

関東地方における酸性降下物の分布特性 及びその輸送メカニズムに関する解析

宇都宮大学大学院工学研究科 学生員 ○太田 雅人
宇都宮大学大学院工学研究科 正会員 長谷部 正彦
宇都宮大学工学部 正会員 鈴木 善晴

1. はじめに

1980年代後半から1990年代において、欧米を中心とした大きな環境問題の一つとして酸性雨問題が挙げられてきた。現在では、概ね収束し落ち着いた問題となっているが、近年急速な工業化が進む中国からの酸性雨前駆物質の移流による到達など、今後の日本の環境酸性化につながる要因も考えられる。

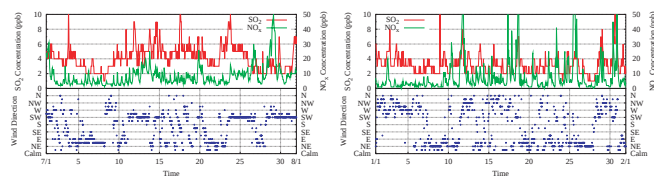
そこで、本研究では、降水中・大気中の酸性物質濃度など環境酸性化の要因に関して、関東地方における時間的及び領域的な分布特性の解析を行う。さらに、数値モデルを用いて酸性物質の長距離輸送に関して解析を行うことで、放出から沈着までの輸送過程を明らかにする。

2. 大気中濃度分布に関するデータ解析

酸性降下物の主要前駆物質である二酸化硫黄(SO_2)と窒素酸化物(NO_x)に関して、大気中濃度及び風向の時間値データを用いて濃度分布の時系列解析を行った。図-1に、筑波における2000年7月及び2001年1月での大気中 $\text{SO}_2 \cdot \text{NO}_x$ 濃度と風向の時間変化、また、図-2に、川崎における2000年7月・2001年1月での大気中 $\text{SO}_2 \cdot \text{NO}_x$ 濃度と風向の時間変化を示す。図-1より、大気中 SO_2 濃度に関して、1月と比較して7月の方がやや高い濃度を示した。このことから、筑波では冬季よりも夏季において、大気中 SO_2 濃度は高まる傾向があると考えられる。そこで、7月の風向の変化を見ると、主に風向が南西方向のとき、 SO_2 濃度が上昇している傾向が見られた。筑波の南西には東京などの都市域が位置しており、これらが発生源となっている可能性が高いと考えられる。図-2に着目すると、川崎では、風向は7月は南方向、1月は北西方向と、全く逆になっていることがわかる。しかしながら、大気中 SO_2 濃度においては、季節的な濃度変化は見られず、そして、筑波と比較して全体的に高濃度を示している。これらのことから、川崎が主要発生源域であると推定される。都市域で大量に放出された SO_2 が、夏季の南方向の風によって北方向へ輸送され、関東北部での濃度変動に影響を及ぼしていると考えられる。

3. METEXによるトラジェクトリー解析

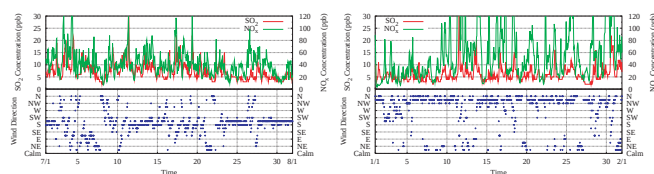
本研究では、気象データ解析プログラムMETEX(Meteorological Data Explorer)を用いてトラジェクトリー解析を行った。気象データは、NCEPの $2.5^\circ \times$



(a) 2000年7月

(b) 2001年1月

図-1 筑波における大気中 $\text{SO}_2 \cdot \text{NO}_x$ 濃度と風向の時間変化



(a) 2000年7月

(b) 2001年1月

図-2 川崎における大気中 $\text{SO}_2 \cdot \text{NO}_x$ 濃度と風向の時間変化

2.5° 全球グリッドデータを用い、宇都宮上空1000mからの後方トラジェクトリーを算出した。解析期間は2000年8月～2001年7月とし、各月10日0:00から12時間間隔で19日12:00までを起点として、後方48時間の算出を行った。図-3に、例として2000年8月及び2001年2月におけるトラジェクトリーを示す。これより、宇都宮に到達するトラジェクトリーは、表-1に示すように大きく3通りに分類された。ここで、表-1より、夏季は、主に南からの移流パターンが見られる傾向にある。また、図-1(a)より、7月の筑波において、南西方向の風向のときに SO_2 濃度の上昇が見られたことから、東京周辺域を発生源とした酸性物質が、南からの移流によって北方向に輸送されたと推測される。すなわち、夏季における北関東での降水の酸性化には、東京周辺域からの酸性物質の放出が大きく寄与していると考えられる。

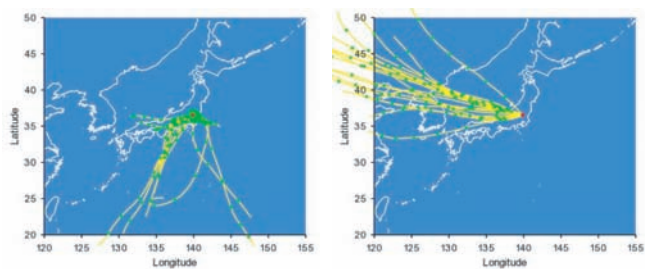
4. HYSPLITによる輸送拡散過程の解析

酸性物質の分布特性及びトラジェクトリー解析結果から、主要発生源と考えられた東京都市域を起点とし、エアマスの放出・輸送・沈着に関する数値シミュレーション解析を行った。輸送モデルには、NOAAによって開発されたHYSPLIT(Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory)を用い、夏季に

Key Words: 大気汚染, 酸性雨, 長距離輸送, トラジェクトリー解析

〒321-8585 宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学大学院工学研究科

Tel:028-689-6214 Fax:028-689-6213



(a) 2000 年 8 月における
トラジェクトリー

(b) 2001 年 2 月における
トラジェクトリー

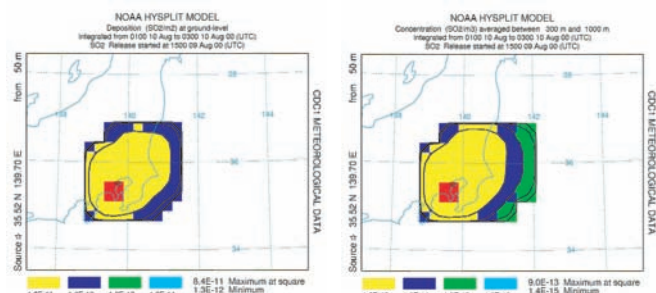
図-3 宇都宮上空 1000m からの後方トラジェクトリー

表-1 宇都宮に到達するトラジェクトリーの算出から
得られた月ごとの移流方向

4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月
A 型			S 型		
10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月
W 型					

S 型	主に南方向からの移流パターン
W 型	主に西方向からの移流パターン
A 型	S・W 型以外の移流パターン

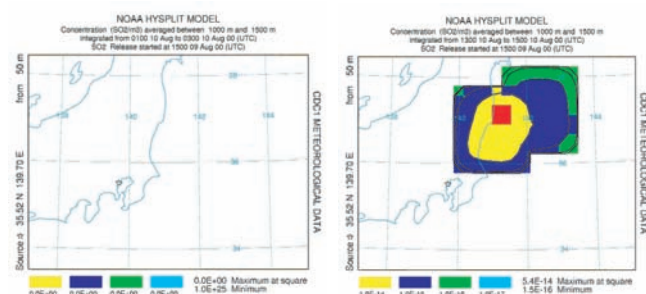
おける酸性物質の輸送を想定して、川崎からのエアマスの放出及び輸送過程を算出した。解析期間は 2000 年 8 月 4 日から 3 日間隔で 31 日までの計 10 日間とし、各日、川崎上空 0:00 を起点とした 2 時間ごと、前方 24 時間の算出を行った。放出高度を 50m とし、鉛直層は、地表面 (0m) での沈着量及び 0 ~ 300m, 300 ~ 1000m, 1000 ~ 1500m での平均濃度と 4 層に分類した。図-4 に、8 月 10 日における、放出から 12 時間後の沈着量分布及び 300 ~ 1000m 層の濃度分布を示す。川崎から放出されたエアマスが、時間の経過とともに北方向へ輸送される様子が示され、その輸送及び拡散に伴って、地表面において北関東、東北南部へと沈着量の分布が広がっていくことが確認された。こうした傾向は他の解析対象日においても見られ、夏季の北関東に到達する酸性物質の発生源としては、東京周辺域が寄与しているとの結果が得られた。また、図-5 に、8 月 10 日における、放出から 12 時間後及び 24 時間後における 1000 ~ 1500m 層のエアマス濃度分布を示す。放出から 12 時間後まで、同層への濃度分布は見られないが、14 時間後以降では、他層と同様にエアマスが北方向に輸送及び拡散される傾向が見られた。これは、高度 50m から放出されたエアマスが、水平方向への輸送・拡散に加えて、鉛直上方向にも拡散していることを示している。そして、放出から 14 時間後に 1000 ~ 1500m 層において濃度分布が見られた後、北関東以北への沈着が見られたことから、川崎から放出された酸性物質が、上層に拡散し、上空の風に乗ることで、北関東へ到達し沈着したと推測される。



(a) 地表面の沈着分布

(b) 300 ~ 1000m 層の
濃度分布

図-4 2000 年 8 月 10 日における、放出から 12 時間後の
沈着量分布及び濃度分布



(a) 12 時間後の濃度分布

(b) 24 時間後の濃度分布

図-5 2000 年 8 月 10 日における、放出から 12 時間後・
24 時間後の 1000 ~ 1500m 層の濃度分布

5. まとめ

本研究では、関東地方における酸性降下物に関して、実際の観測データを用いた分布特性の解析と輸送モデルを用いたトラジェクトリー解析を行った。まず、降水の酸性度に関して、北関東では夏季ほど酸性度が高くなる傾向が見られ、その原因は、風向と大気中 SO_2 濃度の変化より、東京周辺域から酸性物質が輸送されているためであると推測された。そして、トラジェクトリー解析より、関東地方において、夏季は主に南から大気に移流してくることが確認され、地表面付近で放出された酸性物質が高い高度まで上昇することで、遠方へ輸送されることが示された。これらのことから、夏季は、東京周辺域から発生した酸性物質が、北関東などの降水酸性化に大きく寄与していることが明らかとなった。

今後は、大気中濃度分布に関してより長期間での解析を行い、年間を通した傾向を捉える、さらに、輸送モデルによるシミュレーション結果と比較することで、放出・輸送・沈着に関する一連のメカニズムを明らかにする予定である。

参考文献

- 1) 国立環境研究所環境情報センター：大気環境時間値データ、環境数値データベース、1999 年度～2003 年度。
- 2) CGER：Data Analysis and Graphic Display System for Atmospheric Research Using PC, CGER report, 2003。
- 3) 電力中央研究所：東アジアを対象とした硫酸化物の長距離輸送モデルの評価、研究報告 T96044, pp.12-14, 1997。