한국대기환경학회 2000 추계학술대회 논문집
Proceeding of the 31st Meeting of KOSAE (2000)
Korean Society for Atmospheric Environment

AD2) 대기건식침적량 평가방법의 비교

Comparison of Evaluation Methodologies of Atmospheric Dry Deposition Flux

정장표 · 이승호 · 장남익[1)]
경성대학교 환경공학과 대기오염연구실, [1)]영산강 수질 검사소

1. 서 론

지금까지 대기침적량의 산정에는 크게 대기중의 오염물질 농도와 침적속도를 이용하여 추정하는 방법(atmospheric flux methods)과 대리표면을 이용하여 건성침적량을 직접 측정하는 표면분석 방법(surface analysis methods)이 주로 이용되고 있다. 전자는 대기중 오염물질 농도를 관측 · 분석함으로써 eddy correlation, aerodynamic gradient methods 등의 미기상학적인 방법이 여기에 해당되며 균일하지 못한 표면이나 중력침강이 주가되는 조대입자에 대해 사용이 제한되는 단점이 있다. 이에 반해 대체표면을 사용하는 방법은 일반적으로 시료채취 및 분석과정에 있어서 통제가 용이하기 때문에 현재 광범위하게 널리 사용되고 있다.

또한 침적속도는 산정방법은 침적량을 실측하여 침적량과 농도와의 관계에서 침적속도를 산정하는 방법과 침적속도 산정모델을 이용하여 추정하는 방법이 있다. 이에 본 연구에서는 건성침적량 평가를 위한 기존의 다양한 방법론에 대한 비교 · 평가를 위해 CPRI(coarse particle rotary impactor) 측정치에 Weibull 분포함수를 적용하여 산정한 입경별 오염물질 농도와 Sehmel-Hodgson model을 적용하여 산정한 입경별 침적속도를 이용하여 다양한 방법으로 침적량을 산정하였고, 이를 DDP로 실측한 침적량과 비교하여 침적추정량에 대한 검증을 행하였다.

2. 실험 및 분석방법

시료채취위치는 전라남도 순천시 송광면에 위치한 국립환경연구원 영산강수질검사소 건물 옥상으로 주위가 산으로 둘러싸여 있으며, 서쪽으로는 주암호가 위치하고 있으며, 시료포집기간은 1999년 7월부터 2000년 3월까지 비가 오지 않는 날을 기준으로 낮과 밤을 구분하여 DDP(dry deposition plate), CPRI(coarse particle rotary impactor)의 자료를 측정하였다.

측정된 DDP와 CPRI의 각 단의 자료는 mass 및 7개(Cd, Pb, Cr, Ni, Cu, Zn, Fe)의 중금속 분석을 수행하였으며, CPRI의 입경별 자료를 Weibull 분포함수에 적용시켜 미세입경 영역도 보간하였다.

또한 침적량의 추정방법으로는 mass 및 각 중금속 별로

1) R50%에 해당되는 입경(중앙경)과 이 중앙경에 대한 V_d를 이용하여 침적량 산정
2) CPRI 각 4단 전체농도와 입경별 V_d를 산술평균한 평균 V_d값을 이용하여 침적량 산정
3) CPRI의 각단의 농도와 각단의 V_d를 구분하여 부분침적량을 구하고 이것을 합산하여 산정
4) 2)번의 계산항목에 미세입자 영역(< 6.5㎛)의 농도와 V_d를 포함시켜 침적량 산정
5) 3)번의 계산항목에 미세입자 영역의 농도와 V_d를 포함시켜 침적량 산정

으로 5가지의 방법을 이용하여 계산하여 각 방법에 대한 비교 · 평가를 행하였다.

3. 결과 및 고찰

CPRI로 측정한 조대입자농도 등과 Sehmel-Hodgson 모델에서 추정한 침적속도를 적용하여 몇가지 Case로 구분하여 침적량 산정 후 DDP실측자료와 적합도를 비교하였다. CPRI 4단의 농도와 각 4단의 V_d를 이용하여 각 단별 부분침적량을 산정하고 이것을 모두 합하여 전체침적량을 추정한 경우는 DDP 측정치의 65%수준으로 실제 측정치보다 과소 평가되는 경향을 보였고, CPRI 4단 V_d를 산술평균한 하나의 평균 V_d 값과 CPRI 전체농도의 값으로 산정한 침적량은 116.8%로 과대평가 되는 경향을 보였다.

Weibull 분포함수로부터 추정한 농도값이 50% 누적치가 되는 입경(MMD; Mass Median Diameter)의 V_d와 총입자농도를 적용한 침적량은 실측치의 5.0%로 매우 낮게 평가되었다. 또한 CPRI 측정범위 이하 값인 6.5㎛이하 입자에 대한 농도를 Weibull 분포함수로 추정하여 산정한 침적량은 약 3%정도의

침적량 상승효과가 있었다.

중금속의 침적량 추정은 CPRI 측정값과 Weibull 분포함수를 적용하여 산정한 농도에 Sehmel-Hodgson 모델의 침적속도(V_d)를 적용한 침적량을 DDP 실측치와 비교·평가 하였다.

Sehmel-Hodgson 모델에서 산정한 V_d를 적용한 경우 CPRI의 농도와 각 단의 산술평균 V_d를 적용하여 추정한 침적량이 Zn 70.37, Pb 77.89, Cu 91.57, Ni 59.67%로 실측치와 가장 근접된 것으로 나타났으며 CPRI 농도에 6.5㎛ 이하 농도를 포함시킨 농도와 Weibull 분포함수를 적용하여 총 농도를 산정하여 침적량을 추정한 결과는 Zn 24.92 ,26.98% Pb 43.69, 28.95% Cu 33.09, 27.97% Ni 18.98, 16.07%로 DDP 실측치 보다 과소 평가 되었고, 6.5㎛ 이하의 침적량 추정은 1~2%로 정도로 낮게 나타났다.

농도의 중앙값에 해당되는 입경의 침적속도를 적용한 R50의 경우는 Zn 1.91, Pb 1.72, Cu 3.03, Ni 1.12%로 실측 침적량의 약 2~3% 정도에 지나지 않았다.

이상의 결과에서 보는 바와 같이 산술평균 침적속도와 CPRI나 Weibull 분포함수의 각 입경 단계별 침적속도로 추정한 침적량이 실측치에 근접하였고 특히, 본 연구에서는 Weibull 분포함수를 적용하여 입경별 농도와 침적속도를 4단계로 구분하였으나 이를 더욱 세분화하여 부분 침적량을 산정하고 이것을 합하여 전체 침적량을 추정한다면 실측치에 더 근접할 것으로 판단된다.

Table 1. Pecentage of mass dry deposition fluxes estimated by various methodology to average flux of measured matching DDP data (%)

		R50% [a]	CPRI [b] Avg.V_d	CPRI [c]	6.5 〈dp [d] +CPRI	6.5 〈dp [e] +CPRI Avg.
Aug.	day	2.244	39.713	28.369	28.970	40.314
	night	3.367	64.874	31.914	32.913	65.873
	Avg.	2.624	49.484	27.010	27.753	50.227
Sep.	day	2.258	55.015	34.317	34.914	55.613
	night	2.593	67.731	0.000	1.380	69.111
	Avg.	2.399	54.602	11.839	12.756	55.519
Oct.	day	4.303	134.856	119.006	119.585	135.435
	night	9.483	220.462	82.466	85.972	223.968
	Avg.	5.317	136.769	76.137	77.131	137.762
Nov.	day	14.001	413.355	337.816	338.474	414.012
	night	12.693	282.684	129.445	133.234	286.473
	Avg.	12.694	341.442	177.240	178.777	342.979
Dec.	day	1.700	49.582	45.821	46.405	50.166
	night	4.681	123.318	65.869	77.163	134.613
	Avg.	2.927	80.635	50.218	53.643	84.060
Jan.	day	1.072	38.408	13.022	13.601	38.988
	night	3.974	56.945	33.719	34.746	57.971
	Avg.	3.392	76.427	34.890	36.134	77.671
Feb.	day	2.289	48.011	34.787	35.151	48.374
	night	1.226	35.928	30.915	33.541	38.554
	Avg.	2.765	62.385	35.536	36.712	63.562
Mar.	day	1.047	39.971	29.051	29.295	40.215
	night	7.422	130.568	96.354	98.523	132.737
	Avg.	4.207	106.911	75.549	76.713	108.074
Total	day	3.614192	102.3637	80.27363	80.79946	102.8896
	night	5.67986	122.8137	58.8352	62.18394	126.1625
	Avg.	5.077373	116.8492	65.08807	67.61347	119.3745

a : Flux from V_d vs total particle conc. by using V_d of particle size of 50% accumulated value of Weibull distribution function.
b : Flux calculated by using mean V_d of each four stage and each four stage conc.
c : Sum of each four stage flux by using V_d estimated from Sehmel-Hodgson model and measured conc.
d : Sum of c and flux of deposition of particle diameter using weibull distribution function.
e : Sum of b and flux of deposition less than 6.5 ㎛ using weibull distribution function.

참 고 문 헌

김상헌. (1996) Characterization of dry deposition in Pusan area. 경성대학교 환경공학과 석사학위논문

이은영,(1998) "서울시 입자상 물질의 건성침적량 특성에 관한 연구" , 이화여자대학교 석사학위 논문.

이승훈, 정장표, 이승묵, 신찬기, 장남익, 장영환,(1999) Weill 분포함수를 이용한 CPRI 성능평가, 한국대기환경학회 1999 추계학술대회 논문집. pp.135-136

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.

Yi, S. M. (1995.) Development and Evaluation of a Water Surface to Measure Dry Deposition, Ph.D. diss., Illinois Institute of Technology, Chicago.

Lee W. J.,(1991) "The Determination of Dry Deposition Velocities for Ambient Gases and Particle s" , IIT.

T. M. Holsen and K. E. Noll,(1992) "Dry Deposition of Atmospheric Particles : Application of Current Models to Ambient Data" , Environmental Science & Technology, Vol. 26, pp 1807~1815.

Jakkris S.,(1997) " Dry Deposition Velocities and Source Apportionment of Elements Using Data Collected Around Lake Michgan." Submitted for the degree of Doctor of Philosophy in Environmental Engineering in the Graduate College of the Illinois Intitute of Technology.

U.S. EPA(1994), "First Report to Congress on Deposition of Air Pollutants to the Great Waters", EPA-453/R-93-055,

U.S. EPA,(1997)"Deposition of Air Pollutants to the Great Waters", Second Report to Congress, EPA-453/R-97-011.

Cheong, J.P., Shin, H. M., Kim, S. H., and Lee, S. K., "The Impacts of Dry Deposition on the Environment of Hoidong Reservoir" , Enviorn. Eng. Vol, No. 2, pp89-98, 1996.