

## MA18) Weibull 분포함수를 이용한 CPRI의 성능평가 Performance Evaluation of CPRI using Weibull Distribution Function

이승훈·정장표·이승득<sup>1)</sup>·신찬기<sup>2)</sup>·장남익<sup>3)</sup>·장영환<sup>3)</sup>

경성대학교 환경공학과, <sup>1)</sup>이화여자대학교 환경공학과, <sup>3)</sup>국립환경연구원 대기물공학과

<sup>4)</sup>영산강 수질검사소

### 1. 서론

대기 침적은 대기중으로 방출된 오염물질의 제거기작으로 널리 알려져 있으며, 대기로부터 자연계의 표면에 침적되는 대기중의 유해물질들이 환경계에 미치는 영향과 그들의 이동을 조절하는 중요한 기작의 하나이다. 그러나 건식 침적의 경우 공간 및 시간적 변화가 크고 침적되는 표면과 대기 사이의 상호반응이 침적되는 물질의 양에 커다란 영향을 미칠수 있기 때문에 그 측정이 상당히 어렵고 또한 시료 채취시 세심한 주의와 축적된 경험을 요구한다. 최근 개발된 CPRI(Coarse Particle Rotary Impactor)는 기존의 채취기에서 채취하지 못한 조대입자를 채취하는데 적합한 기기로서, 입자상 오염물질의 입경별 농도분포 특성을 나타내는 것을 가능하게 하였다.

최근의 연구에 의하면 총 건식침적량의 90%이상인 10 $\mu$ m 이상 조대입자의 침적에 좌우된다고 보고하고 있으며, 조대입자의 영역에서도 입경분포별로 세분하여 것이 건식 침적을 이해 하는데 더 적합하다고 보고되고 있다.

이에 본 연구에서는 CPRI로 채취된 조대입자 시료를 Weibull분포함수에 적용시켜 분진의 입경분포를 산정하였다. 그리고 실측된 PM<sub>2.5</sub> 자료로써 산정된 분포함수의 적합성을 검증하여 CPRI의 성능이 우수함을 확인하였다.

### 2. 실험 및 방법

#### 2.1 CPRI

CPRI는 기존의 채취기에서 측정하지 못한 조대입자를 채취하는데 적합한 기기로서, 4개의 서로다른 크기를 가진 직사각형의 채취면을 공기 중에서 동시에 회전시키면서 조대입자를 채취하는 단단식 회전관성 충돌장치이다. 각 스테이지는 그리스가 코팅된 마일라 세편이 놓여 있고 각각 1.2, 3.1, 10.3, 10.3cm<sup>2</sup>의 채취면적을 가지고 있다. 마일라 세편은 시료채취 전과 후에 무게를 측정하여 질량농도를 산정한다. 본 연구에서는 CPRI를 320rpm으로 작동시켜 A~D 스테이지에 대해 각각 6.5, 11.5, 24.7, 36.5 $\mu$ m의 이론적 공기역학경을 얻었다. 특히 입경 6.5 $\mu$ m보다 큰 입자를 채취하는 A 스테이지를 사용하여 전체 거대입자의 농도를 결정한다. 각 스테이지가 채취한 대기의 체적은 노출표면적, 평균회전거리, 회전속도 및 채취시간을 곱하여 아래의 식 (1)과 같이 산정한다. (이은영, 1999)

$$M_i = \frac{m_i}{A \cdot 2\pi \cdot L \cdot RPM \cdot t} \quad \text{식 (1)}$$

#### 2.2 Weibull 분포함수(이승훈, 정장표, 차명수, 신찬기, 1995)

Weibull 분포의 확률밀도함수는 다음의 식(2)와 같이 표시된다.(Paul M. Berthouex, Linfield C. Brown, 1994)

$$f(x) = \lambda \cdot \beta \cdot x^{\beta-1} \exp\{-\lambda x^\beta\}, x \geq 0 \quad \text{식 (2)}$$

여기서  $\lambda$ 는 척도모수이며,  $\beta$ 는 형상모수으로써,  $\lambda$ 값이 클수록 동일한 누적도수에 대한 농도가 작아지므로 적은 농도가 상대적으로 많이 존재하게 되며,  $\beta$ 값은 농도분포범위에 관계되는 모수으로써, 이 값이 클수록 일정 범위의 농도사이에 존재하는 빈도가 많음을 의미한다. 또한 식 (2)의 누적분포함수는 다음 식 (3)과 같다.

$$F(x) = \int_0^x \lambda \beta y^{\beta-1} \exp\{-\lambda x^\beta\} dy = 1 - \exp\{-\lambda x^\beta\} \quad \text{식 (3)}$$

이 때 모수  $\lambda$ ,  $\beta$  는 식 (3)을 선형화 시킨 아래 식 (4)에서 해당  $F(x)$ 와  $\ln x$  와의 관계자료를 최소자승법을 이용해 구해낼 수 있다.

$$\ln \ln \left\{ \frac{1}{1-F(x)} \right\} = \ln \lambda + \beta \ln x \quad \text{식 (4)}$$

### 3. 결과 및 고찰

Weibull분포함수에서 최소자승법으로  $\beta$  와  $\lambda$  값을 산정한 결과를 표 1에 나타내었으며, 이 때의  $r^2$  값은 0.897~0.996으로 나타나 높은 상관도를 나타내었다. 또한 실측된  $PM_{2.5}$  농도와 본 예측모형치로부터 산정한  $PM_{2.5}$  농도값의 비교를 통해서도 조대입자를 입경분포별로 채취할 수 있는 CPRI의 성능의 우수성을 확인할 수 있는 하나의 방안이 될 수 있었다. (장영환, 1999), (정장표, 1993)

Table 1. Values of parameters in CPRI Concentration distribution function.

Date	$R^2$	Weibull parameter	
		$\beta$	$\lambda$
99/6/14(d)	0.954	0.930	2.306
99/6/30(d)	0.984	0.827	2.815
99/6/30(d)	0.956	0.676	1.715
99/8/11(d)	0.996	1.016	2.736
99/8/11(n)	0.966	0.951	2.109
99/8/17(d)	0.962	1.244	4.629
99/8/17(n)	0.958	1.489	8.133
99/8/31(n)	0.996	2.446	36.660
99/9/1(d)	0.897	0.858	1.612
99/9/2(d)	0.909	0.772	1.434
99/9/2(n)	0.966	1.265	3.796

### 참 고 문 헌

- 이승훈, 정장표, 차명수, 신찬기(1995), 통계적 방법에 의한 부산시 부유분진의 기준치 달성확률산정, 대한환경공학회 추계학술발표대회.
- 이은영(1999), 「서울시 입자상 물질의 건식침적량 특성에 관한 연구」, 이화여자대학교 대학원 석사학위논문.
- 장영환(1999), 「거제도 배경농도 측정지역의 산성 에어로졸 및  $PM_{2.5}$ 의 특성」, 경성대학교 환경공학과 대학원 석사학위논문.
- 정장표(1993), 「부산시 부유분진의 특성과 오염원 기여도에 관한 연구」, 서울대학교 토목공학과 박사학위논문.
- Paul M. Berthouex, Linfield C. Brown(1994), 「Statistics for Environmental Engineers」, LEWIS Publishers.