

Smagorinsky 방법에 의한 난류확산계수를 사용한 Turbulent kinetic energy 방정식의 simulation

이화운 · 임주연*

부산대학교 대기과학과

1. 서론

현대 사회는 대기 오염이 심각해지면서 오염도를 예측하는 것은 중요하다. 대기 오염은 오염원의 종류와 특성에 의해 결정되어지나 그 때의 기상상태도 중요한 부분이 된다. 그러므로 대기의 흐름을 묘사하는 대기 유동장 모델의 개발이 필요하다. 이러한 대기 유동장의 흐름에 있어 난류는 중요한 역할을 차지한다. 이 난류의 표현으로 이때까지 여러 연구들에서 난류 확산계수를 사용해 왔다. 난류 확산계수를 사용하는 방법으로 상수항 또는 접지층과 혼합층으로 나누어 구하는 방법들이 있었다. 본 연구에서는 Smagorinsky 방법을 이용하여 수직방향으로 연속적으로 이 계수들을 구하여 사용하였다. 그리고 이 확산계수를 Turbulent kinetic energy(TKE) 방정식에 대입하여 TKE를 구하였다.

2. 본론

본 연구에서 난류 확산계수를 구하기 위해 사용된 Smagorinsky 방법은 이전의 연구와는 달리 수직방향으로 분할하지 않고 바로 연속적으로 구할 수 있다는 장점을 가진다.

TKE를 구하기 위해 TKE 기본식 $\bar{e} = \frac{u'^2 + v'^2 + w'^2}{2}$ 에 prognostic 항을 첨가하여

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho^* E}{\partial t} = & - \left(u^* \frac{\partial E}{\partial \xi} + v^* \frac{\partial E}{\partial \eta} + W^* \frac{\partial E}{\partial \zeta} \right) + C \\ & + \rho^* \left(K_m |Def|^2 - \frac{2}{3} E \text{Div} \right) - \rho^* \frac{C_\epsilon}{l} E^{2/3} \\ & + 2 \left| \frac{\partial}{\partial \xi} (J_3 H_1) + \frac{\partial}{\partial \eta} (J_3 H_2) + \frac{\partial}{\partial \zeta} (H_3 + J_1 H_1 + J_2 H_2) \right| \end{aligned}$$

과 같이 표현하였고 이 방정식을 simulation하였다. 그리고 simulation은 x-z평면에 묘사하였고 시간대는 낮과 밤의 차이를 보기 위하여 14시와 20시를 택하였고 해양과 육지의 차이도 구분하여 보았다. 그리고 이 simulation에 사용된 속도 vector들은 부산 지형의 3차원 대기 유동장 simulation에서 나온 결과들을 사용하였다. 또 TKE에 대한 각 항의 영향을 보고자 각 항에 대한 결과들도 표현하였다.

3. 결과

14시의 결과는 TKE는 연직적으로 감소하는 경향을 보인다. TKE에 대한 각 항들의 영향으로 먼저 shear 항은 지표에서부터 증가하다가 점차 감소하고 상층에서는 거의 일정한 경향을 보이고

이류항은 저층에서는 negative 값을 가지나 상층에서는 positive 값을 가진다. 부력항은 저층에서 positive 값을 가지므로 저층의 flux 수송은 부력항이 상층은 이류항이 담당함을 알 수 있다. diffusion항은 저층에서 약간의 증가 경향을 보이거나 상층으로 갈수록 감소한다. dissipation 항은 저층에서 negative 값을 가지다가 어느 고도에서 거의 일정한 경향을 보인다. 20시의 결과는 KE가 증가하는 경향을 보인다. 각 항의 영향으로 shear항이 나타나는 부분이 낮보다 좁아졌음을 알 수 있다. 이것은 바람이 약화되었기 때문으로 사료된다. 이류항은 낮과 비슷한 경향을 보이거나 부력항은 밤에는 복사 때문에 지표가 차가워지고 공기가 따뜻해져 낮과는 반대로 저층에서 positive 값을 가지고 상층에서 negative 값을 가진다. diffusion과 dissipation은 낮과 비슷한 경향을 보인다.

앞으로 난류확산을 더 정확히 묘사할 수 있는 방법들을 연수하여 그것을 3차원 대기 유동장에 개입하여 바람장을 좀 더 잘 묘사할 수 있는 모델을 개발하고자 한다.