

집단오염원천에서 우연이동립자연기덩이 모형에 의한 대기오염평가

최 동 혁

우연이동립자연기덩이모형은 대기오염물질의 막흐름확산과정을 잘 반영하지만 모든 대기오염원천에서 연속적으로 가상립자를 방출시키고 그 립자들의 시공간적분포위치를 결정하는데 시간이 많이 소모되기때문에 집단원천에 의한 대기오염평가에 적용하기가 매우 불리하다.

우리는 우연이동립자연기덩이모형을 도시대기오염평가에 적용하기 위한 방법을 제고하고 도시대기오염평가를 진행하였다.

1. 우연이동립자연기덩이모형의 기본원리

우연이동립자의 위치방정식은 다음과 같다.[2, 3]

$$\begin{cases} x^{n+1} = x^n + \Delta t [\bar{u}^n(x^n, y^n, z^n) + u'^n(x^n, y^n, z^n)] \\ y^{n+1} = y^n + \Delta t [\bar{v}^n(x^n, y^n, z^n) + v'^n(x^n, y^n, z^n)] \\ z^{n+1} = z^n + \Delta t [\bar{w}^n(x^n, y^n, z^n) + w'^n(x^n, y^n, z^n)] \end{cases} \quad (1)$$

여기서 x, y, z 는 립자의 위치, $\bar{u}, \bar{v}, \bar{w}$ 는 성분별평균속도, u', v', w' 는 성분별맥동속도, Δt 는 시간걸음, n 은 시간첨수.

우연이동립자들의 위치를 결정한데 기초하여 그 립자들이 조성하는 오염농도는 다음과 같이 결정한다.

$$C(r, t) = \frac{A(r)}{l^3} \sum_i m_i(r_i - r, l) \quad (2)$$

여기서 C 는 농도(mg/m^3), r_i 와 m_i 는 i 번째 립자의 공간위치(m)와 질량(mg)이다. l 은 연기덩이의 특징척도(m)로서 연기립자들의 자리표분산으로 결정한다.

2. 집단원천에서 우연이동립자연기덩이모형의 적용원리

오염원천의 배출량과 기상조건이 변하지 않을 때 일정한 시간이 흐르면 대기오염농도분포는 변하지 않는 상태에 이르게 된다. 이때 상태를 정상상태라고 하는데 이런 정상상태에 이를 때까지 걸리는 시간은 오염원천의 배출량과 오염원천높이, 기상조건 등에 관계된다. 이렇게 정상상태에 이르게 되면 오염농도를 조성하지 못하는 구역에 존재하는 립자들에 대해서는 논의하지 않아도 무방하다. 이로부터 매 원천들에서 정상오염농도마당을

형성하는 립자의 개수를 결정하고 그 개수만 한 립자들에 한해서 시간에 따르는 위치와 농도를 결정하면 계산량과 기억용량이 훨씬 줄어들게 된다.

따라서 집단원천들에 대해서도 식 (3)과 같은 모형을 적용할수 있다.

$$c(x, 0, 0) = \frac{Q}{\pi\sigma_y\sigma_z u} \exp\left(-\frac{h^2}{2\sigma_z^2}\right) \quad (3)$$

여기서 $c(x, 0, 0)$ - 연기줄기축상의 농도(mg/m^3), Q - 오염원천배출량(mg/s), σ_y, σ_z - 수평, 수직확산폭(m), h - 오염원천의 높이(m).

식 (3)에서 $c(x, 0, 0) < c_p$ 인 x 를 결정한다. 이때 x 와 n 사이에는 다음과 같은 관계가 있다.

$$n = \frac{x}{u\Delta t} \quad (4)$$

여기서 c_p 는 오염이 아니라고 볼수 있는 작은 값(기준값), x 는 오염거리(m), u 는 평균바람속도(m/s)인데 매 오염원천별로 립자개수(n)를 결정하고 우연이동립자연기덩이모형을 리용하여 도시에서의 대기오염평가를 진행할수 있다.

3. 계산실험과 결과분석

실험조건은 다음과 같다.

- ① 계산령역은 동서, 남북규모가 20km, 수직규모 2km이다.
- ② 공간적분해능은 $\Delta x = \Delta y = 100\text{m}$, Δz 는 비등간격으로 0~15층.
- ③ 오염원천은 189개의 대기오염원천.
- ④ 기상조건은 서풍계의 0.5~2m/s의 바람(지상), 대기안정성은 D급(10, 11시), C급(12시), B급(13, 14시).

오염물질이 방출되기 시작하여 1h(10시)후에는 대기성층이 중립상태로서 경계층높이[1]는 310m, 립자들의 수직분포높이는 200m정도, 수평분포범위는 13.6km정도이다. 또한 5h(14시)후에는 대기성층이 중립상태로부터 불안정한 상태로 넘어가 경계층의 높이는 1552m정도이고 립자들의 수직혼합이 강하게 일어났다.

계산실험에 의하면 립자들의 수평적인 이류확산은 바람마당의 구조를 잘 따르며 계산농도값들과 관측값들사이의 오차는 22~37%정도이다. 그리고 5h을 모의하는데 걸린 시간은 2min으로서 실지 대기오염예보에 적용할수 있다.

맺 는 말

론문에서 제기한 방법을 리용하면 도시대기오염예보와 대기환경영향평가의 과학성과 효율을 높일수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학), 54, 9, 156, 주체97(2008).
[2] 田钢; 辐射防护, 21, 4, 208, 2010.
[3] 王醒宇 等; 笏事故后果评价方法及其新发展, 原子能出版社, 150~260, 2009.

주체104(2015)년 7월 5일 원고접수

**Air Pollution Assessment by Random Work Particle-Puff
Model in Group Pollution Sources**

Choe Tong Hyok

We have proposed the method to apply random work particle-puff model to air pollution assessment, and calculated air pollution density in the city.

Using this method, we can increase the accuracy and effectiveness of air pollution forecasting and assessment.

Key words: puff model, air pollution, environmental protection