

II-346 硫黄酸化物の環境大気中からの除去プロセスに関する研究

京都大学工学部

学生会員 尾本和夫

正会員 池田有光

正会員 平岡正勝

(1) はじめに

北欧、北米が主に中心であった酸性雨問題が、わが国でも環境庁による調査で降水のPHが低いことが指摘され新たな環境問題になりつつある。ここでは北米大陸における硫黄酸化物の長距離輸送をトラジェクトリーモデルでシミュレートし、ガス状 SO_2 、粒子状 SO_4^{2-} 、降水中 SO_4^{2-} 濃度を推定した。このモデルの特徴は、ウオッシュアウトとレインアウトを区別して、降水中の SO_4^{2-} 濃度を求めた点にある。対象地域は、北アメリカ東部のカナダのロングポイントで、対象期間は1982年3、4月である。トラジェクトリーはバックトラジェクトリーを基本とし、北アメリカ東部51ヶ所で観測される850mb面の風向、風速から6時間おきに4日間計算される。発生源は、 $127 \times 127 \text{ km}$ 格子の面源で与えられ、汚染空気塊はトラジェクトリーに従ってロングポイントにやってくるものとする。なお平均降雨強度は北米大陸105地点で観測された地上降水量データより求めている。モデルで用いられたパラメータ値は、各成分濃度の実測値と推定値の誤差の平方和が最小となるように最小2乗法(マルカート法)で推定した。

(2) モデル

面源からの汚染空気塊は、次の確率でやってくるとする。

$$C_i = Q_i / (H u \sqrt{2\pi} \sigma) \exp(-y^2 / 2\sigma^2)$$

$$\sigma = \sigma_0^2 + (\alpha X_L^\beta)^2$$

但し Q_i :面源強度 σ :水平方向拡散幅

H :混合層高さ σ_0 :初期拡散幅

u :平均風速 α, β :係数

X_L :汚染空気塊の輸送距離

大気中を輸送される硫黄酸化物の変質、除去は以下のように表される。

$$d(\text{SO}_2)/dt = -(k_1 + Pk_2 + k_3 + k_4)(\text{SO}_2)$$

$$d(P\text{-SO}_4^{2-})/dt = k_1(\text{SO}_2) - (P\lambda_2 + \lambda_3 k_3 + \lambda_4 k_4)(P\text{-SO}_4^{2-})$$

$$d(\text{SO}_4^{2-})/dt = k_4 H / \lambda \{ (P\text{-SO}_4^{2-}) + (\text{SO}_2) \} - P / \lambda (\text{SO}_4^{2-})$$

但し SO_2 :境界にやってくるガス状 SO_2 濃度(g/m^3)

$P\text{-SO}_4^{2-}$:境界にやってくる粒子状 SO_4^{2-} 濃度(g/m^3)

SO_4^{2-} :境界にやってくる雲水中 SO_4^{2-} 濃度(g/m^3)

K_1 : SO_2 から SO_4^{2-} への化学変化速度($1/\text{hr}$) K_2 :ウオッシュアウト係数($1/\text{mm}$)

K_3 :乾性沈降速度($1/\text{hr}$)

K_4 :レインアウト係数($1/\text{hr}$)

P :降雨強度(mm/hr)

$\lambda_2 \lambda_3 \lambda_4$:係数

λ :空気中液状水体積($\text{H}_2\text{O mm}$)

上式は線形であるので汚染物質濃度の初期条件を与えれば、解析的にロングポイントを含む境界に到達する各成分濃度を求めることができる。これにその格子内で各成分ごとに立てられた物質収支式を、定常状態として解けばロングポイントにおけるそれぞれの濃度が得られる。

(3) 結果

1982年3、4月と7、8月にロングポイントを通過した汚染空気塊の流跡を図1、図2に示す。この図から3、4月は7、8月に比べ汚染物質がより遠方から輸送され広範囲に広がっているの
 がわかる。このことは3、4月に平均風速が大きく、風向の変化が激しいことを示す。次にこのモデルを用いてパラメーター(K_1 – K_4 , λ)を推定した。このとき拡散幅は、31.5kmを与えた。その結果を表1に、また得られたパラメーターを用いたときの、ロングポイントにおける1ヵ月平均の雨水中 SO_4^{2-} 濃度の推定値と実測値を表2に示す。推定されたパラメーター値は、そのオーダーがEllenton(1984)らの研究で示されたものに一致しており合理的と
 考えてよい。降水中 SO_4^{2-} 濃度は3月平均(推定値6.92、実測値6.93)、4月平均(推定値5.02、実測値9.40)単位(10^{-3} g/l)であった。雨水中 SO_4^{2-} 濃度は降雨強度によって大きな影響を受けるが、降雨データが1日平均値のため一時的な雨に対して濃度が敏感に反応する
 とはいえない。またウオッシュアウト項は、ここでは降雨強度に比例するとしたが、これについて
 もさまざまな報告があり今後の検討を要する。各成分濃度に影響する要因はいろいろ
 考えられるが、その一つに流跡の不正確さが挙げられる。風に関する限られた観測
 データからいかにして正確な流跡を求めるかが今後の課題となろう。パラメータの季節
 変化も以前から議論されており、各季節変化して適切な値を与えることでより精度
 の高い予測ができると考えられる。

表1 パラメータの計算値

Item	Value	Unit
K_1	0.0157	hr ⁻¹
K_2	0.247	mm ⁻¹
K_3	0.0994	hr ⁻¹
K_4	0.0252	hr ⁻¹
λ	13.46	H ₂ Omm

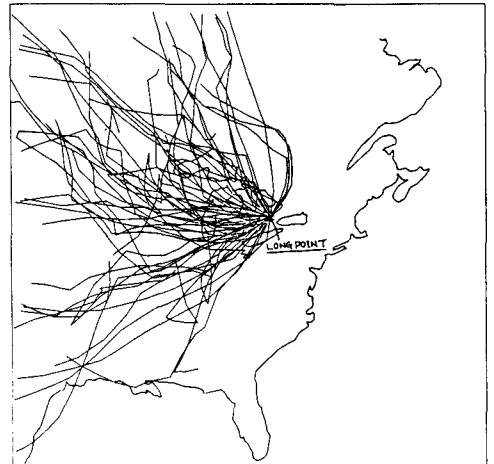


図1 3、4月のトラジェクトリー

表2 ロングポイントの降水中 SO_4^{2-} 濃度の推定値と実測値

Date	Rain Int. (mm/day)	r- SO_4^{2-} Observed	(10^{-3} g/l) Calculated
March 7	0.97	5.5	5.59
11	0.17	5.2	3.12
13	0.10	12.5	2.09
14	0.28	3.7	3.94
15	0.24	5.5	16.62
19	0.67	4.4	7.23
23	0.04	11.7	11.99
28	0.39	6.9	5.39
April 2	0.59	3.1	6.45
3	0.07	3.9	2.89
5	0.26	3.7	6.83
8	0.00	6.4	0.00
14	0.22	9.1	6.25
15	0.13	12.4	10.83
19	0.27	9.4	7.94
22	0.14	29.2	4.47
23	—	7.4	0.00

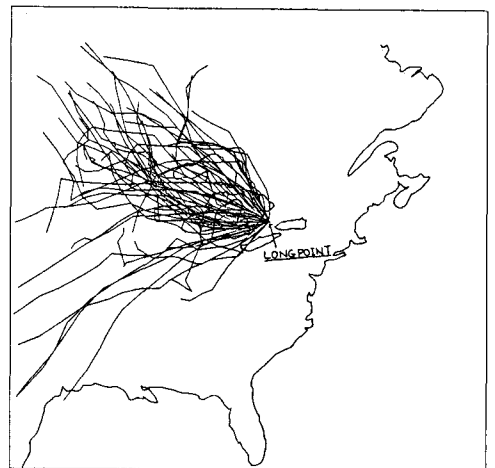


図2 7、8月のトラジェクトリー

参考文献

Ellenton G., Ley B and Misra P.K(1984); Atmospheric Environment vol.18 pp727-737