

II-406 東アジア地域の長距離輸送現象 のモデル化に関する研究

京都大学 正会員 池田有光 平岡正勝
松下電工 岡田直樹

1. はじめに: 本研究は日本を中心とする東アジア地域を対象として酸性雨の輸送すなわち酸性降下物の長距離輸送・伝播を解析し、酸性物質の乾性・湿性沈着量の年間の発生源寄与率の推定と制御を目的とする。その第一歩として850mb面と地表面近くの風データを使ってフォワード及びバックワードの空気塊の流跡線を数地点を起点にして求めた。ついで北米地域の発生源・気象・降水と大気中の成分分析測定データによって基本構造を完成した酸性降下物輸送モデルを同地域に適用した。仮定した硫黄酸化物単位量を各地域から発生させ、相対的な周辺への年間湿性沈着量分布のパターンを求めた。

2. 利用データ: 期間は1987年10月から1988年9月である。対象地域で利用した850mb面の風向・風速データ(0h, 12h)の観測点数は54、降水データ(1日の降水量)の観測地点(SDP, WORLD)数は348である。地図の投影は基準点を北緯60度、東経130度に、格子幅は76.2km、格子数は54*58のステレオタイプである。風、降水ともに客観解析により格子点での値を実測データから計算して流跡端のデータ更新に利用した。

3. 流跡線分布: フォワード流跡線は上海、北京はじめ東京等各地から発生させた。流跡線は1日につき一つ、四日間継続して気塊を追跡している。図1に上海から放出した1月と8月の各一ヵ月と東京からの8月の流跡線を示す。夏季と冬季では両地域とも異なった特徴の流れを示し、東京や大阪では、冬季に西ないしは北西の風が支配的となり、夏季には太平洋側からの風がよく発生している。図2と表1はそれぞれ大阪を到達点とするバックワード流跡線(1月、8月)と、やってくる方角の出現頻度を示している。

4. 輸送モデル: 本モデルはElliassenはじめとする従来提案されているモデルとの違いは、汚染物質のある割合が輸送される過程で上空に拡散して、レインアウトに寄与するであろう量を想定したことにある。ソースオリエンティッドの輸送モデルの基本式は次式となる。

輸送式: $C_1(t=0) = Q / (Hu \sqrt{2\pi} \sigma_y) \exp(-y^2 / 2\sigma_y^2)$

変質式: $dC_1/dt = -(k_1 + k_2 P + k_3 + k_4) C_1$

$dC_2/dt = 3/2k_1 C_1 - (\lambda_2 k_2 P + k_3' + k_4) C_2$

$dC_3/dt = k_4 C_2 + 3/2k_1 C_1 - k_5 P^n C_3$

雨水中 SO_4^{2-} 濃度 $= \{3/2k_1 C_1 + \lambda_2 C_2 + k_5 P^{n-1} C_3\} H$

単位時間乾性沈着量 $= 3/2V_d C_1 + V_d' C_2$

単位時間湿性沈着量 $= \{3/2k_1 P C_1 + \lambda_2 k_2 P C_2 + k_5 P^n H C_3\} H$

ここで、Q: 排出強度(kg/hr)、H: 混合層高度(1km)、u: 排出源から観測点までの平均風速(m/s)、 σ_y : 汚染物質の水平方向広がり幅、 C_1 : 流跡中の SO_2 濃度($\mu g/m^3$)、 C_2 : 流跡中の大気中 SO_4^{2-} 濃度($\mu g/m^3$)、 C_3 : レインアウトされる SO_4^{2-} 濃度($\mu g/m^3$)、 k_1 : SO_2 から SO_4^{2-} への変換速度定数($28854.0 \exp(-3898.6/T)$; 1/hr)、 k_2 : SO_2 のウォッシュアウト定数(0.108;-)、 k_3 : SO_2 の乾性沈着速度定数($V_d=0.8$; cm/s)、 k_3' : SO_4^{2-} の乾性沈着速度定数($V_d'=0.6$; cm/s)、 k_4 : 大気中 SO_2 から SO_4^{2-} のレインアウト定数(0.05; 1/hr)、 k_5 : 雲水が降水へ成長する際に雲水中の SO_4^{2-} が降水水中に取り込まれる速度定数(0.7;-)、 λ_2 : ウォッシュアウトの SO_4^{2-} に関する定数(=10)、n: k_5 に関する定数(=1.0)。

北米でのモデルによる湿性沈着量の検証したが、それによるとこれまでに降水中の濃度が評価できなかった同系統モデルを改良することが出来た。図4は大阪からでた硫黄分の年間の乾性、湿性沈着量の相対的な値を試算したものである。

5. おわりに: ウォッシュアウトにより沈着するのは排出源近傍の現象であり、数千kmオーダーの輸送に関与するのはレインアウトによるものである。従って、降雨分布が大きく沈着量分布に関与する。国内の各地点における大陸からの影響評価は、海上での降水量データが乏しいこと、実質的な発生源に関わるデータ

が乏しいこと、提案している輸送モデルが地形や気象で北米と異なるアジア地域で検証できる状態ではないこと、等によって定量化出来るところまでには至っていない。しかし日本海側等で観測されている降水中硫酸イオン高濃度と、大陸方面から来る流跡線の出現頻度からみて、条件が揃えば硫黄化合物がわが国上空にまで長距離輸送されていると判断している。また日本からも大陸へ輸送されている場合もある。

表1 大阪からのバックトラジェクトリーの風向型別出現頻度

月	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4
北型	11	2	7	4	11	16	16	9	7	8	3	13
南型	7	1	11	8	2	0	0	0	0	2	2	2
東型	4	13	0	9	0	1	0	0	0	0	20	1
西型	5	6	4	1	4	7	6	13	21	13	2	3
その他	2	6	7	7	11	5	7	7	1	3	2	6

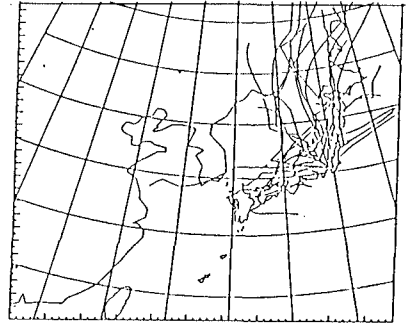


図1 フォワード
トラジェクトリー
（左:1988-1 上海
右:1988-8 上海
上:1988-8 東京）

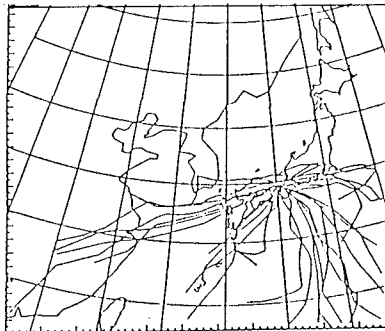
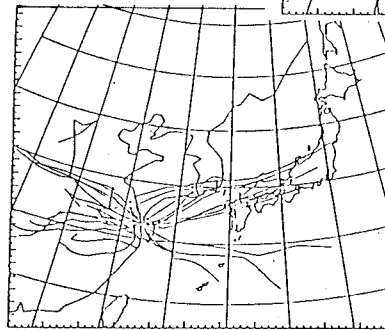


図2 バックワード
トラジェクトリー
（左:1988-1 大阪
右:1988-8 大阪）

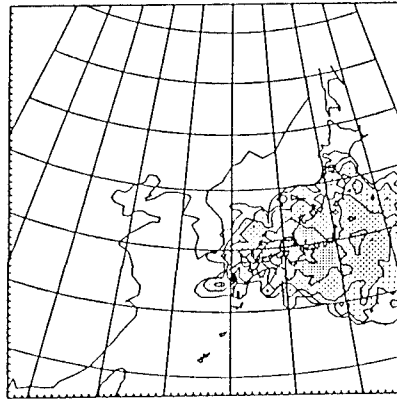
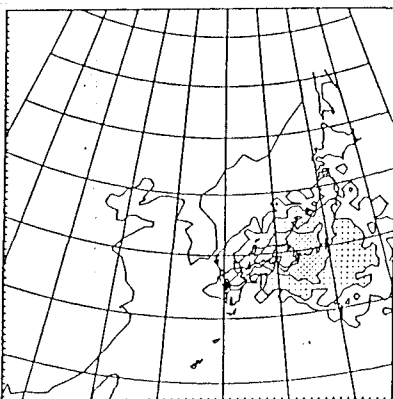


図3 大阪を発生源と
する年間湿性沈着量
（左）と乾性沈着量
（右）相対分布

