

3C4) 대기확산모델 SKYi에서 제거과정의 묘사

Removal Processes Description of Atmospheric Dispersion Model SKYi

김미숙 · 김종호 · 이종협
 서울대학교 BK21 응용화학부

1. 서 론

환경부 지원 하에 개발 중인 대기오염확산모델 SKYi는 VOCs의 거동을 파악하기 위한 모델로서 기상과 배출 그리고 지형에 대한 전처리과정의 서브프로그램과 연계하여 실행된다. 기존의 상용프로그램들은 화학반응속도가 느린 SOx, NOx, PM₁₀, 중금속 등과 같은 오염물질의 확산과정¹을 나타내고 있기 때문에 VOCs의 물리적 화학적 특성을 고려한다면 이들 모델들은 VOCs의 거동을 살펴보려하는 본 연구에 적합하지 않다. 반면에 SKYi는 VOCs의 비교적 빠른 화학반응을 고려하여 VOCs의 확산에 의한 오염농도분포를 나타내기 위해 계속적인 개발에 있다. 이미 기상전처리과정의 모듈 SKYME와 배출전처리과정의 모듈 SKYEM은 우리 실정에 맞게 개발되었으며 이들 과정의 결과는 대기확산과정에 중요한 영향을 보였다²⁻⁵. 본 연구에서는 VOCs의 비교적 빠른 반응속도의 영향뿐만 아니라 침착과정에 의한 영향을 고려함으로써 이들 제거과정이 VOCs 농도확산분포에 미치는 영향을 살펴보았다.

2. 연구 방식

SKYi의 단순 가우시안 공식은 오염물질 배출량 (Q_s), 수직향 (V), 바람속도 (U), 측면과 수직의 확산현상 (σ_y, σ_z), 건식침착에 따른 수직향의 조절인자 (P_{adj}), 그리고 화학반응과 침착과정에 의해 대기 중의 농도 감소를 나타내는 mass fraction (F)로 나타낸다.

$$c(x, y, z) = \frac{Q_s FVP_{adj}}{2\pi U \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \quad (1)$$

여기에서 mass fraction은 $F = \exp\left[-\int_0^t K_m(t^*) dt^*\right]$ 이며 화학반응에 의한 감소(k_c)와 건식 (k_d) 및 습식 (λ) 침착에 의한 감소율 (s^{-1})을 나타내는 총 mass 감소율 k_m 은 $K_m \equiv k_c + \lambda + k_d$ 로 동일하다. 필수 반응식 11개로 구성된 화학반응 메커니즘은 CBM-IV로부터 유추되었고 온도의 함수인 반응 상수를 이용하였다⁶. VOCs의 건식 및 습식 침착율은 침착속도, 빗방울의 크기와 강하속도 및 강수량 등에 따른 함수로 물리적 화학적 특성의 고려되었다.

본 연구는 대상오염물질의 화학반응에 의한 mass fraction의 영향을 살펴보았던 앞선 연구에 덧붙여 침착과정을 포함한 각 제거과정을 비교하였다. 시화 공단을 대상으로 10개의 receptor 지점을 선택하였으며 배출되는 VOCs중 Toluene을 대상오염물질로 선정하여 가장 많이 배출되는 한 지점을 점오염원으로 가정하고 시뮬레이션을 실행하였다. 기상 및 지형 그리고 배출의 조건은 앞선 연구와 동일하였다¹⁻⁵.

3. 결과 및 고찰

그림은 제거과정이 없이 오직 확산에 의한 연평균 톨루엔의 농도를 1로 하였을 때 각 제거과정에 따른 비를 표시하였다. 10개 receptor 지점에서 산출된 WDEP는 습식침착과정에 따른 농도 비교로 1-8%의 제거율을 보였고 DDEP은 건식침착에 따른 결과로 4-7%, 화학반응을 CHEM은 7.3-22.8%로 세 개의 제거율 중 가장 큰 영향을 보였다. 이들 총 제거과정 ALL이 고려되었을 때 그 영향은 더욱 커졌으며 11.8-29.8%로 나타났다.

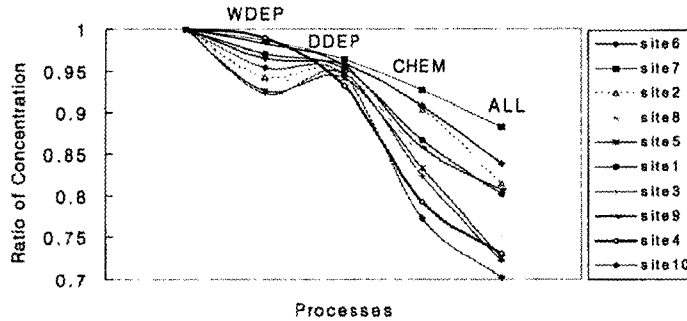


Fig. 1. 제거과정에 따른 톨루엔의 농도의 비

비교적 낮은 농도 분포를 보였던 지점에서 침착과 화학반응이 민감하였던 반면에 농도가 높아질수록 제거율도 감소하였다. 건식침착과 화학반응에 의한 제거율이 컸던 지점 4는 가장 낮은 습식침착율을 보였다. 이는 풍향과 풍속 등의 기상 변수와 기상 인자들의 영향으로 평가된다. 총 제거과정이 포함된 시뮬레이션의 결과를 이용하여 제거율의 순위를 따졌을 때 지점 10이 가장 컸으며 지점 7이 가장 작았다 (지점10>지점 3>지점5>지점4>지점8>지점1>지점9>지점2>지점6>지점7).

SKYi로부터 보다 정밀한 대기오염농도 분포를 얻기 위해서 정확하고도 신뢰도 높은 data를 이용하여 mass fraction에 의한 영향을 보다 주의 깊게 타당성에 대한 평가와 검증이 계속적으로 진행될 것이다.

참 고 문 헌

- 1) EPA, User's guide for the industrial source complex dispersion model, vol2, 1-2, 1995.
- 2) 주철균, 김미숙, 김중호, 선일식, 이준희, 최경희, 이종협, 대도시 지역 대기오염물질 분포 특성 실험 및 모사, 춘계한국환경분석학회, 2003.
- 3) M.Kim, C. Joo, S. Lee, and J Yi, Intercomparison of meteorological preprocessors using dispersion models, the Conference for Guideline on Air Quality Models, the PathForward held by A&WMA (Air and Waste Management Association) at the Hilton Mystic Conference Center in Mystic, CT, Oct 22-24, 2003.
- 4) 김중호, 김미숙, 이종협, 공단지역의 대기 중 VOCs의 농도 분포 예측 시뮬레이션, 춘계대한환경공학회, April 29-May 1, 2004.
- 5) 김미숙, 김중호, 이종협, 대기 중 VOCs 농도확산모델의 개발, 춘계대한환경공학회, April 29-May 1, 2004.
- 6) <http://airsite.unc.edu/soft/cb4/CB4main.html>