

栃木県及びその周辺部における酸性降水物の分布特性に関する研究

宇都宮大学工学部
宇都宮大学工学部
宇都宮大学工学部

○ 学生員 太田 雅人
正会員 長谷部 正彦
正会員 鈴木 善晴

1. はじめに

酸性雨による影響はヨーロッパ、北米、中国、東南アジアなど世界的な規模で発生している。酸性雨の原因となる窒素酸化物や硫黄酸化物などの物質は発生源から数千キロも運ばれることもあるため、もはや国境を越えた国際的な問題となっている。特に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、欧米並みの酸性雨が観測されているため、将来的に酸性雨の影響が顕在化する可能性が高く、早急な対策が求められている。

そこで、本研究では酸性降水物に着目し、その湿性沈着による降水への影響について検討する。主な解析対象は栃木県とし、酸性物質の湿性沈着量及び降水水中のイオン濃度の時間変化や季節変動、地理的分布について解析を行い、酸性降水物の分布特性を明らかにする。

2. 解析対象地域の地勢と解析データ

本研究の主な解析対象である栃木県は、南北約98km、東西約84kmで、面積は約6,408km²である。北部から西部にかけては山岳地帯、中央部から南部にかけては平野部となっており、全体的に県北から県南に向かって標高が低くなる傾向が見られる。

解析に用いるデータは、日光・河内・小山・佐野で観測された降水量、pH、EC、イオン濃度及び沈着量である。解析期間は1999年4月から2003年3月までとする。ただし、同期間において日光は1999年7月及び8月、河内は1999年9月及び2000年6月が欠測期間となっている。

観測地点を図-1に、また、観測地点での降水量、pHの経月変化を図-2に示す。全観測地点に共通する特徴として、降水量は夏季から秋季にかけて多く、また冬季から春季にかけて少なくなる傾向が見られる。これに伴ってpHは降水量の多い時期に低下し、少ない時期には中性に近づく傾向が見られる。これは、季節によって降水量に差が生じ酸性沈着量が変動したためと考えられる。また、pHの季節的な変動に関して、佐野や小山といった県南では変動が大きく、県北の日光では比較的変動が小さいという明確な南北差が見られた。

3. イオン濃度の経年変化

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NO₃⁻、SO₄²⁻）が挙げられる。図-3(a),(b)にNO₃⁻及びSO₄²⁻濃度の経年変化



図-1 栃木県における観測地点

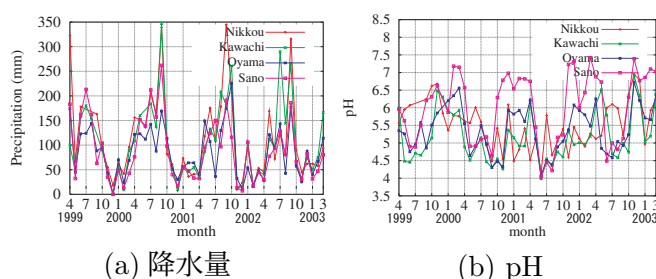


図-2 降水量及び pH の時間変化

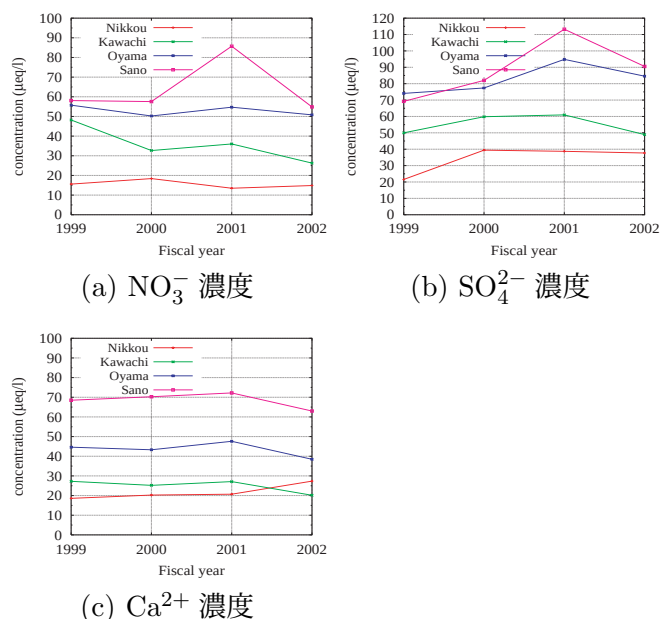


図-3 NO₃⁻、SO₄²⁻、Ca²⁺ の各イオン濃度の経年変化

を示す。両濃度に関して、NO₃⁻濃度は、佐野で2001年度に急激に増加していることを除けば、全体的に大きな変化は見られない。SO₄²⁻濃度については、2000年度は全観測地点で増加傾向、小山・佐野では2001年度も増加傾向が見られた。また、両イオン濃度に共通して、県北から県南へ南下するにつれて濃度が高くなるという傾向が見られた。

Key Words: 酸性雨、イオン濃度、湿性沈着、三宅島の噴火

〒321-8585 宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学工学部建設学科 Tel.028-689-6214 Fax.028-689-6213

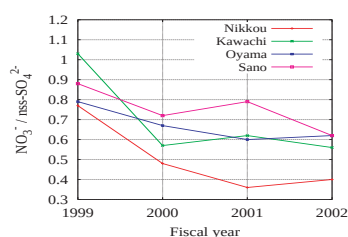


図-4 NO_3^- と nss-SO_4^{2-} の当量濃度比

カルシウムイオン（以下 Ca^{2+} ）は酸性化を抑制する物質であり、降水成分を検討する際に不可欠なものである。図-3(c)に Ca^{2+} 濃度の経年変化を示す。これを見ると、 NO_3^- 及び SO_4^{2-} の各濃度同様に県南地区での高濃度が特徴的である。これは、大気中の Ca^{2+} は降水によって除去されやすいという性質から、石灰石の採掘現場に近い佐野・小山で Ca^{2+} 濃度が高くなったと考えられる。

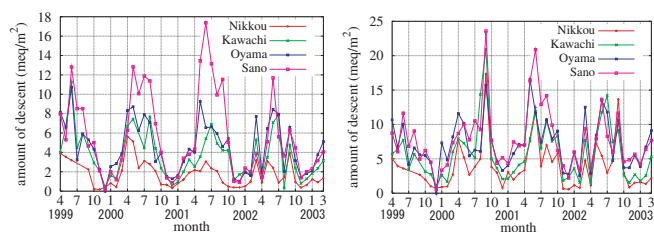
また、降水の酸性化の主な物質である NO_3^- 及び SO_4^{2-} に関して当量濃度比を算出することにより、両イオンの寄与率を解析する。ただし、算出に用いる SO_4^{2-} 濃度としては、海水を起源とする SO_4^{2-} 濃度を差し引いた非海水起源硫酸イオン（以下 nss-SO_4^{2-} ）濃度を用いた。図-4に両イオンの当量濃度比を示す。全体的に $\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$ は1を下回っており、 nss-SO_4^{2-} の寄与率が高い傾向にあることが示された。

4. 三宅島の噴火による湿性沈着量の変化

酸性雨による湖沼・土壌などへの影響は、沈着する酸性物質の量によって決まると考えられるため、濃度ではなく沈着量による評価が重要である。図-5に1999～2002年度の NO_3^- 及び SO_4^{2-} の各湿性沈着量の時間変化を示す。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は少ない傾向にある。これは季節的な降水量の変動によるものと考えられる。観測地点別に見ると、県北から県南にかけて沈着量は多くなり、 NO_3^- 及び SO_4^{2-} 濃度との関連性が示された。

また、 SO_4^{2-} 沈着量に関して、2000年8月に発生した三宅島の噴火による影響を考える必要がある。一般に、噴火活動では火山灰として大量の二酸化硫黄（以下 SO_2 ）が放出されるが、 SO_2 は大気中で化学反応により SO_4^{2-} へと変化・輸送されるため、広範囲にわたって SO_4^{2-} 沈着量に影響を及ぼすと考えられる。三宅島の噴火では極めて大量の SO_2 が放出され、噴火後関東南部などで SO_4^{2-} 沈着量の急激な増加、また降水の pH の急激な低下といった、噴火活動が要因と見られる酸性雨への影響が報告されている。

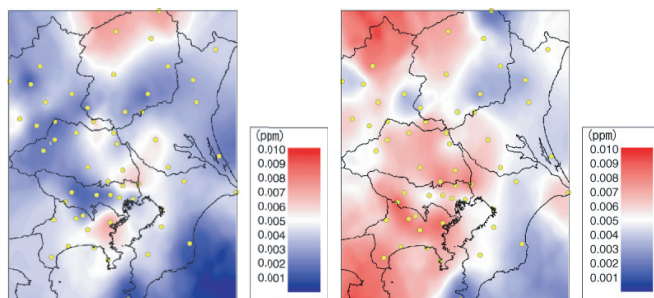
ここで、関東エリアにおいて、三宅島の噴火が発生した2000年度とその前後1年で大気中の二酸化硫黄（以下 SO_2 ）濃度分布の変動に関して解析を行った。図-6に噴火が発生した2000年における7・8月の大気中 SO_2 濃度の分布図を示す。この図から、噴火前後で関東エリアでの大気中の SO_2 濃度に大きな変化が生じていることがわかる。噴火の発生以降全体的



(a) NO_3^- 沈着量

(b) SO_4^{2-} 沈着量

図-5 NO_3^- 及び SO_4^{2-} の湿性沈着量の時間変化



(a) 2000年7月

(b) 2000年8月

図-6 関東エリアにおける大気中 SO_2 の濃度分布

に SO_2 濃度は上昇し、特に三宅島に近い関東南部で高濃度となる傾向が見られた。ただし、噴火発生後の秋季から冬季にかけて濃度は減少し、その後春季に再度上昇することから季節的な風向きの変化が大きく影響していると考えられる。大きく分けて夏季は南からの風、冬季は北からの風が吹くため、冬季は北からの風に押され SO_2 が到達しにくかったと考えられる。

5. 結論と今後の課題

栃木県内の全観測地点で、降水量及び酸性物質のイオン濃度、降水中の pH に季節的な変動が生じる傾向が見られた。また、地理的な面においては南北間で大きな相違が見られた。降水を酸性化させるイオン、酸性化を抑制するイオンの各濃度に関して、いずれも佐野や小山といった県南では多く、県北の日光では少ない傾向が見られ、大気中に存在するそれぞれの物質の濃度が県北から県南にかけて高くなっていると考えられる。 NO_3^- 及び SO_4^{2-} の当量濃度比の経年変化に関しては、2000年度に全地点で SO_4^{2-} の寄与率が上昇していることが示された。これは2000年度に大気環境が大きく変化したためと考えられ、原因としては三宅島の噴火による影響が挙げられる。

今後の課題としては、 SO_4^{2-} といった酸性物質の長距離輸送問題について解析を行う必要がある。三宅島からの輸送のみならず、中国などアジア大陸から輸送される場合に関しても、拡散や大気中での反応、雲による取り込み、沈着を考慮したモデルを用いて検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 栃木県大気環境部：酸性降下物量調査結果（1999年度～2002年度）
- 2) 栃木県生活環境部：環境の状況及び施策に関する報告書（2003年度）