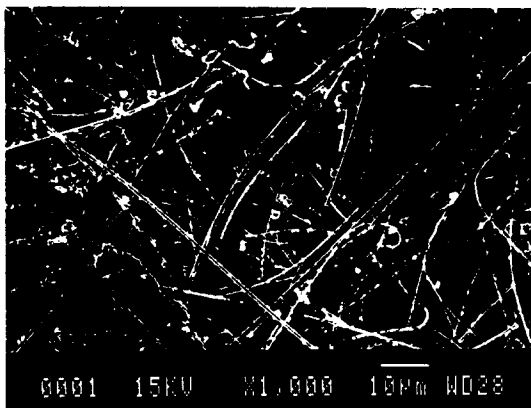
Dia	dp	\bar{dp}	N	d _{dp}	d _l	logdp	dlogdp	lg	\bar{dp}	d _l /dlogdp
5. (0.95~0.49)	0.72	0.97	4.99	0.50	5.49	0.143	0.229	0.013	23.97	
4. (1.5~0.95)	1.22	1.74	10.48	1.03	4.77	0.086	0.266	0.240	17.93	
3. (3.0~1.5)	2.25	3.68	5.71	2.85	1.47	0.352	0.356	0.566	4.13	
2. (7.2~3.0)	5.10	6.85	7.18	3.50	5.25	0.708	0.226	0.226	23.23	
1. (10~7.2)	8.60	8.60	1.93			0.934				



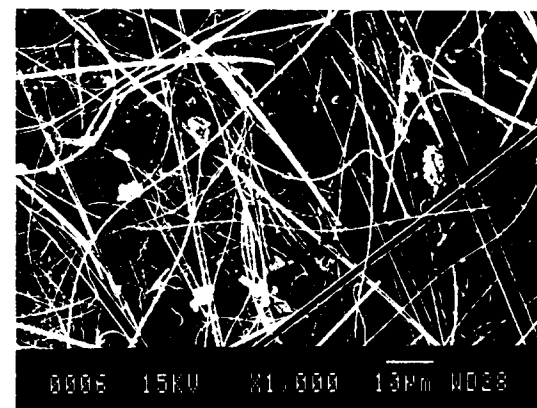
Hwamyung



Manduck



Hakjang



Sinpyong

Fig. 5. Scanning electron micrography of Andersen Sampler.

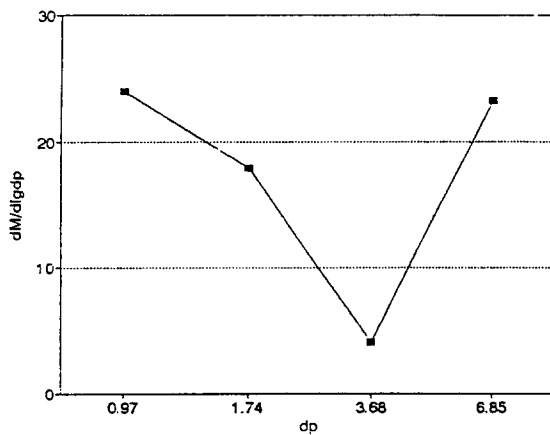


Fig. 6. Particle Size Distribution by Anderson-Sampler(NO_x).

호흡곤란, 시각장애, 빈혈, 손발저림, 의식둔화 등을 일으키는 SO₄의 경우 입자의 크기가 작은 0.5 µm 근처에서 가장 많이 분포하고 입자의 크기가 커짐에 따라 점점 감소하다가 NO_x와 같은 경향을 띠을 수 있었다(Table 4, Fig. 7).

Table 4. Mass distribution(dM/dlogdp) and particle diameter(dp) of TSP(SO₄).

D i a	dp	\bar{dp}	\bar{v}	ddp	dI	logdp	dlogdp	lg \bar{dp}	dM/dlogdp
5. (0.95~0.49)	0.72	0.97	92	0.50	15	0.143	0.229	0.013	66
		1.22	107			0.086			
4. (1.5~0.95)	1.74	1.74	98	1.03	9	0.352	0.266	0.240	34
		2.25	98			0.356			
3. (3.0~1.5)	3.68	3.68	101	2.85	3	0.708	0.356	0.566	8
		5.10	101			0.708			
2. (7.2~3.0)	6.85	6.85	101	3.50	8	0.934	0.226	0.226	35
		8.60	93			0.934			

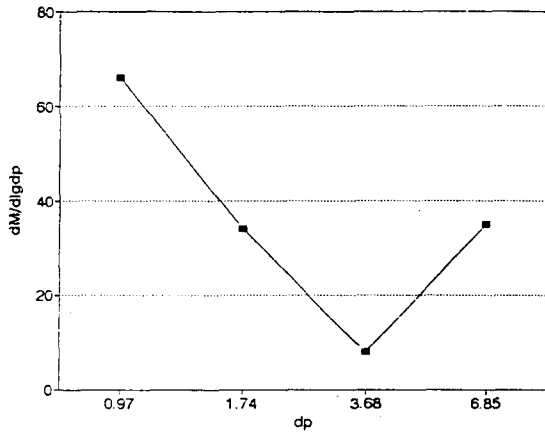


Fig. 7. Particle Size Distribution by Anderson-Sampler(SO_x).

인체에 눈, 코, 폐, 피부장막을 자극하고 구토, 복통, 설사 증세까지 일으키는 영향을 주는 할로젠화물은 염소의 경우 큰 입자에 많이 분포하며 불소의 경우 미소입자에 많이 분포함을 알 수 있었다(Table 5, 6, Fig. 8, 9).

Table 5. Mass distribution(dM/dlogdp) and particle diameter(dp) of TSP(Cl).

Dia	dp	\bar{dp}	\bar{d}	ddp	d/d	logdp	dlogdp	lg \bar{dp}	d/dlogdp
5. (0.95~0.49)	0.72	0.97	0.97	0.50	0.08	0.143	0.229	0.013	0.35
4. (1.5~0.95)	1.22	1.74	1.05	1.03	0.21	0.086	0.266	0.240	0.79
3. (3.0~1.5)	2.25	3.68	0.84	2.85	0.19	0.352	0.356	0.566	0.53
2. (7.2~3.0)	5.10	6.85	3.68	3.50	0.61	0.708	0.226	0.226	2.70
1. (10~7.2)	8.60	6.85	6.85			0.934			

Table 6. Mass distribution(dM/dlogdp) and particle diameter(dp) of TSP(F).

Dia	dp	\bar{dp}	\bar{d}	ddp	d/d	logdp	dlogdp	lg \bar{dp}	d/dlogdp
5. (0.95~0.49)	0.72	0.97	0.631	0.50	0.44	0.143	0.229	0.013	1.92
4. (1.5~0.95)	1.22	1.74	1.071	1.03	0.14	0.086	0.266	0.240	0.53
3. (3.0~1.5)	2.25	3.68	0.931	2.85	0.42	0.352	0.356	0.566	1.18
2. (7.2~3.0)	5.10	6.85	1.351	3.50	0.07	0.708	0.226	0.226	0.31
1. (10~7.2)	8.60	6.85	1.281			0.934			

4. 결 론

본 실험 결과로부터 공단지역은 2차 발생입자인 작은 입자가 주로 분자하였고 주거지로 갈수록 공업연료의 사용량이 줄어들어 따라 1차 입자

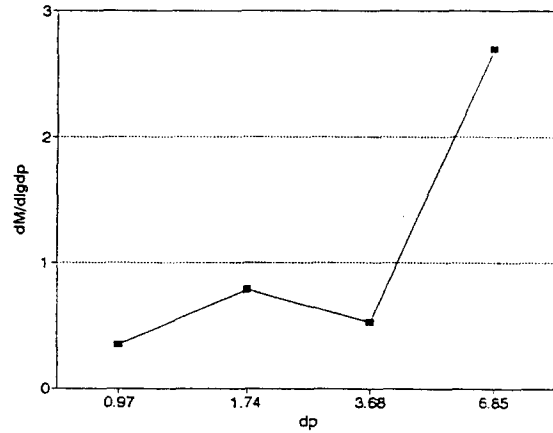


Fig. 8. Particle Size Distribution by Anderson-Sampler(Cl).

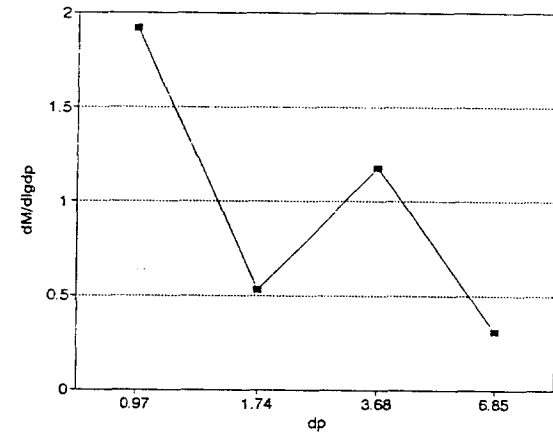


Fig. 9. Particle Size Distribution by Anderson-Sampler(F).

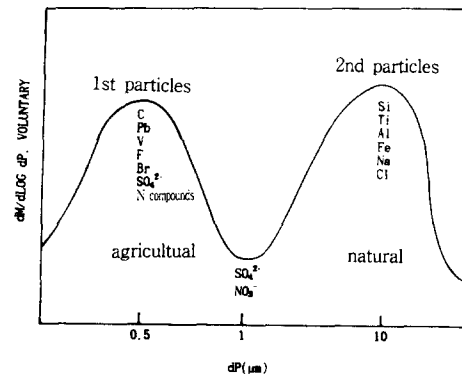


Fig. 10. Components and particle size of urban area.

인 큰 입자가 주로 분포함을 알 수 있었다. 그리고 음이온중 작은 입자에 주로 존재하는 물질은 SO_4 , F, NO_3 등이었고, 큰 입자에 주로 존재하는 물질은 NO_3 , Cl 등이었으며, 특히 NO_3 와 SO_4 이 온은 중간 크기인 $1\mu\text{m}$ 근처에서 가장 작은 분포를 나타내었다(Fig. 10).

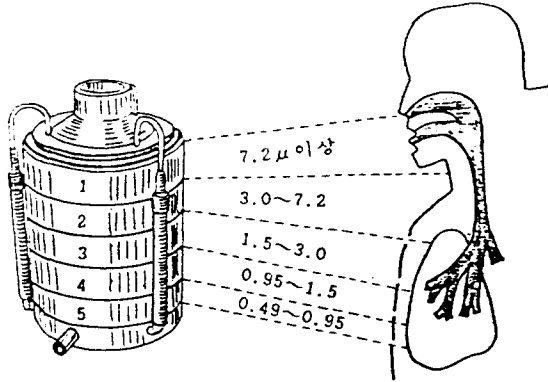


Fig. 11. Human Respiratory System.

이는 또 입경과 호흡기에 침투정도를 비교하였을 때 폐 내부에 침투할 위험성이 많은 크기가 $5\mu\text{m}$ 이하로 그 입경내에 존재하는 물질은 SO_4 , F, NO_3 등으로 이물질에 대한 인체의 유해성은 사람에게 직접적인 영향을 미친다고 볼 수 있다(Fig. 11).

참고문헌

- 서울시 보건환경 연구원보 제 24권, 1988, Report of S.I.H.E., 24:272-291.
- 김희강외, 1987, 대기오염과 제어.
- 김민영, 김광진, 최운섭, 이완중, 김길식, 김장렬, 이용기, 이길화, 박상현, 1987, PbO_2 candle, method 및 deposit jar에 의한 서울시의 대기오염도 조사(제 21보), 서울특별시 보건환경연구원보 23:262-282.
- 이민희, 신찬기, 한의정, 한진석, 박태술, 사원희, 1989, 도시지역 대기질 개선에 관한 연구 (I), 국립환경연구원보, 제 11권, 11:65-79.
- 이민희 외, 1987, 대기중 입자상 물질의 생성 및 동태에 관한 연구. 국립환경연구원보. 7.
- C.E.Zimmer, 1977, Air Quality Data Handling and Analysis. Air Pollution.Vol.3. A.C. Stern. Academic Press.
- 환경청, 1983, 환경오염공정시험법.
- 환경청, 1986, 환경본전법.
- Andersen Instack Sampler Manual, Andersen Co, U.S.A..