

大氣安定度와 地形條件에 따른 風向變動幅의 特性

金 龍 國 · 李 鍾 範
(江原大學校 環境學科)

현재 대기오염 예측을위한 확산모델로서 Gaussian plume 모델이 널리 쓰이고 있으나 계산결과는 기상조건 및 지역에 따라 오차가 크게 나타난다. 이러한 오차의 주 요인중의 하나는 plume의 수평확산폭(σ_y) 및 연직확산폭(σ_z)이므로 모델의 결과를 향상시키기 위하여서는 이들을 정확히 산출할 필요가 있다.

σ_y 및 σ_z 를 산출하는 방법은 대기안정도 및 풍하거리의 함수로부터 Pasquill-Gifford(P-G) scheme에 의하여 계산하는 방법(Turner, 1970)과 풍향의 변동성분을 직접 이용하는 방법(Hanna et al., 1977; Irwin, 1983)으로 크게 구분할 수 있다. 현재 사용되는 Gaussian 확산모델에서는 전자의 방법으로부터 σ_y 및 σ_z 를 계산하는 것이 대부분이며 이 경우 대기안정도는 Pasquill 안정도계급을 사용한다. 그러나, Pasquill 안정도계급은 풍속과 일사량, 운량자료 만으로 대기안정도를 구하므로 실용적으로 간단한 장점이 있으나 실제의 대기안정도와 큰 차이를 보이는 경우가 많으므로(이와 김, 1990) Pasquill 안정도계급을 이용하여 산출되는 σ_y 및 σ_z 도 오차가 크게 나타날 수 있다. 또한, 강안정 상태하에서 σ_y 는 일반적으로 Gaussian plume 모델에서 취하고 있는 값보다 2-6배 크게 나타날 수 있으므로 이 경우 모델에 의하여 계산되는 plume 중심축에서의 농도는 과대평가되고(Hanna, 1983) 그 주 요인중의 하나로서 20분 정도 이상의 주기를 가진 풍향의 meandering을 들 수 있다(Lee et al., 1991).

한편, σ_y 는 다음과 같은 관계식으로부터 구할 수 있다.

$$\sigma_y = \tan \sigma_\theta \times F_y(x)$$

여기서 σ_θ 는 풍향변동의 표준편차이며 x 는 풍하거리, $F_y(x)$ 는 확산실험으로부터 결정되는 무차원 함수이다. 따라서 σ_θ 를 추정함으로써 σ_y 를 구할 수 있다. σ_θ 의 측정이 곤란할 경우 Table 1과 같은 대기안정도와 관계로부터 σ_θ 를 이용하기도 한다(The Nuclear Regulatory Commission, 1979).

Table 1. Standard deviation of wind direction fluctuation as related to Pasquill-Gifford stability.

Pasquill-Gifford stability class	Unstable				Stable	
	A	B	C	D	E	F
σ_θ (deg)	> 22.5	17.5-22.5	12.5-17.5	7.5-12.5	3.8-7.5	< 3.8

Table 1에서 σ_θ 는 대기상태가 불안정한 경우 가장 크게 나타나며 안정할 수록 작아짐을 보인다. 이 경우는 plume의 meandering 영향이 없는 작은 규모의 대기난류만이 존재하는 지형에서 대표되는 σ_θ 라 할 수 있다. 그러나, Etling(1990) 등은 일반적으로 미풍이면서 강안정한 대기상태의 경우 internal gravity wave, vortices 등에 기인되어 5분 - 20분 정도의 주기를 가진 plume의 meandering이 발생함을 밝혔으며, Hanna(1983)는 어느 지역에서든 mesoscale eddy나 meandering이 발생함 수 있음을 강조하였다. 따라서, 특히 대기상태가 강안정인 경우에는 σ_θ 가 크게 증가하게 되고(Lee et al., 1991), 우리나라와 같이 평탄지가 좁고 구릉 또는 산악이 많은 경우 Table 1에 제시한 σ_θ 를 적용하는 것은 무리가 있다.

본 연구에서는 지형의 특징이 서로 다른 3개 지역으로부터 측정된 기상탑 자료를 이용하여

- 1) 지형요인에 따른 σ_θ 의 차이와
- 2) 안정도 및 풍속에 따른 변동 특성,
- 3) sampling time에 따른 σ_θ 의 특징 등을 분석하였다.

측정은 비교적 평탄한 지형인 서해상의 영종도 해변가와 춘천분지 내의 농경지, 대관령 주변의 계곡 등 3지점에 기상탑을 설치하여 자동기상측정장치에 의하여 매 시간별 기상자료를 수록하였다.

대기상태가 중립일 경우의 σ_θ 를 지역별로 분석한 결과 지형이 복잡할 수록 σ_θ 는 현저히 커짐을 보였다. 일반적으로 강안정이면서 미풍인 경우 σ_θ 는 가장 큰 변동을 보였으며 대기상태가 중립인 경우 가장 작은 값을 나타냈다. 한편, 분지인 춘천지역에서 측정된 기상탑 자료의 특징을 살펴보면 sampling time이 길어질수록, 그리고 안정으로 향할수록 σ_θ 는 커지게 되며 특히, 강안정인 경우에 meandering에 의한 장주기 풍향변동으로 σ_θ 의 분산이 크게 나타났다.

참 고 문 헌

1. Etling, D. (1990) On plume meandering under stable stratification. Atmospheric Environment, 24A, 1979-1985.
2. Hanna, S. R. (1983) Lateral turbulence intensity and plume meandering during stable conditions. J. clim. appl. Met., 22, 1424-1431.
3. Lee, C. B. and Y. G. Kim (1990) Evaluation of Pasquill stability class with Monin-Obukhov Length and estimation scheme of stability parameter. J. Korea Air Pollution Res. Assoc., 6, 168-175.
4. Lee, C. B., Y. G. Kim and T. Hanafusa (1991) Relationships between atmospheric stability parameters and fluctuation of wind direction. Proc. 2nd IUAPPA Regional Conference on Air Pollution, Seoul, Korea., 2, 319-327.