

# K-1 대류 경계층에 방출된 오염물질의 연직 방향 농도 분포

## Vertical concentration distribution of pollutant emitted into the convective boundary layer

박옥현 · 최성남  
부산대학교 환경공학과

### I. 서론

특정 배출원으로부터 대기중으로 방출된 오염물질의 풍하측 농도 예측에 흔히 사용되는 Gaussian 확산모델은 평탄한 지역에서 연의 수평 및 연직 방향 농도 분포가 정규적이라는 가정을 기본으로 하고 있다. 수평방향의 연의 분포가 정규적이라는 가정의 타당성은 여러 연구자들에 의해 조사되어 받아들일 수 있는 것으로 확인되었으나, 연직 방향 분포에 대해서는 많은 연구들에서 그 비정규성이 보고되어 왔다. 연직 방향 농도 분포의 비 정규성은 주로 지표면 반사 및 난류 혼합에 기인한다. 정규연 확산모델에 의해 연직방향 농도 분포가 제대로 모의되지 못하는 것은 실제 대기중에서 풍속 및 연직 방향 열 및 운동량 flux가 시·공간적으로 변화하고 특히 이들이 고도에 따라 변화하는 것을 적절히 반영하지 않은 채 전 plume 단면에 걸쳐 일정한 값으로 가정한데도 부분적으로 기인한다.

본 연구에서는 연직 방향 열 flux가 확연히 존재하여, 이들의 분포가 고도에 따라 변화하는 대류 경계층으로 방출된 오염물질의 연직 방향 농도분포를 조사해 보았다.

### II. 실험장치 및 방법

본 연구에서는 실제 대기에서의 대류 경계층을 모의하기위해 대류 수조를 사용하였다. 대류 수조는 114×124×76cm의 직육면체 구조를 가진다. 수조에 40cm 깊이로 물을 채운후 스티로폼을 덮고 상부에 수조내의 물보다 높은 온도의 온수를 공급하여 상부역전층을 형성한 후 바닥의 저판수조에 온수를 공급하여 수조내를 대류상태로 만들었다. 이렇게 모의된 대류 수조내로 주사기를 통해서 트레이서(tracer, diethylphthalate와 mesithylen oil 및 백색 paint를 대류 경계층의 물과 비중이 같아 지도록 혼합한 것)를 방출하고 시간 경과에 따른 입자의 위치를 사진 촬영하여 농도를 파악하였다. 이렇게 파악된 입자의 농도를 무차원 비과시간 및 무차원 고도에 따라 나타내고 고찰하였다.

### III. 결과

실험실 규모로 모의된 대류 경계층으로 방출된 오염물질의 연직 방향 농도 분포를 조사해 보기 위하여 수행된 본 연구의 결과는 다음과 같이 요약된다.

1) 횡 방향 적산 무차원 농도의 연직 방향 분포에 관한 정규분포성을 평가해 보기위해 의도(skewness) 및 첨도(kurtosis) 값을 구했다. 연직 방향 농도 분포의 질량 중심값을 plume의 평균고도 값으로 사용해 구한 의도 값은 -1과 +1사이의 값을 나타내고 있으며, 무차원 방출고도 및 무차원 풍하거리에 따른 변동을 나타내지는 않았다.

미소한 차이이긴 하지만 의도값은 방출초기 (+)에서 무차원 거리가 증가함에 따라 하며 (-)를 나타내어 방출초기에는 오염물질이 하부쪽에, 비과시간이 경과하면 상부쪽으로 편위됨을 나타내었다.

연직 방향 농도 분포에 대한 첨도 값은 대부분의 무차원거리  $X(= \frac{x}{U} * \frac{w^*}{z_i})$ , 여기서  $x/U$  ; 비과시간,  $w^*$  ; 대류속도,  $z_i$  ; 혼합고)에서 1~3 사이에 걸쳐 있어 정규분포형보다는 다소 뾰족한 농도 분포를 하고 있음을 확인했다.

2) 연직 방향 물질 전달 계수와 풍속의 고도에 따른 분포를 고려하여 입식된 비정규 분포모델을 대류수조에서 얻어진 실험결과에 적용하였다.  $K_{zz}=bz^n$  처럼 물질전달계수의 연직 방향 변화만을 고려해 비정규 농도 분포 모델을 적용한 결과 이 식은 단면 중심축의 높이가 변화하는 거리( $X < 1.28$ )이하에선 적용하

기 곤란하였으며, 이 이상의 무차원 풍하거리에선 실험결과와 양호한 일치를 나타내었다.

3) Looping이 있는 풍하 근거리에서 정규연 확산식의 적용 가능성을 검토해 보기위해 plume의 중심축 높이를 유효 연돌고로 사용하고, van Ulden의 식에서 분포 형상지수  $s$ 를 구한 값은 평균 2.25 정도의 값을 나타내었다. 이는 유효연돌고로 plume의 중심축 고도를 취하면 연직 방향 오염물질 분포를 지표면에서의 반사항이 포함된 정규 확산식으로 표현할 수 있음을 시사하는 것 같다.

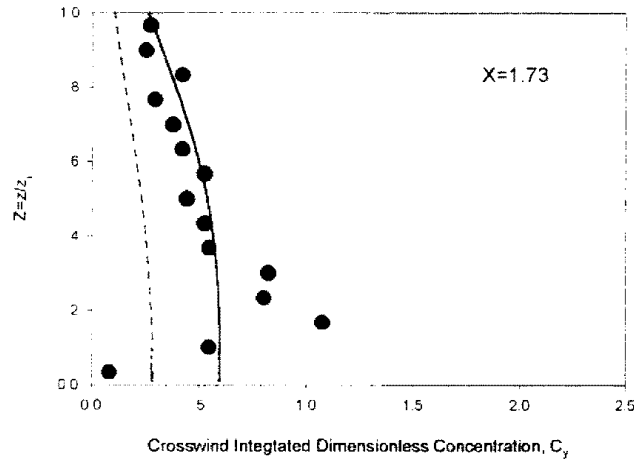


Fig.1 Comparison of the vertical concentration distribution with the results of Gaussian and non-Gaussian model at  $X=1.73$ .

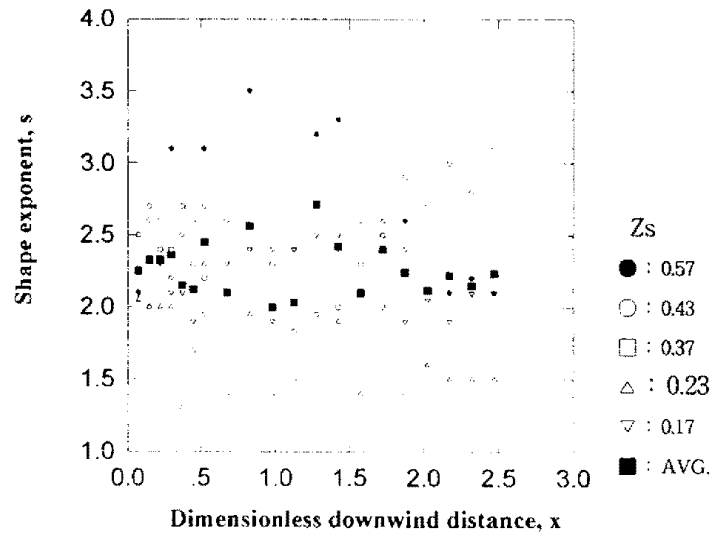


Fig.2 Variation of shape exponent with dimensionless downwind distance.