

京都大学大学院 学正員 ○松井光弘
 京都大学防災研究所 フェロー 池淵周一
 京都大学防災研究所 正員 中北英一
 京都大学防災研究所 正員 大石 哲

1 緒言 近年、酸性雨・酸性雪が降り注ぎ、生態系への影響が懸念されている。本研究では、詳細な微物理過程を含んだ雲物理モデルに、酸性物質の輸送・反応モデルを結合させ、酸性物質の降水時における降下量を推定するとともに、その結果と琵琶湖北部域での観測データとの比較検証を行なう。

2 本研究の構成 本研究では、酸性物質の降下量推定のために雲物理モデルと物質収支モデルの2つのモデルから構成されている。

雲物理モデルにおいて、計算を行ない各大気水象の混合比、気温等の大気情報を導出する。その導出された大気情報を物質収支モデルに代入し診断的に各汚染物質の混合比を求めて行く。

3 雲物理モデル 本モデルでは、大石らの開発した詳細な微物理過程を含む雲物理モデルを採用した。本モデルの特徴は、液層・固層にある様々な降水粒子を仮定せずに、主として径と密度でクラス分けしているその数密度(空気の単位体積あたりの個数)を陽に表現された詳細な雲物理過程によって収支を計算している点である。降水粒子を水滴、雹、霰、氷晶に大きくクラス分けされ、さらに半径によって細かくクラス分けされる。水滴、雹、霰はその大きさによらず球形であるとした。また、氷晶の自然界での形は温度、気温により様々であるが本モデルでは円盤形を仮定した。本モデルでは、大きく分けて、凝結過程、衝突・併合過程、凍結・着氷過程、融解過程の微物理過程の4つからなり、各々の過程においての各相間の変化量を単位時間当りの混合比で表現することができる。

4 物質収支モデル

本研究では、Rutledge, Hegg and Hobbs et al.(1986)の物質収支式を改良して用いた。Rutledge, Hegg, Hobbsはモデルを構築する際に以下の仮定を想定した。

- 雲物理過程と降水の様子を2次元の場で表現することが可能である。
- タイムスケールが比較的小さい為、気相での化学反応を無視することができる。
- 液相での光化学反応は SO_4^{2-} や NO_3^- の雲中への捕集に比較すると2次的なものであるが無視することができる。

本研究でもこれらの仮定を想定している。

化学物質は、雲水・雨・雪・雲氷・霰の各大気水象間を移動する。質量保存式により表現される。物質の収支式は以下の式に表される。

$$\frac{dq_{ij}}{dt} = S_{ij} - L_{ij} \quad (1)$$

q_{ij} : i 化学物質の j 大気水象の混合比

S_{ij} : i 化学物質の j 大気水象での増加量

L_{ij} : i 化学物質の j 大気水象での減少量

雲物理モデルにより大気情報が各タイムステップ毎(200秒毎)に導出される。その値を用いて次ステップの各ステップの酸性物質の混合比を計算し時間的変動を表す。

$$Q_{ij}(t) = Q_{ij}(t-1) + \delta t(S_{ij} - L_{ij}) \quad (2)$$

$Q_{ij}(t)$: t タイムステップの i 物質の j 大気水象中の混合比 kg/kg

δt : タイムステップ間隔(200 sec)

また、大気中での化学物質の鉛直成分の初期条件を以下の式で表す。

$$q_i(z) = q_i(0) \exp(-z/H_i) \quad (3)$$

$q_i(0)$: i 化学物質の地表での混合比 kg/kg

$q_i(z)$: i 化学物質の高さ z での混合比 kg/kg

H_i : i 化学物質に対するモデル特有の高さ km

5 適用と考察 雲物理モデルの適用として、標高1,600mの仮想的な山をつくり、初期風速400 cm/secを与え、与初期条件として、地表気温300 K、地表湿度87%を与えたものをCase1、地表気温288.5 K、地表湿度60%をを与えたものをCase2とした。

化学物質の適用として、表1の条件で地表面の初期値を与えて計算を行った。

	化学物質の地表の混合比 (g/kg)	H _i (km)
SO ₂	4.3×10^{-6}	2
SO ₄ ²⁻	3.1×10^{-6}	3.5
NO ₃ ⁻	7.7×10^{-7}	2
HNO ₃	1.7×10^{-6}	3.5
PAN	4.2×10^{-7}	∞

表1: モデルの初期値

まず、大気中のSO₄²⁻、NO₃⁻の混合比を求めた。Case1では、雨粒中の混合比を、Case2では、雪中の混合比を求めた。Case1の特徴として、SO₄²⁻、NO₃⁻共に特徴として、次の点が言える。まず、低空に混合比の高い部分が見られること。次に次第に混合比の高い部分が風上側に移動していることである。Case2では、NO₃⁻で特徴的な分布をしている。2km地点に上空2~3km付近に混合比の高い部分がありその高い部分がちぎれていくような感じで移動している。

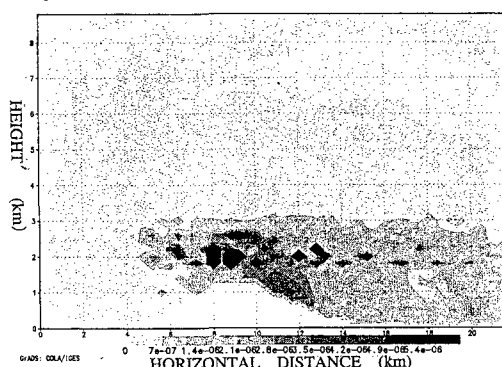


図1: Case1の3,600秒後のNO₃⁻の雨滴中の混合比(kg/kg)

次に、降水粒子 (Case1では雨粒、Case2では雪)、SO₄²⁻、NO₃⁻の地上混合比を求めた。Case1では、領域にかなり全体的にひろがっていたのに対し、Case2では山頂部分にのみSO₄²⁻、NO₃⁻が地上まで達している。

最後に、モデルの12km地点でのSO₄²⁻、NO₃⁻の地上混合比を、滋賀県伊香郡丹生ダム建設事務所での

観測値と比較してみた。Case1では、平成7年7月のデータ、Case2では、平成7年12月のデータと比較した。Case1では、SO₄²⁻、NO₃⁻共に観測値よりも計算結果の方がオーダーが2大きく。Case2では、計算結果の方がオーダーが1大きかった。

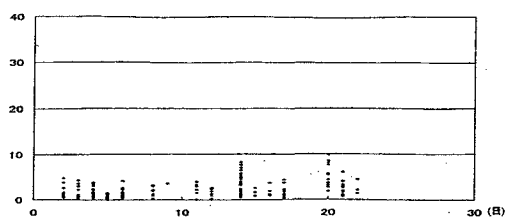


図2: 1995年12月のNO₃⁻の降水中濃度の分布図(mg/l)

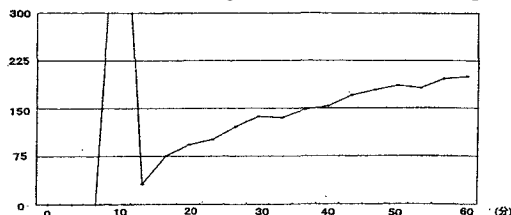


図3: Case2の12km地点のNO₃⁻の降水中濃度(mg/l)

6 結語 以上、雲物理モデルと物質収支モデルを用いて酸性物質の降下量の推定を試み、実際の観測値と比較してみた。汚染物質の大気輸送の概略を知ることができたが、地上での降下量のオーダーが計算値と観測値と異なるため今後は、実際の値に近づけていくことが重要である。

参考文献

- 1) (社) ゴルファー友の会 (1990): 酸性雨－生態系に与える影響－
- 2) 植田洋匡: 酸性雨、地球規模の環境問題〈1〉、pp186～244
- 3) 大石哲 (1997): 積雲の雲物理的構造解析を基礎にした洪水制御支援環境開発に関する研究、京都大学学位論文
- 4) Rutledge Hegg and Hobbs: A Numerical Model for Sulfur and Nitrogen Scavenging in Narrow Cold-Frontal Rainband Cold-Frontal Rain Bands
1. Model Description and Discussion of Microphysical Field
2. Discussion of Chemical Fields, J. Geophys. Res. 91, 14,385-14,416, 1986