

陰イオン沈着量と $\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$ 比による降水水質変動特性の検討

山梨大学大学院 学生員 熱田 洋一
山梨大学工学部 正会員 坂本 康
山梨大学工学部 西田 継

1. はじめに

大気汚染物質が降水に取り込まれ酸性雨が生成される。その生成のメカニズムの解明には、多くの課題が残されている。本研究では、酸性雨の水質変動特性を、酸性物質沈着量（降下量）変動により検討した。また、主な酸性物質の比($\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$)を用いて、降雨特性の違いや酸性物質の生成に大きく影響していると考えられる光化学反応の有無が、雨の酸性化にどのように影響しているかを検討した。

2. 実験方法

雨水は、甲府盆地北部に位置する山梨大学工学部構内、5階建ての建物の屋上にて1時間ごとに分取した。測定項目は、降雨強度、pH、EC（電気伝導度）、陰イオン濃度 (SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^-)、陽イオン濃度 (NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) である。解析では、平成8～11年の計38回の雨の、1時間ごとに採取した降水のデータを用いた。ここでは、6～7月の雨を梅雨、9～10月上旬の雨を秋雨、10月下旬～12月の雨を冬の雨と呼ぶ。

3. 結果

3.1 イオン沈着量と降雨特性との関係

ここでは、降水中のイオン濃度ではなく、降水がどれだけ物質をとらえたのかをあらわすイオン沈着量と降雨特性の関係を検討する。イオン沈着量とは、イオン濃度(meq/l)に降雨強度(mm/h)をかけた値である。

図1に梅雨における累加雨量の各区間(0～2, 2～4, 4～7, 7～12, 12～20, 20～40mm)の平均イオン沈着量、図2に同時期の累加雨量各区間の平均降雨強度の変化を示す。同様に、図3、4に秋雨の平均イオン沈着量、平均降雨強度と累加雨量の関係を示す。冬の雨は、秋雨と同じ傾向であるために図は省略する。また、累加雨量とは雨の降り始めから採水時刻までの合計雨量である。図1～4の各点は、データ数13個以上平均22個を平均した値である。

図1、図3の SO_4^{2-} 沈着量は、降雨強度の大小に対応している。それに対し図3の NO_3^- 沈着量では、降雨強度の変化に関係なく累加雨量の増加に伴い減少している。また、雨の初期では NO_3^- 沈着量は SO_4^{2-} 沈着量より多いが、雨の後期では SO_4^{2-} 沈着量のほうが多くなっている。これらの傾向は、図に示した数回の雨の平均についてだけでなく、1回の雨の降雨継続に伴う沈着量変化においても同様に見られた。

6～7月は大気中 HNO_3 などの NO_3^- の前駆物質の生成量が比較的多い。そのため、累加雨量が増え雨に NO_3^- が取り込まれても大気中の NO_3^- 量は減少せず、上記のように降雨強度に対応して増減を繰り返すと推測できる。一方、 SO_4^{2-} は NO_3^- に比べ大気中から除去されにくいいため、梅雨、秋雨、冬の雨のいずれにおいて大気中濃度よりも降雨強度の影響の方が大きくなると考えられる。また、秋雨、冬の雨では降雨前に大気中に存在した NO_3^- は早く除去され、かつ新たな NO_3^- 生成量が少ないために SO_4^{2-} 沈着量より降雨継続による減少が起りやすくなったと考えられる。以上により、梅雨の時期は、長時間雨

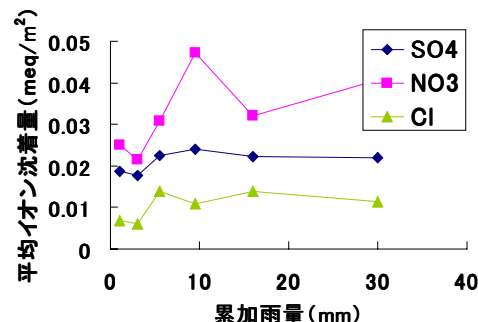


図1 梅雨の平均イオン沈着量と累加雨量の関係

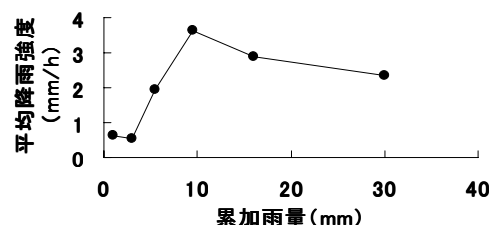


図2 梅雨の平均降雨強度と累加雨量の関係

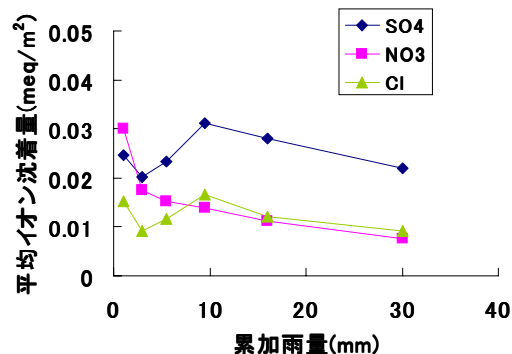


図3 秋雨の平均イオン沈着量と累加雨量の関係

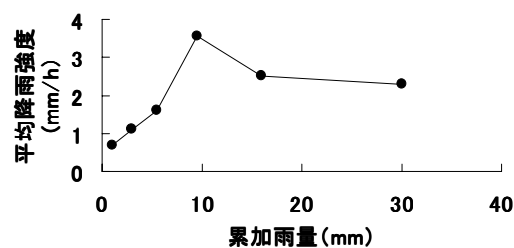
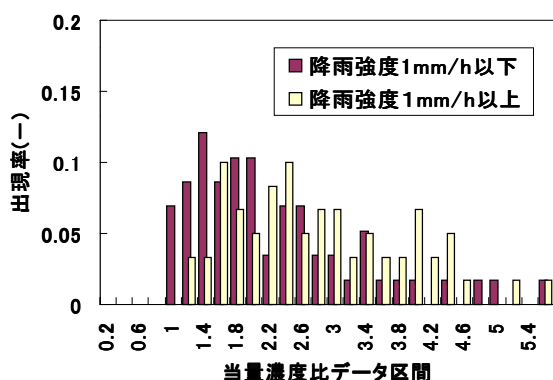
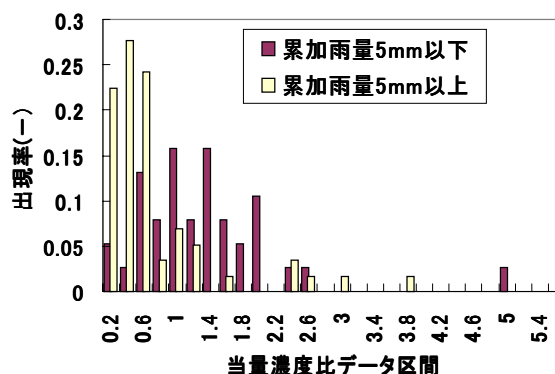
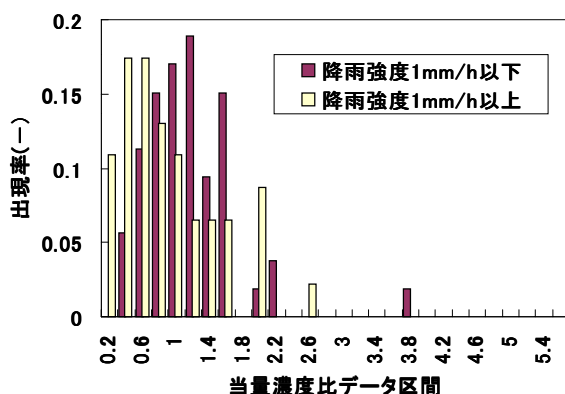
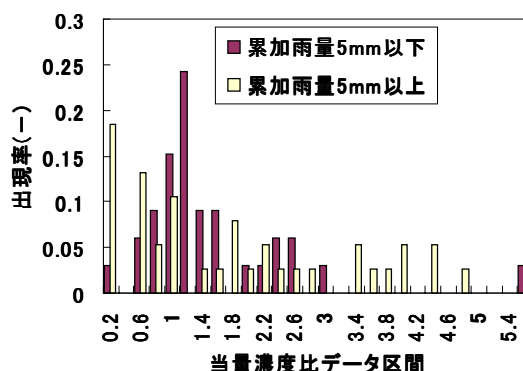


図4 秋雨の平均降雨強度と累加雨量の関係

キーワード 酸性雨, 酸性物質沈着量, 季節変化, $\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$ 当量濃度比

連絡先 〒400-8511 山梨県甲府市武田4-3-11 TEL FAX055-220-8592 atsu@ccn.yamanashi.ac.jp

図5 梅雨の $\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$ 当量濃度比の出現率図7 秋雨の昼間降水の $\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$ 当量濃度比出現率図6 冬の雨の $\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$ 当量濃度比の出現率図8 秋雨の夜間降水の $\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$ 当量濃度比出現率表1 昼夜・降雨時期別の平均 $\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$ 当量濃度比

	梅雨	秋雨	冬の雨
昼	2.19	1.03	0.65
夜	2.86	1.84	1.19

が降ってもあまり大気中の酸性物質が減少せず、酸性化された雨が降り続けていると推測される。これに対し、秋雨、冬の雨では、降雨が続くにつれ NO_3^- の雨の酸性化への寄与が小さくなり、雨の酸性度が比較的減少すると考えられる。

3.2 $\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$ 当量濃度比の変動特性

ここでは、降水中の主な酸性物質である NO_3^- と $\text{nss}(\text{non sea salt})-\text{SO}_4^{2-}$ の比と降雨特性・降雨時期・降雨時間(昼夜)との関係より、どのようなときにどちらの酸性物質の影響を大きくうけて降水が酸性化しているかを検討する。図5に梅雨、図6に冬の雨の $\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$ 当量濃度比の出現率を降雨強度 1mm/h 以下と以上に分けて示し、図7に秋雨の昼間降水(6:00~18:00)、図8には秋雨の夜間降水の $\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$ 当量濃度比を示した。また、表1には昼夜別の降雨の平均 $\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$ 当量濃度比を示した。

図5の梅雨では、降雨強度が 1mm/h 以下の時に比べ、1mm/h 以上のときのほうが $\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$ 当量濃度比が大きい値をとることが多くなっている。累加雨量が増加したときも $\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$ 当量濃度比が大きくなる傾向がある。それに対し、図6の冬の雨では降雨強度が増加すると $\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$ 当量濃度比が小さくなる傾向がある。秋雨、累加雨量が増加した場合でも同様の傾向を示す。梅雨では、降雨強度が大きく降水の物質補足能力が増えても NO_3^- が大気中に比較的多く存在するために、 $\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$ 当量濃度比の減少が起りにくい。一方、秋雨、冬の雨では、大気中の SO_4^{2-} が降水によって減少しにくく、かつ NO_3^- 生成量が少ないため、降水の SO_4^{2-} 濃度の減少が NO_3^- に比べ起りにくく、 $\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$ 当量濃度比が小さくなったと考えられる。

表1より、どの降雨時期においても夜間の降水の方が $\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$ 当量濃度比が大きくなっている。図7の秋雨の昼間の $\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$ 当量濃度比は、前述のように累加雨量が大きいときのほうが小さいという明確な傾向があるのに対し、図8の秋雨の夜間降水では、累加雨量が多いときの $\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$ 当量濃度比はばらついており、比較的大きな値をとることが多い。この傾向は、どの降雨時期においても同様である。一般的には、 SO_4^{2-} の生成より NO_3^- の生成のほうが光化学反応の有無の影響を受けやすく、昼間の $\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$ 比の方が大きいと考えられるがその逆の結果となった。このことから、夜間の NO_3^- 生成は雨の酸性化を考えるうえで、特に累加雨量 5mm 以上の雨については非常に重要であることがわかった。

4. まとめ

- 1) NO_3^- 、 SO_4^{2-} 沈着量の変動は、降雨時期により違いがあることがわかった。
- 2) 昼間の降水より夜間の降水のほうが、 $\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$ 当量濃度比が大きいことがわかった。