

PA14) 분진의 입경분포에 따른 중금속 농도 및 cascade impactor의 효율 Concentrations of metallic elements and efficiency of cascade impactor by particle size distribution

김성천 · 김광석

군산대학교 토목환경공학부

1. 서 론

입자상 오염물질은 공기역학적 직경 2.5 μm 를 기준으로 미세입자와 거대입자로 나누어지는 쌍극분포의 형태(Whitby et al., 1972)를 나타내며, 분진이 인체에 미치는 영향에 관한 많은 연구를 통해 10 μm 이하의 입자가 호흡성 분진으로 인체에 더 유해한 영향을 미치고 있음이 밝혀졌다(Emison, 1988). 이러한 특징은 동일 질량의 분진을 가정할 때 입자의 직경이 작아질수록 저감효율이 떨어지며, 분진의 표면적이 커져 중금속이나 가스상 오염물질의 흡착이 상대적으로 용이해지기 때문이다(Saffiotti, 1965). 이와 같은 유해성 분진은 호흡기를 통해 폐에 침착되어 폐암 등의 질병을 유발하기도 한다(Fennelly, 1976; Linton et al., 1977). 5 μm 보다 큰 직경을 가진 분진은 대부분 코에서 제거되며 반면 공기 역학적인 직경 1~2 μm 이하의 분진은 약 60~80 %정도가 폐에 침착한다. 또한, 분진내 생물학적으로 영향을 미칠 수 있는 독성 중금속물질이 포함되어 있다면, 폐의 생리현상에 영향을 미칠 수도 있다. 그러나 아직까지 분진의 입경 분포에 관한 연구는 미흡한 상태이며, 특히 미세입자에 대한 효율적인 제어가 어려운 실정이다.

이 연구에서는 분진의 입경별 농도 포집이 가능한 9단 Cascade Impactor(Andersen sampler: Model Mark II)를 사용하여 분진의 입경별 농도 및 분진 중의 Cd, Cr, Fe, 그리고 Pb 등 중금속의 입경별 농도 분포와 계절별 분진 및 중금속의 농도변화를 비교 검토하고 기기의 단별 총괄효율을 산출함을 목적으로 하였다.

2. 연구 방법

2001년 10월부터 2002년 7월까지 월 1회씩 군산시 풍단지역 분진의 입경분포와 분진량 조사에 관한 연구를 수행하였다.

3. 결과 및 고찰

입경별 분진 포집기인 cascade Impactor를 이용해 분진을 포집한 각 set의 분진의 농도는 표 1에 나타내었다. PM₁₀의 질량 분율은 측정기간 중 시료 모두 2.1~3.1 μm 를 기준으로 미세입자와 거대입자로 나누어지는 쌍극분포(bimodal distribution)를 보였으며(그림 1), 이는 대기 부유 분진의 공기역학적 직경이 약 2.5 μm 를 중심으로 미세입자와 거대입자로 나누어지는 쌍극분포를 보인다는 연구 결과와 일치하고 있다.

본 조사에서 총괄효율의 결과를 표 2에 나타내었다. 계절별 총괄효율은 봄철이 48.16 %, 여름철이 48.13 %, 가을철이 50.80 %, 그리고 겨울철이 50.46 %로 평균 총괄효율은 49.39 %로 각 단별 총괄효율과 비슷하게 조사되었다.

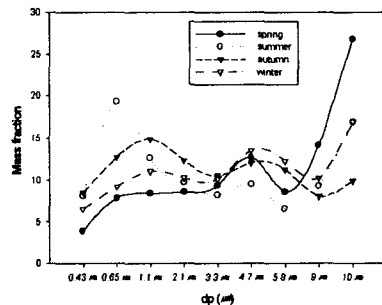


Fig. 1. Mass fraction of PM₁₀ by aerodynamic diameter.

Table 1. Concentrations of particulate matter and metallic elements by stages

Stage	F	7	6	5	4	3	2	1	0	Fine	Coarse	Total	F/T	
Size (μm)	<0.43	0.43 - 0.65	0.65- 1.1	1.1-2.1	2.1-3.3	3.3-4.7	4.7-5.8	5.8-9.0	9.0-10	<2.1	≥ 2.1			
PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Spr.	3.08	6.88	6.28	9.06	12.49	17.35	11.20	19.73	36.00	25.30	96.74	122.30	0.21
	Sum.	3.34	8.39	5.02	3.55	3.12	3.54	2.38	3.59	6.71	20.29	19.34	39.64	0.51
	Fal.	9.13	13.73	16.11	13.33	11.36	13.04	12.16	8.68	10.70	52.30	55.93	108.24	0.48
	Win.	5.49	7.52	9.02	8.48	8.37	11.11	10.05	8.33	13.61	30.53	51.48	82.01	0.37
	Avg.	5.26	9.13	9.11	8.61	8.84	11.26	8.95	10.08	16.76	32.11	55.87	88.05	0.36
Cd (ng/m^3)	Spr.	0.259	0.297	0.193	0.090	0.002	0.002	0	0	0.839	0.004	0.843	0.99	
	Sum.	0	0.04	0.06	0.02	0.01	0	0	0	0.12	0.01	0.13	0.92	
	Fal.	0.62	0.68	0.68	0.50	0.27	0.12	0.05	0.17	0.15	2.47	0.76	3.23	0.77
	Win.	1.03	0.91	0.84	0.71	0.30	0.20	0.16	0.19	0.24	3.49	1.10	4.59	0.76
	Avg.	0.48	0.48	0.44	0.33	0.15	0.08	0.05	0.09	0.10	1.73	0.47	2.24	0.77
Cr (ng/m^3)	Spr.	0.63	0.76	0.80	0.85	0.82	0.83	0.79	0.95	1.05	3.05	4.45	7.50	0.41
	Sum.	0.66	0.59	0.60	0.67	0.55	0.59	0.61	1.04	0.99	2.53	3.79	6.31	0.40
	Fal.	5.56	5.08	6.58	4.88	5.76	2.56	6.04	0.57	0	22.10	14.93	37.02	0.60
	Win.	4.58	6.03	6.65	6.12	5.57	6.20	5.46	1.34	2.12	23.38	20.89	44.26	0.53
	Avg.	2.86	3.12	3.66	3.13	3.23	2.55	3.23	0.98	1.04	12.77	11.01	23.77	0.54
Pb (ng/m^3)	Spr.	0.81	2.19	3.82	2.15	0	0.06	0	4.88	3.91	8.97	8.86	17.82	0.50
	Sum.	0.20	2.30	5.52	1.03	0.88	8.46	0	2.05	2.88	9.04	14.27	23.31	0.39
	Fal.	4.06	5.40	9.21	7.08	1.25	0	0	1.22	1.45	25.75	3.92	29.67	0.87
	Win.	4.03	6.22	8.90	7.49	1.28	0.77	0.23	1.94	3.43	26.63	7.66	34.29	0.78
	Avg.	2.28	4.03	6.86	4.44	0.85	2.32	0.06	2.53	2.92	17.60	8.68	26.28	0.67
Fe (ng/m^3)	Spr.	7.1	7.5	8.9	15.8	24.7	31.8	40.0	76.5	122.7	39.2	235.8	335.0	0.12
	Sum.	14.5	6.7	7.3	8.1	8.8	9.3	8.0	31.1	34.1	36.6	91.4	128.0	0.29
	Fal.	14.2	1.9	37.6	81.5	70.1	65.6	48.2	115.5	198.8	135.2	498.2	633.3	0.21
	Win.	148.9	168.2	131.6	203.6	202.6	186.8	180.7	139.7	215.9	652.3	925.8	1578.1	0.41
	Avg.	46.18	46.08	46.35	77.25	76.55	73.38	69.23	90.7	142.85	215.83	452.8	668.6	0.32

Table 2. The efficiency with each stages by seasons

	Effr	d ₅₀	S-0	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	S-6	S-7	S-F
Spr	48.16	4.20	83.65	75.64	60.98	47.56	29.24	12.67	4.16	1.63	0.75
Sum	48.13	2.20	94.91	91.88	85.06	76.78	60.10	34.59	13.66	5.68	2.68
Autu	50.80	2.00	95.76	93.19	87.33	80.00	64.57	39.02	16.07	6.79	3.22
Win	50.46	2.90	91.48	86.69	76.62	65.55	46.43	23.34	8.34	3.35	1.56
Avg	49.39	2.83	91.45	86.85	77.50	67.47	50.09	27.41	10.56	4.36	2.05

4. 결 론

- PM₁₀의 질량 분율은 4계절 모두 2.1~3.1 μm 를 기준으로 미세입자와 거대입자로 나뉘어지는 쌍극분포 (bimodal distribution)를 보였다.
- 총량에 대한 미세입자 영역의 비율은 PM₁₀, Cr, Fe의 비율은 각각 0.39, 0.49, 0.26으로 Cd, Pb의 비율은 0.86, 0.64으로 미세입자 영역에 많은 양이 존재함을 알 수 있다.
- 거대입자를 포집하는 단으로 갈수록 집진효율이 높아졌고, 미세입자를 포집하는 단에서는 포집효율이 매우 낮았다. Cascade Impactor의 계절별 총괄효율은 봄철이 48.16 %, 여름철이 48.13 %, 가을철이 50.80 %, 그리고 겨울철이 50.46 %로 평균 총괄효율은 49.39 %로 조사되었다.

참 고 문 헌

- Whitby, K.T., Husar, R.B. and Liu, B.Y.H.(1972) The aerosol size distribution of L.A. smog, J. Col. & Inter. Sci., 39:203.
- Emison, G.A.(1988) Overview of PM₁₀ police and regulation, An APCA/EPA International Specialty Conference.
- Saffiotti, U.(1965) Experimental studies of the conditions of exposure to carcinogens for lung cancer induction, JAPCA., 15:23.