

CA4) CALPUFF 모델의 특징 및 국내 적용성 검토 A Characteristics of CALPUFF and Its Application in Korea

이임학 · 구윤서¹⁾ · 전의찬²⁾

(주)에니텍, ¹⁾안양대학교 환경공학과, ²⁾동신대학교 환경공학과

1. 서 론

최근의 대기확산 모델링 분야는 모델링 수행에 큰 장애요인이었던 계산속도에 의한 제한요소가 Computer H/W 성능의 향상으로 상당히 제거되면서, 학계의 연구를 통해서 보다 진보된 확산이론을 사용하는 새로운 개념의 모델들이 속속 개발되고 있다. 이 중, 일부 모델들은 2000년도부터 미국 EPA(환경보호청)으로부터 새롭게 추천받고 있는데, 근래 미국 EPA에서 새로이 추천하고 있는 모델로서 ISC3-PRIME, AERMOD, 및 CALPUFF이 있다. ISC3-PRIME은 풍동실험과 실제 대기확산 실험을 통해 건물 주위에서 발생하는 세류현상(building downwash)을 기존의 ISC3보다 정확히 모사할 수 있도록 개선된 모델이다. AERMOD는 고도에 따른 연기확산계수 및 풍속의 변화를 대기경계층 상사이론(similarity theory)을 고려하여 확산모델에 반영하도록 개정된 모델이다. 즉 AERMOD는 ISC3의 가장 큰 단점이었던 대기상태가 공간적으로 균일하다는 가정을 수정·보완한 모델이다.

CALPUFF은 시·공간에 따른 바람장의 변화를 PUFF의 이동으로 나타낼 수 있기 때문에 비정상상태(Unsteady state)를 구현할 수 있는 모델이다. 따라서 유체의 흐름을 정상상태로 가정하여 수행하는 모델인 ISC3-PRIME이나, AERMOD보다 시간에 따른 풍향 및 풍속의 변화를 보다 정확히 확산에 반영할 수 있는 장점이 있으며, 복잡지형에서의 산곡풍이나, 해안가에서의 해륙풍 순환과 같은 급격한 바람장 변화를 나타내는 지역에 유용하게 적용될 수 있는 모델이다. 또한 CALPUFF은 기존의 MESOPUFF에서 고려하지 못했던 해안가에서의 Fumigation 현상 등을 고려할 수 있는 장점을 가지고 있어, 우리나라와 같이 삼면이 바다이고 도시나 공단 등이 해안지역에 다수 위치한 경우, 해륙풍 순환에 영향을 받는 풍하측 농도 예측에 적합한 모델이다. 본 연구에서는 CALPUFF 모델의 이론적 배경과 국내 환경영향평가 및 대기질관리에 적용 가능성에 대하여 검토하고자 한다.

2. 연구 방법

퍼프모델(PUFF model)이란 굴뚝에서 연속적으로 배출되는 연기를 잘게 나누어진 연기덩어리(PUFF)의 형태로 배출된다고 가정하고, 배출된 PUFF들이 3차원 공간 해상도를 갖는 바람장을 따라 이동·확산하면서 수용지점에 미치는 영향을 농도 형태로서 나타내는 모델이다. 배출된 PUFF은 바람장을 따라서 이동하면서, 아래의 확산식에 의하여 PUFF의 크기가 성장한다.

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi \sigma_x \sigma_y} g \exp\left[-\left(\frac{d_a^2}{(2\sigma_x)^2}\right)\right] \exp\left[-\left(\frac{d_c^2}{(2\sigma_y)^2}\right)\right]$$

여기서, g는 PUFF가 지표면 및 혼합층에서 반사되는 항을 나타낸다.

$$g = \frac{2}{(2\pi)^{1/2}} \sum_{i=-\infty}^{\infty} \exp\left[-\left(\frac{H_e + 2ih}{(2\sigma_z)}\right)^2\right]$$

C는 수용점에서 지표농도, Q는 오염물질 배출량, σ_x , σ_y , σ_z 은 확산계수이고, h는 혼합층높이, d_a 및 d_c 는

PUFF 중심으로부터 거리이다. CALPUFF 모델의 대상영역은 수십 m부터 수백 km까지이고, 본 모델을 성공적으로 수행하기 위해서는 정밀한 3차원 바람장 자료가 요구되는데 이를 위해서는 바람장 모델인 MM5 등의 기상 전처리 program이 추가로 요구된다. 기상변화에 따른 모델별 수행능력을 비교해 보고자 정상상태만을 고려할 수 있는 ISC3 모델과 비정상상태를 고려할 수 있는 PUFF 모델을 동일한 입력 조건을 사용하여 계산을 수행한 후 결과를 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

서울 근교에 위치한 대형소각장을 대상으로 ISC3모델과 CALPUFF 모델을 동일한 조건에서 시간에 따른 농도변화를 계산한 결과를 그림1에 나타내었다. Gaussian Plume 모델인 ISC3는 유체의 정상상태만을 고려하는 모델이므로 오염원으로부터의 거리에 관계없이 직선으로 확산하는 반면, 비정상상태 수행 모델인 CALPUFF은 배출원으로부터 이동하는 거리에 따라 확산도가 결정되고, 또한 과거에 배출된 Plume(PUFF)이 현재풍향에 영향을 받아 이동하는 형상을 잘 보여 주고 있다. 이와 같이 CALPUFF 모델은 ISC3보다 실질적으로 오염물질의 확산영향을 계산할 수 있으므로, 앞으로 PUFF 모델에 대한 국내 적용상의 문제점을 검토·보완하면 우리나라 대기환경영향평가 및 대기질관리를 보다 정확하고 실제에 가깝게 수행할수 있으리라 판단된다.

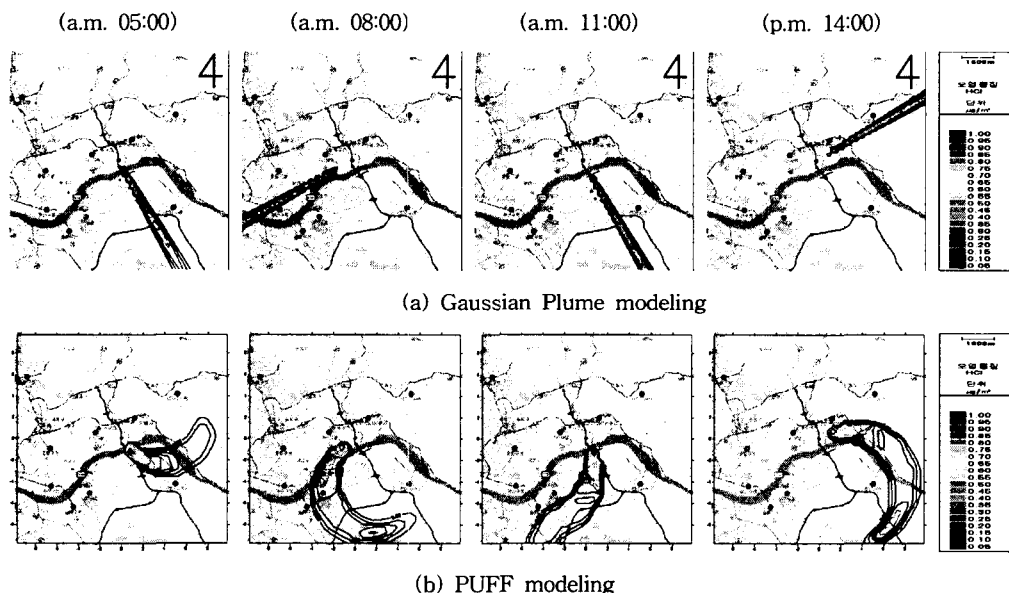


Fig. 1. Comparison of PUFF modeling results with Gaussian modeling results

참고 문헌

Joseph S. Scire and David G. Strimaitis and Robert J. Yamartino (2000) A User's Guide for the CALPUFF Dispersion Model, Earth Tech, Inc.
 USEPA (1995) User's guide for the industrial Source Complex (ISC3) Dispersion Models, Volume II - Description of Model Algorithm, U.S. Environmental Protection Agency.