

II-392 酸性雨研究のためのDiagnosticな雲物理モデルのLOD-FEM コードによる実行

豊橋技術科学大学 (正会員) 北田敏廣、北川恵一、P.C.-S. Lee  
 国立公害研究所 植田洋匡

(はじめに)

日本海沿岸における酸性物質の湿性沈着量の観測データは、大陸諸国からの当該物質の流入を示唆している。特に、冬期季節風時と梅雨期はその量が多い(例えば、藤田、1988<sup>1)</sup>)。ところで、酸性雨発現のメカニズムの解析には、汚染物質の輸送/反応モデルとともに雲物理モデルの使用が不可欠である。すなわち、雲粒子の生成速度およびその雨や雪への成長の速度は雲物理モデルの出力として得られるが、気相汚染物質が雲、雨、雪などに取り込まれる速度は、上記の速度と密接な関係を持つからである。

筆者らは、気相物質の輸送/反応モデル(Kitada ら、1984<sup>2)</sup>)および雲水や雨水中の液相化学反応も含めた汚染物質輸送モデル(Carmichael ら、1986<sup>3)</sup>)をすでに持っている。本研究では、Rutledge and Hobbs(1983, 1984)<sup>4), 5)</sup>の雲物理モデルをLOD-FEM(Locally-One-Dimensional, Finite Element Method)の計算機コード(Kitada ら、1983<sup>6)</sup>)によって実行し、酸性雨メカニズムの解明のために、冬期季節風時および梅雨期の降水場の標本を得ることを目的とする。いずれも、水平方向スケールは500km未満である。

(雲物理モデル)

Rutledge and Hobbs のモデルは、(1) "bulk water" type であり、かつ、(2) 診断的(diagnostic)なモデルである。"Bulk water type" とは、各相間(すなわち、水蒸気、雲水、雲氷、雨、雪)の水分移動を、各相の水分量や気温というマクロ変数によってパラメタライズするものである。このとき、雲、雨、雪、雪あられ等の粒径分布には、あらかじめ決まった分布を仮定する(例えば、雲粒子には均一粒径、雨粒子には Marshall and Palmer 型)。さらに、"診断的(diagnostic)"であるとは、流れ場そのものは観測あるいは何らかの方法で推定し、その流れ場および適切な境界条件のもとで平衡状態にある気温場、各相の水分場を求めることを指す。もちろん、上記の(1)と(2)は対になっている必要はなく、予測的な通常の流れ方程式系に(1)のモデルを組み込むこともできる。ただ、現状では、主として計算コストの面から、かなり立ち上った雲物理過程を含む予測的な計算は、水平スケールが50km程度、シミュレーション時間が2時間程度の積雲、積乱雲等の対流雲の生成に限られており、逆に、より広い範囲(例えば、2000km以上;そこでは、水平格子長が50km程度)に対する予測的な計算では、雲物理過程はもっと簡単にモデル化される。

(支配方程式系および数値解法)

前述のように、流れ場(u, v, w)は観測、推定等により与えられるので、その下での各相水分および熱の輸送方程式は以下の様である<sup>4), 5)</sup>。

水蒸気、雲水、雲氷(それぞれ、 $q_v$ ,  $q_c$ ,  $q_i$ )に対して:

$$\frac{\partial q_\alpha}{\partial t} + u \frac{\partial q_\alpha}{\partial x} + v \frac{\partial q_\alpha}{\partial y} + w \frac{\partial q_\alpha}{\partial z} = \frac{S_{0\alpha}}{\rho}, \quad \alpha = v, c, \text{ or } i \quad (1)$$

雪、雪あられ、雨(それぞれ、 $q_s$ ,  $q_\kappa$ ,  $q_r$ )に対して:

$$\frac{\partial q_\beta}{\partial t} + u \frac{\partial q_\beta}{\partial x} + v \frac{\partial q_\beta}{\partial y} + (w + \bar{V}) \frac{\partial q_\beta}{\partial z} + \frac{q_\beta}{\rho} \frac{\partial \rho \bar{V}}{\partial z} = \frac{S_{0\beta}}{\rho}, \quad \beta = s, g, \text{ or } r \quad (2)$$

気温(T):

$$\frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + w \left( \frac{\partial T}{\partial z} + \Gamma_d \right) = \frac{\partial}{\partial z} \left( K_z \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \frac{S_h}{\rho} \quad (3)$$

ここに、(2)式中の $\bar{V}$ は粒径分布を考慮した平均の重力沈降速度を、(3)式の $r_a$ は気温の乾燥断熱減率を表す。(1)、(2)式の $S_{0\alpha}$ 、 $S_{0\beta}$ は、図1に示す各相間の水分移動速度項を示す。また、(3)式の $S_h$ は、 $S_{0\alpha}$ 、 $S_{0\beta}$ で表わされる各過程に伴う発熱、

