

# 甲府盆地における降雨のイオン組成の傾向

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

大気汚染が雨の酸性化に与える影響は大きいと考えられているが、その酸性雨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。そこで本研究では、どのような時にどのような雨が降るのかという基本的現象を考えるために、雨水の水質を分析し、そのイオン組成の傾向を検討した。

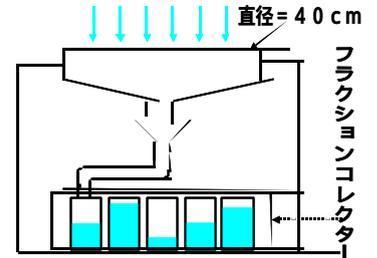


図 1 採雨装置

## 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。その採雨装置を図1に示す。この装置は、1mm/hの雨で128ml採取できる。測定項目は、降雨強度、pH、EC（電気伝導度）、陰イオン濃度（ $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{Cl}^-$ ）、陽イオン濃度（ $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ ）である。解析に用いた雨は、平成8~11年の計38回の雨で、その採雨時期は平成8~10年が9~12月、平成11年が6~11月である。

## 3. 結果と考察

### 3.1 1雨ごとのイオン濃度の変化

図2に平成11年の1雨ごとの陰イオン濃度変化を、図3に陰イオン降下量を示す。図2より総雨量が多いと、イオン濃度は比較的低い傾向を示した。また、最後の11月1日から11月15日の3回の雨で見られるように、同程度の総雨量の降雨が続くと濃度が減少する傾向が見られた。図3の降下量では、総雨量が多いと、降下量が比較的多いことがわかる。このイオン濃度・降下量の変化は、ほかの年でも、また陽イオンでも、ほぼ同じ傾向を示した。

### 3.2 主成分分析による1雨ごとのイオン当量濃度割合の検討

1雨ごとのイオン当量濃度の割合（陽イオン100%、陰イオン100%）を用いて主成分分析を行った。各主成分の主成分負荷量、固有値、寄与率を表1に示し、図4に第1主成分と第2主成分の得点の関係を示した。さ

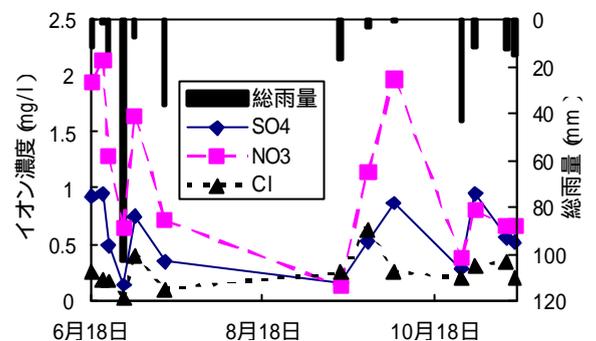


図2 平成11年の1雨ごとの陰イオン濃度

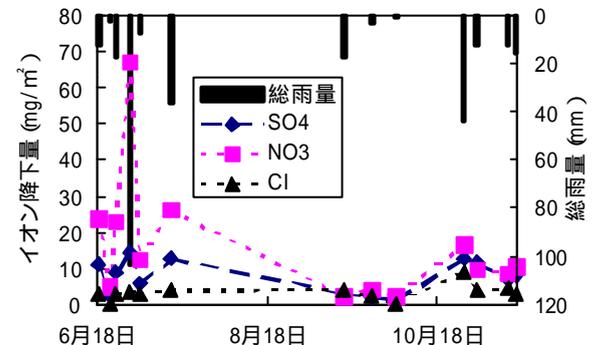


図3 平成11年の1雨ごとの陰イオン降下量

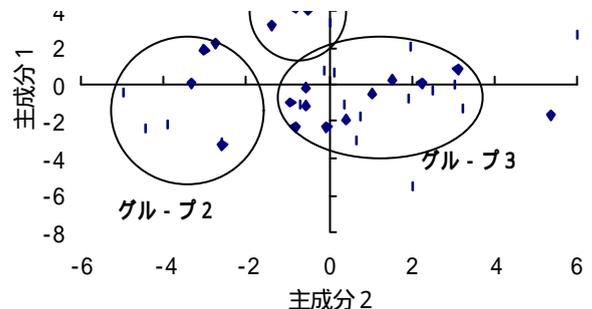


図4 イオン当量濃度割合における主成分分析の1主成分と第2主成分の得点

表 1 主成分負荷量と固有値，寄与率

	主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 4
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-0.64	0.13	-0.70	-0.08
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.76	-0.50	0.04	0.28
Cl <sup>-</sup>	-0.30	0.50	0.69	-0.28
H <sup>+</sup>	-0.57	-0.71	0.28	-0.09
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.69	-0.02	-0.46	-0.36
Ca <sup>2+</sup>	-0.27	0.48	-0.03	0.78
Na <sup>+</sup>	0.61	0.56	0.29	-0.13
K <sup>+</sup>	-0.29	0.67	-0.19	-0.29
Mg <sup>2+</sup>	0.32	0.69	-0.09	0.17
固有値	2.52	2.50	1.38	1.03
寄与率(%)	28.00	27.73	15.31	11.45
累積寄与率	28.00	55.74	71.04	82.49

らに 図 4 の結果をもとに降雨を 3 つのグループに分けた。まず、採雨時期が 6 月～7 月の梅雨時期の雨がグループ 1 に分けられた。このグループ以外の雨は、9～12 月の秋から初冬の雨であることから、梅雨と秋の雨水中のイオン組成に違いがあることがわかる。グループ 1 の雨はほかの雨に比べ、第 1 主成分得点が高い。この差は、第 1 主成分負荷量からも推察できるように、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup> の割合が高く、H<sup>+</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> の割合が低いことを示す。また、グループ 2 の降雨時期は 9・10 月であり、グループ 3 の降雨時期はそのほとんどが 11・12 月であった。この 2 つのグループには第 2 主成分の得点の値に差がみられる。これは、主成分負荷量からわかるように、グループ 2 は H<sup>+</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup> の割合が高く、グループ 3 は Na<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Cl<sup>-</sup> などの割合が高いことを示している。つまり、第 2 主成分得点がグループ 3 より低い値を示すグループ 2 のほうが、雨の酸性化に影響する NO<sub>3</sub><sup>-</sup> の割合が高く、H<sup>+</sup> の割合も高い。グループ 3 のほうが、海塩由来の Na<sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup> や、Ca<sup>2+</sup> の割合が高いといえる。

### 3.3 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 当量濃度比を用いた検討

次に 1 時間ごとのデータを用いた NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 当量濃度比と降雨強度との関係を図 5 に示した。NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>（非海塩の硫酸イオン）は、雨の酸性化の主な原因物質であると考えられているイオンである。降雨強度の少ない雨では、当量濃度比のばらつきが大きくなっている。これは、NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 濃度のほうが SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 濃度に比べ降雨強度の少ないときにばらつきが大きいことを反映している。次に、3.2 の各グループの NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 当量濃度比、pH、総雨量の平均を図 6 に示す。NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 当量濃度比は、グループ 1 が大きくグループ 2、3 と続く。総雨量も同じ傾向を示している。

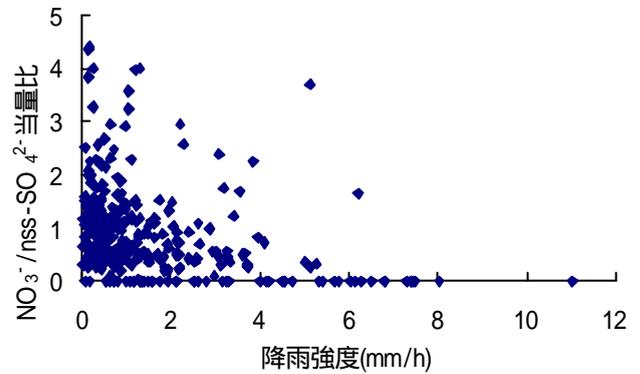


図 5 平成 8～10 年の NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 当量比と降雨強度の関係

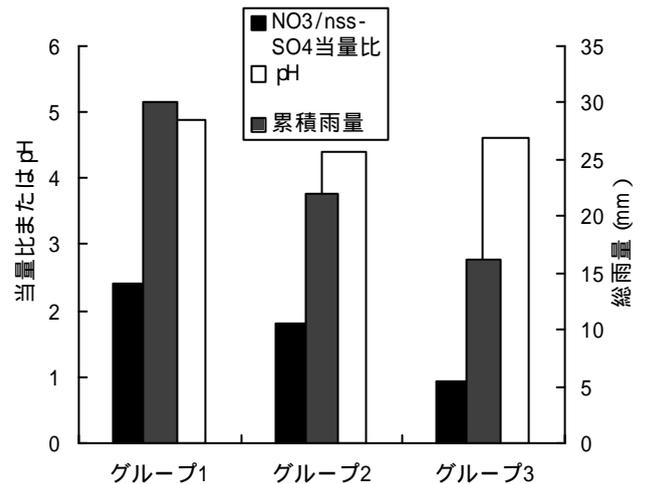


図 6 各グループにおける NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、pH、総雨量の平均

## 4. まとめ

甲府盆地の降雨水質に対して以下の解析結果が得られた。

- 1) 雨のイオン濃度は、累積雨量が少ないときに比較的高い傾向がある。降水量は、累積雨量が多いと多くなる傾向がある。
- 2) 梅雨時期と秋の雨のイオン濃度組成を比較すると、梅雨時期のほうが NH<sub>4</sub><sup>+</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup> の割合が大きく、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、H<sup>+</sup> の割合が小さい傾向を示した。
- 3) 降雨強度が小さいと NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 当量濃度比が大きくなる傾向がある。