

栃木県内における酸性降下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、本研究では酸性降下物に着目し、その湿性沈着による降雨への影響について検討する。主な解析対象は栃木県内とし、酸性物質の湿性沈着量及び降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、酸性降下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。本研究で用いた観測データは、栃木県大気環境部による酸性降下物量調査のデータで、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。

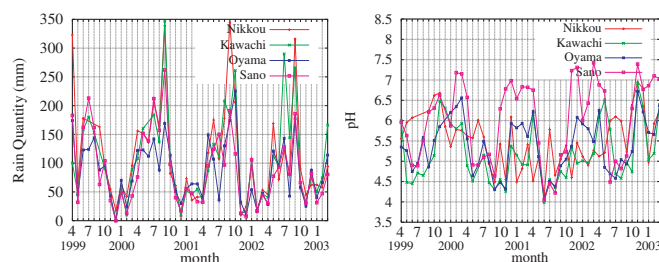
観測地点を図-1に、また、観測地点での降水量、pH の経月変化を図-2に示す。全観測地点に共通する特徴として、降水量は夏季から秋季にかけて多く、また冬季から春季にかけて少なくなる傾向が見られる。これに伴って、pH は降水量の多い時期に低下し、少ない時期には中性に近づく傾向が見られる。これは、季節によって降水量に差が生じ、酸性沈着量が変動したためと考えられる。また、pH の季節的な変動に関して、佐野や小山といった県南では変動が大きく、県北の日光では比較的変動が小さいという明らかな南北差が見られた。

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 NO_3^- 、 SO_4^{2-} ）が挙げられる。図-3(a),(b) に NO_3^- 及び SO_4^{2-} 濃度の経年変化を示す。両濃度に関して、 NO_3^- 濃度は、佐野で



図-1 本研究の解析地点（栃木県）



(a) 降水量

(b) pH

図-2 降水量及び pH の時間変化

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ず、河内では徐々に減少傾向となっている。また、 SO_4^{2-} 濃度については、2000 年度は全観測地点で増加傾向、また小山・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。

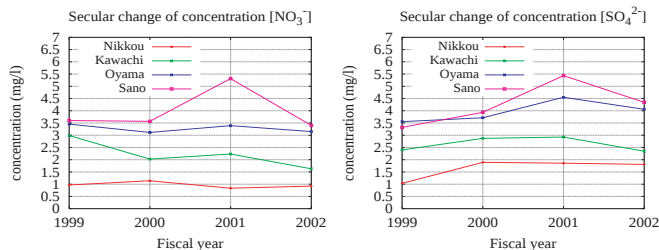
カルシウムイオン（以下 Ca^{2+} ）は酸性化を抑制する物質であり、降水成分を検討する際に不可欠なものである。図-3(c) に Ca^{2+} 濃度の経年変化を示す。これを見ると、 NO_3^- 及び SO_4^{2-} の各濃度同様に県南地区での高濃度が特徴的である。これは、大気中の Ca^{2+} は降雨によって除去されやすいという性質から、石灰石の採掘が行われている葛生町周辺の佐野・小山で Ca^{2+} 濃度が高くなったと考えられる。

4. 湿性沈着量に関する解析

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-4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。また、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。

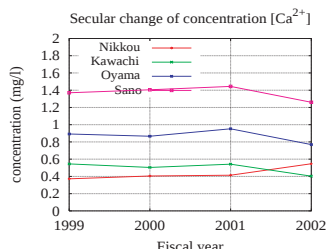
Key Words: 酸性雨, イオン濃度, 湿性沈着, 三宅島

〒 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



(a) NO_3^- 濃度

(b) SO_4^{2-} 濃度



(c) Ca^{2+} 濃度

図-3 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} の各濃度の経年変化

ここで、 SO_4^{2-} 沈着量に関しては、2000 年 8 月に発生した三宅島の噴火による影響が考えられる。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、その後 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、広範囲にわたってその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、関東南部などでは 2000 年 9 月以降 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。

三宅島の北方約 250km に位置する栃木県内においても、図-4(b) より、2000 年 9 月に SO_4^{2-} 沈着量が急激に増加しており、三宅島の噴火に起因する可能性が高いと考えられる。現在、三宅島の火山活動による SO_2 放出量は長期的に見て低下傾向にあるが、未だ日量 3 千～1 万トンもの放出量が続いている。今後三宅島の火山活動について解析を行い、栃木県の酸性雨へ与える影響について検討する予定である。

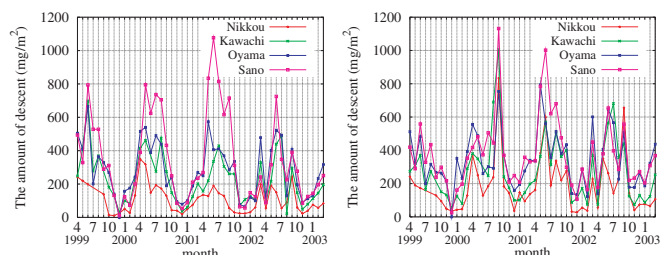
5. 酸性化に対する各イオンの寄与率

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。 nss-SO_4^{2-} 濃度は次式で表される。

$$[\text{nss-SO}_4^{2-}] =$$

$$[\text{SO}_4^{2-}]_{\text{sample}} - \left\{ \frac{[\text{SO}_4^{2-}]_{\text{seawater}}}{[\text{Na}^+]_{\text{seawater}}} \right\} \times [\text{Na}^+]_{\text{sample}}$$

ここで、 $[\text{Na}^+]_{\text{sample}}$ 及び $[\text{SO}_4^{2-}]_{\text{sample}}$ はそれぞれ試料中の Na^+ 及び SO_4^{2-} 濃度を、 $(\text{SO}_4^{2-}/\text{Na}^+)_{\text{seawater}}$ は海水中での両成分の濃度比を表す。



(a) NO_3^- 沈着量

(b) SO_4^{2-} 沈着量

図-4 NO_3^- 及び SO_4^{2-} の湿性沈着量の時間変化

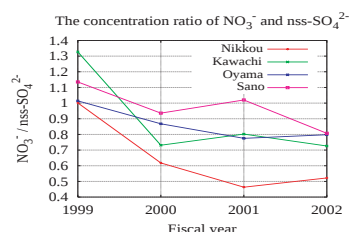


図-5 NO_3^- と nss-SO_4^{2-} の当量濃度比

図-5に両イオンの当量濃度比を示す。2000 年度以降 $\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$ 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。特に 2000 年度は全地点で減少しており、日光及び河内では急激な減少が見られる。2000 年度に nss-SO_4^{2-} の寄与率が急激に高くなった要因としては、やはり三宅島の噴火が考えられる。

6. 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湿性沈着量、また降水中の 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 NO_3^- 及び SO_4^{2-} 、また酸性化を抑制する Ca^{2+} の各湿性沈着量に関して、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、大気中に存在する物質それぞれ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。また、 SO_4^{2-} に関して、2000 年 9 月に湿性沈着量が急激に上昇し、 NO_3^- との当量濃度比の経年変化においても、2000 年度は上昇していることが示された。これは、2000 年に大気環境が大きく変化したためと考えられ、要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、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} の各湿性沈着量またはそれらの濃度が、県北から県南にかけて増加している原因に関して、解析を進めていかなければならない。また、三宅島の噴火活動による SO_2 の拡散や大気中での反応、雲による取り込み、沈着を考慮した長距離輸送問題等につ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)