

AD3) 그래프 방식을 이용한 주암호 지역의 중금속 성분의 대기 건성 침적속도 추정 Estimation of dry deposition velocities using the Graphical method for heavy metals measured at Chuamho area

정장표 · 장영환 · 장남익¹⁾

경성대학교 환경공학과 대기오염연구실, ¹⁾영산강 수질 검사소

1. 서론

대기중 목적성분의 농도와 침적량 자료가 실측되어진 경우 침적속도를 추정하는 방법에는 직접계산에 의한 방식(Calculation method)과 그래프 방식(Graphical method)이 있는데 전자는 측정된 침적량을 대기 농도로 나눈 값으로 침적속도를 추정하는 방법이며 후자는 침적량(y축)과 대기농도(x축)자료를 회귀분석하여 얻어진 회귀직선의 기울기로 침적속도를 추정하는 방법이다.

추정된 침적속도와 대기중의 오염물질 농도를 이용하여 침적량을 산정 할 경우에는 오염물질의 입경별 농도가 중요하며 입자의 크기가 침적량에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 선행연구에 의하면, 대략 건성침적량의 90% 이상이 10 μm 이상의 조대입자 침적에 의하여 좌우된다고 보고하고 있다.

따라서 본 연구에서는 대기중 조대입자의 질량농도와 이온성분 및 중금속성분 농도를 입경별로 측정이 가능한 CPRI와 기존의 건성침적장치들의 단점을 보완한 plate 형태의 측정장치인 건성침적판(DDP; Dry Deposition Plate)을 이용하여 건성침적량을 측정 후, 여기서 얻어진 자료를 이용하여 그래프 방식에 의한 침적속도를 추정하여 미국과 국내에서 이미 선행 연구되었던 결과들과 비교하였다.

특히 CPRI의 경우는 측정된 6.5 μm 이상의 자료만을 사용한 경우와 여기에 Weibull 분포함수를 적용하여 총입자(Total particle)의 농도를 추정한 결과를 각각 DDP로 측정된 침적량을 적용하여 입자와 중금속의 침적속도(V_d)를 추정하였으며 그 두 결과를 비교 분석 하였다.

2. 실험 및 분석방법

시료채취위치는 전라남도 순천시 송광면에 위치한 국립환경연구원 영산강수질검사소 건물 옥상으로 주위강산으로 둘러싸여 있으며, 서쪽으로는 주암호가 위치하고 있다.

시료포집기간은 1999년 7월부터 2000년 4월까지 비가 오지 않는 날을 기준으로 총 115 개(DDP - 낮 : 21개, 밤 : 21개, 24시간 : 20개, CPRI - 낮 : 27개, 밤 : 26개)의 시료를 채취하였으며, 채취시간은 낮(오전 9시부터 오후 5시)과 밤(오후 6시부터 오전 9시)으로 구분하여 포집하는 것을 원칙으로 하였고 Dry Deposition Plate는 낮과 밤을 구분하여 48시간 이상 채취하는 것을 원칙으로 하였으며 Cd, Cr, Pb, Ni, Cu, Zn, Fe의 중금속을 ICP를 이용하여 분석하였다. 조대입자를 채취하는 CPRI는 320 rpm의 속도를 유지하여 시료를 채취하였고 시료 채취 전·후의 무게차로 대기중의 농도를 산정하였으며 DDP와 동일한 방법으로 중금속 분석을 행하였다.

3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 CPRI와 DDP에서 측정된 자료를 이용하여 입자와 중금속의 건성침적속도를 그래프를 이용하는 방법으로 추정해 내었으며 얻어진 주요 결론은 다음과 같다.

중금속의 건성침적속도는 0.595 ~ 21.586 cm/sec로 나타났으며 Cr을 제외한 대부분의 건성침적속도가 밤낮의 차이를 보이지 않았다. 또한 부산과 창원에서 측정된 침적속도와 비교해 보면 Cd와 Zn은 본 연구의 추정값이 약간 컸으며 Pb, Ni, Cu, Fe은 비슷한 값을 나타냈다. 미국의 추정 침적속도와 비교하면 Cd, Zn은 큰 값을 Pb, Cu는 약간 작은 값을 보였으나 그 차이는 크지 않았다.(Table 1)

Weibull 분포함수를 이용하여 6.5 μm 이하 영역을 포함시켜 중금속 농도를 추정하여 구한 결과와 CPRI농도를 적용하여 구한 V_d 를 비교해 보면 Weibull함수를 적용한 V_d 값이 CPRI 적용 V_d 값에 비해 1/4 ~ 1/6배 수준

으로 낮게 추정되었다(Table 3~4). 이러한 결과는 그래프 방법에 의해 중금속 항목의 건성침적속도를 추정함에 있어서 6.5 μm 이하의 입경에 포함된 중금속 농도를 무시할 경우 대단히 과대평가 될 수 있음을 보여주고 있다.

Table 1. Comparison of dry deposition velocities studied in various sites (cm/sec)

element	This study		Korea		
	day	night	Pusan		ChangWon
			Oryun	Taeyon	Myeungseo
mass	0.237	1.193	7.08	5.73	5.27
Cd	1.380	2.063	0.52	0.57	-
Cr	21.586	0.595	7.19	4.29	-
Pb	1.889(0.317)	3.861(0.132)	2.46	2.52	3.68
Ni	4.647(0.961)	6.742(1.247)	10.41	5.21	-
Cu	1.692(0.403)	1.732(0.469)	1.10	0.65	-
Mn	N.A	N.A	24.32	2.13	3.68
Zn	6.950(1.374)	5.495(0.990)	2.88	0.13	5.96
Fe	2.410	2.250	3.12	1.25	2.92

*N.A : Not Available

() : V_d vs conc. from Weibull distribution function

Table 1. (continued)

element	U.S.A.					
	Lake [*] Michigan	Lake ^{**} Michigan	Chicago [*]	Chicago [*]	South [*] Haven	South ^{**} Haven
mass	2.6	0.5	2.3	2.3	2.3	3.4
Cd	0.2	0.3	0.8	0.4	0.1	NA ^{***}
Cr	3.5	4.7	1.4	0.8	0.8	NA ^{***}
Pb	0.3	0.03	0.7	0.9	1.3	0.9
Ni	-	-	-	-	-	-
Cu	2.5	2.6	1.7	4.1	1.6	1.8
Mn	1.4	0.7	1.9	1.9	2.4	2.9
Zn	0.7	0.8	1.1	2.4	1.7	1.9
Fe	-	-	-	-	-	-

* : Calculated method

** : Graphical method

*** : N.A : Not Available

Table 3. Dry deposition velocities(cm/s) for elements from graphical method using the data obtained from Weibull distribution function

element	day ^a		night ^a		day ^b		night ^b		day ^c		night ^c		Data Num.	
	V_d	r^2	V_d	r^2	V_d	r^2	V_d	r^2	V_d	r^2	V_d	r^2	day	night
Pb	0.317	0.15	0.132	0.14	0.919	0.48	0.281	0.30	0.557	0.36	0.173	0.23	6	7
Ni	0.961	0.59	1.247	0.75	1.253	0.69	1.466	0.84	1.023	0.63	1.290	0.77	7	7
Cu	0.403	0.29	0.469	0.18	1.121	0.55	0.946	0.43	0.575	0.38	0.600	0.28	7	6
Zn	1.374	0.32	0.990	0.30	2.075	0.46	1.314	0.52	1.592	0.43	1.130	0.46	7	7

a : Measured Data

b : Assume Y intercept as Zero

c : (0,0) data was added

Table 4. Summary of mass and elemental dry deposition velocities (cm/sec)

element	day ^a		night ^a		day ^b		night ^b		day ^c		night ^c		data number	
	V _d	r ²	V _d	r ²	V _d	r ²	V _d	r ²	V _d	r ²	V _d	r ²	day	night
mass	0.237	0.94	1.193	0.80	0.343	0.83	1.372	0.78	0.302	0.93	1.274	0.75	7	7
Cd	1.380	0.90	2.063	0.24	1.913	0.76	4.808	0.52	1.484	0.88	2.721	0.34	7	7
Cr	21.586	0.58	3.861	0.46	10.390	0.64	4.570	0.66	15.182	0.53	4.057	0.53	7	7
Pb	1.889	0.17	0.595	0.09	5.094	0.49	1.446	0.29	3.197	0.39	0.829	0.19	6	7
Ni	4.467	0.63	6.742	0.78	6.110	0.70	7.843	0.85	4.937	0.66	6.961	0.80	7	7
Cu	1.692	0.30	1.732	0.18	4.390	0.57	3.557	0.44	2.445	0.43	2.328	0.28	7	6
Zn	6.950	0.33	5.495	0.34	8.478	0.56	5.127	0.58	7.580	0.47	5.278	0.50	7	7
Fe	2.410	0.62	2.250	0.63	3.206	0.70	2.233	0.79	2.585	0.66	2.244	0.69	7	7

a : Measured data

b : Assume Y intercept as zero

c : (0,0) data was added

참 고 문 헌

- 이승묵, 정장표, 이은영, (2000) 대기중 중금속 입자의 입경분포 및 건식침적 특성에 관한 연구, 대한환경공학회지, Vol 22, No. 3, pp. 575~585.
- 이승묵, 정장표, 한영지, (2000) 대기중 질소산화물의 건식침적 특성, 대한환경공학회지, Vol. 22, No. 4, pp. 775~784.
- 김상헌, "Characterization of Dry Deposition in Pusan Area", 경성대학교, 석사학위논문, 1996.
- Eisenreich, S.J., and Strachan, W.M.J., "Estimating atmospheric deposition of toxic substances to the Great Lakes", in Proceeding of 1992 Workshop Sponsored by the Great Lakes Protection Fund and Environment, Ontario, Canada, 1992.
- U.S. EPA., "Report of the Great Lakes Air Toxics Research", Research Triangle Park, NC, 1991.
- Cheong, J.P., Shin, H. M., Kim, S. H., and Lee, S. K., "The Impacts of Dry Deposition on the Environment of Hoidong Reservoir", Environ. Eng. Vol, No. 2, pp89-98, 1996.
- Nicholson, K. W., "The Dry Deposition of Small Particles : a Review of Experimental Measurement s", Atmospheric Environment, Vol. 22, pp. 2653-2666, 1988.
- Noll, K. E., Fang, K.Y. and Watkins, L.A., "Characterization of the Deposition of Particles from the Atmosphere to a Flat Plate", Atmos. Environ., 22, 1461-1468, 1988.
- Holsen, T.M., Noll, K.E., Fang, G.C., Lee, W.J., Lin, J.M. and Keeler, G.J., "Dry Ddeposition and Particle Size Distributions Measured during the Lake Michigan Urban Air Toxic Study", Environ. Sci. Technol., 27, 1327-1333, 1993.