

## 2A4) 대기확산모델의 기상전처리과정의 타당성 평가 Meteorological Preprocessor Validation of Atmospheric Dispersion Model

김미숙 · 주철균 · 이증협  
서울대학교 BK21 응용화학부

### 1. 서 론

한국 환경부가 지원하는 대기오염확산모델 SKYi는 통합환경관리의 일환으로서 대기오염배출규제강화와 비례 대기질의 예측뿐만 아니라 환경관리의 입법적인 수행을 목적으로 개발 중에 있다. SKYi는 기상과 배출 그리고 지형에 대한 전처리과정의 서브프로그램과 연결되는데, 본 연구는 기상전처리과정의 모듈 SKYME 개발에 중점을 둔다. 이는 기상전처리모델에서 산출된 혼합고도와 같은 기상인자가 대기오염확산의 물리적인 특성으로서 효율적인 대기오염농도예측에 중요한 역할을 하기 때문이다. 본 연구는 SKYME에 이용된 공식의 타당성을 평가하기 위해서 기존에 상용되고 있는 미국 EPA의 PCRAMMET의 결과와 비교 검토하였다.

### 2. 연구 방식

기상전처리모델 SKYME에서의 혼합고도는 측정 자료를 이용하는 PCRAMMET과는 달리 Seibert et al (2000)에서 요약된 공식을 바탕으로 한 계산식이다. PCRAMMET은 지난 20 여 년 동안 대기오염규제강화를 목적으로 세계 여러 곳에서 이용되어 왔던 단거리 확산모델 ISCST의 기상전처리과정으로서 우리나라와 같이 혼합고도에 대한 측정 자료가 불충분할 경우 문제가 대두되며 그 대책이 요구된다. SKYME에서의 혼합고도는 지표열플럭스(H), 마찰속도( $u^*$ ), Monin-Obukhov 길이(L), 온도, 등의 함수로 표현된다. 시뮬레이션에 이용된 기상입력자료는 서울시 기상관측자료로 풍향, 풍속, 온도, 압력, 구름의 양, 등이며, 기타 입력된 인자들의 값은 Albedo가 0.3이고 Bowen 비가 0.26 (PCRAMMET의 경우에 적용되며 SKYME에서는 온도와 습도의 함수)으로 계산하였다. surface roughness는 0.1 cm, 그리고 최소 L은 100 cm (인구 백만 이상의 도시의 경우)를 적용하였다. 최소 L값의 민감도에 대한 평가가 2, 10, 그리고 100 m에 대해서 행해졌으며 서울의 경우 100m의 최소 L값을 입력했을 때, 시간에 따른 혼합고도의 완만한 성장을 볼 수 있었다.

### 3. 결과 및 고찰

서울시 기상관측자료와 기타 입력 자료를 이용하여 얻어진 열플럭스와 혼합고도에 대한 결과를 비교하기 위해 기상변수들의 해석이 필요하다. 2002년 8월 30일에서 9월 4일까지 6일 동안 분석된 대기 온도, 풍속, 그리고 구름에 대한 결과 중에서 풍속은 8월 31일부터 증가하기 시작해서 9월 1일에 일년 중 가장 강했으며 같은 날에 100%의 구름의 양과 가장 낮은 일교차(2.5<sup>o</sup>3. K)를 보였다. 나머지 날들은 1~2 m/s의 비풍과 7~10. K의 일교차, 비교적 낮은 구름의 양을 나타냈는데 이중 9월 4일은 가장 구름이 적고 가장 높은 압력과 낮 최고 온도 30.3. K 그리고 1~2 m/s의 비풍이 불었다.

아래 그림 1은 SKYME와 PCRAMMET에서 얻어진 H값의 시간에 따른 변화를 보여주고 있다. 일정한 Bowen비(0.26)를 이용한 PCRAMMET과 온도와 습도의 함수로 계산된 Bowen 비를 이용한 SKYME는 서로 비슷한 H값을 산출하였다. 두 모델 모두 낮 동안 구름으로 인한 H의 값 큰 감소와 밤 동안의 강한 풍속(9월 1일)으로 인한 H값의 변화를 나타냈다. 가장 맑은 기상 조건을 보였던 9월 4일의 경우 낮 동안 SKYME에서 가장 큰 H값을 산출했다.

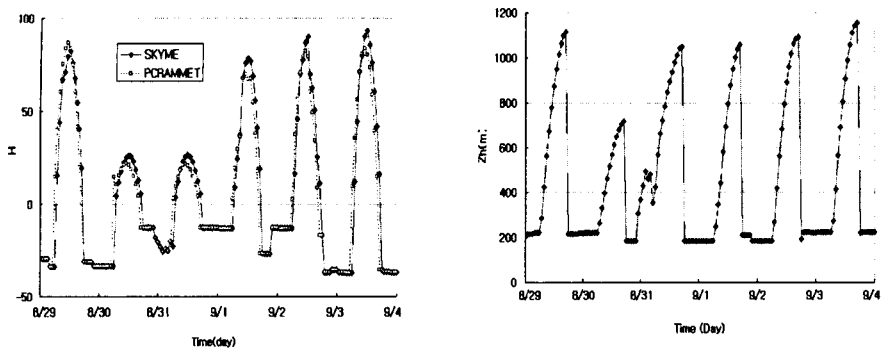


Fig. 1. Surface Heat Flux ( $H$ ,  $W m^{-2}$ ) for 6 days resulted from PCRAMMET(dot-square) and SKYME (solid-diamond) and Mixing Height ( $Z_h$ , m) determined from SKYME.

위의 그림에서 우리는 지표열플럭스와 혼합고도의 상관관계뿐만 아니라 풍속에 의한 영향을 볼 수 있다. 9월 1일의 강한 풍속으로 인한 고도 경계면의 변화는 비교적 약한 풍속을 보인 8월 31일의 고도와 비교할 수 있다. 100%의 구름의 양 때문에 가장 낮은 지표열플럭스값을 보였던 이틀 동안의 계산된 혼합고도는 서로 달랐다. 이는 8월 31일 보다 강한 풍속이 관측되었던 9월 1일에는 mechanical convection에 의한 혼합고도가 free convection과 함께 고려되었기 때문이다. 반면에, 바람이 약하고 구름이 적었던 나머지 나흘 동안에는 대부분이 free convection에 의한 혼합고도가 주로 계산되었다.

그 동안 많은 현대적인 대기확산모델들이 개발되어 이용되고 있지만 아직도 기상전처리과정에 대한 개선이 필요하다 (Caputo et al., 2003). 또한, 서로 다른 지표열플럭스와 마찰속도의 연산은 Monin-Obukhov 길이와 혼합고도 산출에 영향을 미침을 알 수 있었다. 그러므로, 우리 실정에 맞는 기상전처리모델과 연결될 대기오염확산모델의 개발이 적극적으로 추진되어야 할 것이다.

#### 참고 문헌

- Caputo, M., Gimenez, M., and Schlamp, M., Intercomparison of atmospheric dispersion models, *Atmospheric Environment*, 37, 2435-2449, 2003.
- Seibert, P., Beyrich, F., Gryning, S.-E., Joffre, S., Rasmussen, A., and Tercier, P., Review and intercomparison of operational methods for the determination of the mixing height, *Atmospheric Environment*, 34, 1001-1027, 2000.