

# 北関東における酸性降下物の時空間分布特性とその発生源に関する研究

宇都宮大学工学部 学生員 川口 剛  
宇都宮大学工学部 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

近年、ヨーロッパや北米では、酸性雨が原因と考えられる湖沼の酸性化や森林の衰退が報告されている。一方、日本においては生態系への明確な影響は見られていないものの、欧洲に匹敵するほどの高い酸性度を持つ降雨が観測されている。

そこで、本研究では、将来顕在化してくるであろう酸性降下物による影響を検討するため、長期観測データを用いて、北関東（群馬、栃木、茨城）を中心とした酸性降下物の分布特性について解析を行った。さらに、酸性降下物の発生源およびその輸送メカニズムを明らかにするため、気塊の移流のみを扱ったトラジェクトリー解析を行った。

## 2. 解析データおよび解析方法

### (1) 北関東における酸性降下物の観測データ

本研究では、酸性降下物の主要前駆物質（以下、主要前駆物質）大気中濃度として、大気汚染物質濃度<sup>1)</sup>を、また、湿性沈着の降水中イオン濃度として、酸性降下物調査データ<sup>2),3),4)</sup>を用いた。湿性沈着量に関しては、降水量および降水中イオン濃度から計算により求めた。本研究における主要前駆物質濃度および降水中イオン濃度の解析地点を図-1に示す。どちらについても解析期間は1999年4月から2003年3月までの4年間とする。

### (2) METEXを用いたトラジェクトリー解析

METEX(METeorological Data Explorer)は地球環境研究センターで開発された気象データの解析および表示プログラムである。データはNCEP/NCAR再解析データを用いる。再解析データとは、観測データを用いて数値モデルの予測値を改善し、空間的にも時系列的にも整合性のあるデータのことで、このNCEP/NCAR再解析データは観測データとみなされている。特定の地域に到達する空気塊の移動を把握するため、地形に沿った座標系でバックトラジェクト



図-1 解析地点

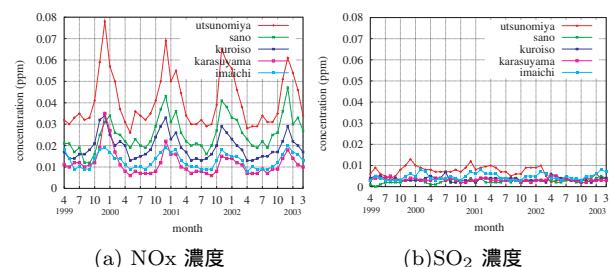


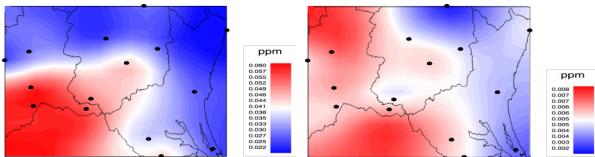
図-2 栃木県における NO<sub>x</sub> および SO<sub>2</sub> 濃度の経年変化

リーアンスを行った。なお、空気塊は周囲の風によってのみ移動するとして、風の東西・南北及び垂直成分のから算出する三次元法を用いた。

## 3. 空間分布特性の解析

### (1) 主要前駆物質

酸性降下物の主要前駆物質である硫黄酸化物や窒素酸化物（以下それぞれ SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>）は、発生源の説明のため、重要である。図-2に、一例として、栃木県の NO<sub>x</sub> および SO<sub>2</sub> 濃度の経年変化を示す。NO<sub>x</sub> 濃度について、北関東のすべての観測地点に共通する特徴として、11月・12月に高い値を示し、5月から9月にかけて低い値を示す季節変動が見られた。11月・12月に高い値を示すのは、逆転層によるものと考えられる。SO<sub>2</sub> 濃度については、全観測地点で環境基準を大きく下回る値を示していることが分かった。これは発生源対策の脱硫装置の高度さを示していると考えられる。図-3に NO<sub>x</sub> および SO<sub>2</sub> 濃度分布図を示す。NO<sub>x</sub> 濃度に関しては、北関東の南西が高く、SO<sub>2</sub> 濃度に関しては、南と北西が高いという分布特性が明らかになった。



(a) NO<sub>x</sub> 濃度 (2002 年 12 月) (b) SO<sub>2</sub> 濃度 (2000 年 8 月)

図-3 NO<sub>x</sub> および SO<sub>2</sub> 濃度の分布図

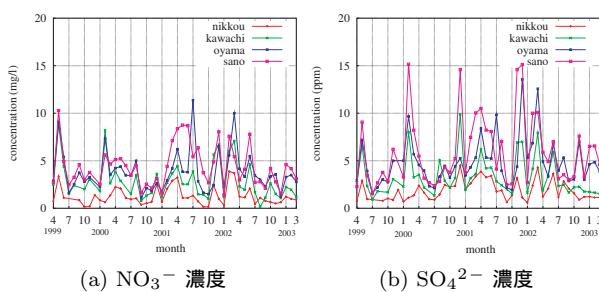


図-4 栃木県における NO<sub>3</sub><sup>-</sup> および SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 濃度の経年変化

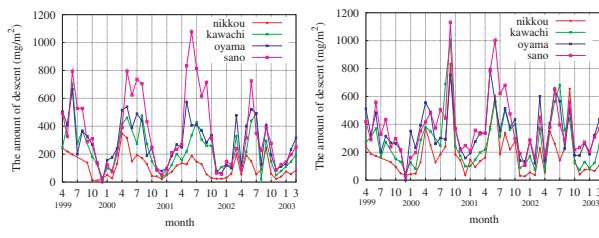


図-5 栃木県における NO<sub>3</sub><sup>-</sup> および SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 沈着量の経年変化

## (2) 降水中イオン濃度

降水を酸性化させる主な物質として、硝酸イオン、硫酸イオン（以下それぞれ、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>）が挙げられる。図-4に栃木県における降水中 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> および SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 濃度を示す。NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 濃度に関しては、冬季に高くなる傾向が見られるものの、明確な季節変動を見ることができなかった。SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 濃度に関しても、濃度が高くなる時期がまばらで、明確な季節変動を見ることはできなかった。

酸性雨による湖沼・土壤への影響は、イオン濃度ではなく、沈着量による評価が重要である。図-5に NO<sub>3</sub><sup>-</sup> および SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 沈着量の経年変化を示す。両イオンに共通して、夏季から秋季にかけて沈着量が多く、冬季から春季にかけて少ない傾向が見られる。これは降水量の多寡に大きく依存していると考えられる。今後は、群馬県、茨城県の各イオン濃度の経年変化と比較し、季節変動を明確にしていく予定である。また、北関東で降水中イオン濃度分布図を作成し、分布特性の解明を行う予定である。

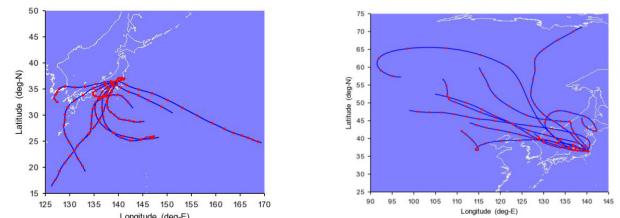


図-6 2002 年度栃木県宇都宮市におけるバックトラジェクトリー

## 4. METEX を用いたトラジェクトリー解析

次に酸性降下物の発生源および輸送メカニズムの解明のため METEX を用いて、バックトラジェクトリー解析を行った。例として、図-5に 2002 年度の栃木県宇都宮市における夏季と冬季のバックトラジェクトリーを示す。図は、夏季の事例として、2002 年 7 月 15 日午前 0 時から 3 日ごとに 8 月 15 日まで計 10 回、宇都宮市上空 500 m の空気塊をそれぞれ 4 日間追跡したトラジェクトリーである。冬季の事例としては、2003 年 1 月 15 日午前 0 時から 3 日ごとに 2002 年 12 月 15 日まで計 10 回で、その他の条件は夏季と同様である。夏季は南東季節風、冬季は北西季節風による影響が見ることができる。今後は、主要前駆物質濃度および降水中イオン濃度の分布特性を決定付ける要因を解明する予定である。

## 5. まとめと今後の課題

本研究の解析の結果、北関東の NO<sub>x</sub> 濃度に関しては、北関東の南西が高く、SO<sub>2</sub> 濃度に関しては、南と北西が高くなるという分布特性が明らかになった。

今後の課題としては、茨城県、群馬県の NO<sub>3</sub><sup>-</sup> および SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 濃度、沈着量を明らかにし、主要前駆物質濃度および降水中イオン濃度の分布特性を解明していくことである。また、バックトラジェクトリー解析を行い、濃度の分布特性を決定付ける要因を解明することである。

## 参考文献

- 1) 国立環境研究所環境情報センター:環境数値データベース、大気環境月間値データ、平成 11 年度～平成 14 年度
- 2) 栃木県保健環境センター:酸性降下物量調査、平成 11 年度～平成 14 年度
- 3) 茨城公害技術センター:酸性雨長期実態調査、平成 11 年度～平成 14 年度
- 4) 群馬県衛生環境研究所:湿性降下物調査、平成 11 年度～平成 14 年度
- 5) 関東地方環境対策推進本部大気環境部会:酸性雨調査報告書、平成 11 年度～平成 14 年度
- 6) 太田:栃木県内における酸性降下物の分布特性に関する研究、平成 15 年度宇都宮大学卒業論文、2004