

## A-4 초음파풍속온도계로 측정된 건성침착속도의 계절 변화 특징

### Seasonal variations of dry deposition velocity using sonic anemometer-thermometer

박세영 · 이종범 · 조창래

강원대학교 자연과학대학 환경학과

#### 1. 서론

산성강하물 중에서 건조한 상태로 지상으로 강하하는 양은 산성우에 의한 강하량에 버금갈 정도로 많은 양이다(Clark, 1989). 그러나 건성강하량은 대기의 난류 강도와 지표면 상태 등에 의존하므로 지역에 따라 매우 다른 특징을 나타낸다. 우리나라와 같이 지형이 복잡하고 계절 변화가 뚜렷한 지역에서는 이러한 변화가 현저할 것으로 생각된다. 따라서 오랜 기간 동안 난류 파라미터를 직접 측정하여 계절에 따른 토지이용도를 고려한 건성침착속도를 산출하는 것은 매우 중요하다.

건성침착량을 측정하는 방법에는 두 층에서 측정한 풍속, 기온자료로부터 난류 수송량을 구하는 경도법(gradient method)과, 보다 직접적인 방법으로서 감응속도가 빠른 측기를 이용하여 난류 수송량을 직접 구하는 와상관법(eddy correlation method)이 있다.

본 연구에서는 기상탑을 설치하여 두 고도에서의 풍속, 기온자료를 측정하고 이로부터 flux gradient relationship을 이용하여 추정된 난류 파라미터로부터 침착속도( $V_d$ )를 산출하고, 초음파풍속온도계를 이용하여 측정한 난류 파라미터로부터  $V_d$ 를 산출하여 1년간 연속적인 측정자료를 분석하여  $V_d$ 값의 계절 변화 특징을 비교하였다.

#### 2. 연구방법

##### 2.1 측정방법

측정은 (이종범 등, 1996) 방법을 따랐으며 개요를 간단히 기술하면 다음과 같다.

기상탑에서 측정되는 자료는 2.5m와 10m에서 기온과 풍속 그리고 일사량을 측정하였고 sampling time은 1초이고 평균화시간을 10분으로 하여 저장하였고, 1996년 4월부터는 두 층의 기온차(temperature gradient) 측정에 따른 오차를 감소하기 위하여 아래층의 기온을 1m 지점에서 측정하였다. 한편 기상탑의 5m 지점에 설치한 초음파풍속온도계로부터 10Hz로 측정되는 3방향의 풍속성분 및 온도로부터 heat flux, 마찰속도( $u_*$ ), Monin-Obukhov 길이( $L$ )를 매 10분마다 계산하여 노트북컴퓨터에 저장되도록 하였다.

본 연구에서는 1995년 12월 1일부터 1996년 8월 31일 까지 9개월간 측정된 자료를 이용하였고, 95년 12월 1일 - 96년 2월 29일 기간을 겨울, 96년 3월 1일 - 5월 31일 기간을 봄, 96년 6월 1일 - 8월 31일 기간을 여름으로 설정하였다.

##### 2.2 건성침착속도 계산

오염 물질의 건성침착속도를 계산하기 위해서는 세가지 저항값이 필요하다. 첫번째는 난류층 상부에서 준층류 표면층까지 난류 확산에 의한 공기역학적 저항( $R_a$ )이며, 두번째는 준층류 표면층에서 지표면까지 분자 확산에 의한 점성층 저항( $R_b$ )이며, 마지막으로 지표면의 물리적 성질에 의한 지표층 저항( $R_c$ )이 있다. 건성침착속도의 계산은 위의 세가지 저항값들의 합에 대한 역수로 구하게 된다 (Wesely and Hicks, 1977 ; Wesely, 1989 ).

#### 3. 결과 및 고찰

1995년 12월 1일 부터 1996년 8월 31일 까지 기상탑에서 3배형 풍속계와 thermister로 풍속과 기온을 측정하여 난류자료(이하 기상탑 자료)를 추정하고 초음파풍속온도계로 측정된 난류자료(이하 초음파

료)로부터  $V_d$ 를 각각 산출하여 연속적인 측정자료를 분석하여  $V_d$ 의 계절 변화 특징을 비교하였다.

표 1은 기상탑 자료와 초음파 자료로 부터 산출된  $V_d$ 를 월별로 나타낸 것이다. 초음파 자료에서 계절별  $V_d$ 값을 살펴보면 겨울은  $0.33\text{cmsec}^{-1}$ , 봄은  $1.07\text{cmsec}^{-1}$ , 여름은  $1.10\text{cmsec}^{-1}$ 로서 여름의  $V_d$ 값이 가장크고 봄, 겨울 순으로 값이 작아지는 것으로 나타났다. 한편 거칠기길이(roughness length,  $z_0$ )는 난류층에서의 공기역학적저항에 크게 관여하는 요소로 계절별 roughness length( $z_0$ )값을 살펴보면 여름이  $0.15\text{m}$ 로 봄, 겨울에 비해 현저히 크게 나타났다.

그림 1 부터 그림 3은 두 자료로 부터 산출한 계절별  $V_d$ 값을 나타낸 것이다. 여름철과 봄철의 상관계수( $r$ )는 각각 0.90, 0.89로 겨울에 비하여 좋은 상관성을 나타내고 있으며 겨울철의  $V_d$ 값은  $0.4 - 0.6\text{cmsec}^{-1}$ 의 범위에서는 대체로 잘 일치하는 것으로 나타났다.

#### 참고문헌

이종범, 김정식, 김용국, 조창래 (1996) '96 한국대기보전학회 춘계학술대회 요지집, p147-p148.

Wesely, M.L. and B.B. Hicks (1977) Some factors that affect the deposition rates of sulfur dioxide and similar gases on vegetation, J. Air Pollut. Control Ass. 27, 1110-1116.

Wesely, M.L. (1989) Parameterization of surface resistances to gaseous dry deposition in regional-scale numerical models, Atmospheric Environment, 23, 1293-1304.

Table 1. Monthly variation of tower  $V_d$ , sonic  $V_d$  and roughness length( $z_0$ ).

Month	Tower $V_d$ ( $\text{cm} \cdot \text{sec}^{-1}$ )	Sonic $V_d$ ( $\text{cm} \cdot \text{sec}^{-1}$ )	$z_0$ (m)
Dec.	0.33	0.32	0.05
Jan.	0.37	0.35	0.04
Feb.	0.34	0.33	0.03
Avg.	0.35	0.33	0.04
Mar.	0.98	0.94	0.02
Apr.	1.36	1.33	0.03
May.	0.96	0.93	0.03
Avg.	1.10	1.07	0.03
Jun.	1.14	1.05	0.11
Jul.	1.38	1.19	0.17
Aug.	1.19	1.07	0.18
Avg.	1.24	1.10	0.15

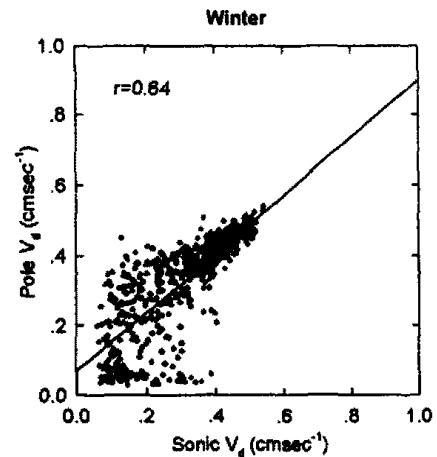


Fig. 1. Plot of hourly  $V_d$  calculated from mean meteorological data(Pole) and turbulence data (Sonic) observed during Dec., 1995 - Feb., 1996.

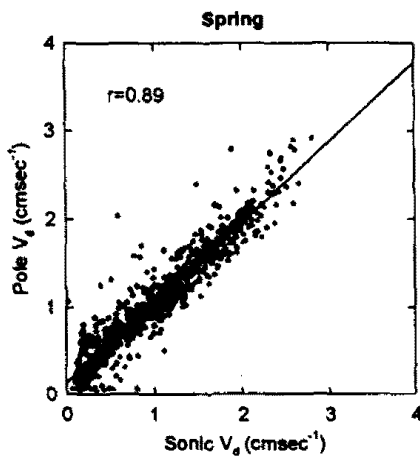


Fig. 2. Plot of hourly  $V_d$  calculated from mean meteorological data(Pole) and turbulence data (Sonic) observed during Mar., 1996 - May., 1996.

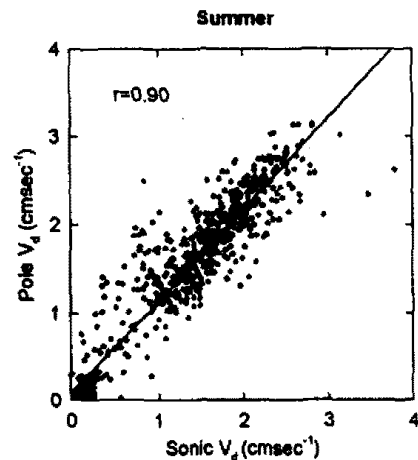


Fig. 3. Plot of hourly  $V_d$  calculated from mean meteorological data(Pole) and turbulence data (Sonic) observed during Jun., 1996 - Aug., 1996.