

# 川崎市における三宅島火山ガスによる降水への影響

Acid rain effected by Volcanic Gases from Miyakejima in Kawasaki City

米屋 由理 Yuri YONEYA  
井上 俊明 Toshiaki INOUE  
豊田 恵子 Keiko TOYODA

キーワード：酸性雨，pH，火山ガス

Key words：acid rain,potential of hydrogen,volcanic gases

## 1 はじめに

2000年8月28日以降，三宅島雄山山頂から放出される噴煙の影響によると考えられる二酸化硫黄の濃度上昇が，川崎市市内においても数回観測されている。この状況は，関東地方一円で発生しており，各地で「異臭がする」などの苦情や問い合わせが相次いで寄せられた。

川崎市において，二酸化硫黄濃度が環境基準である0.1ppm(1時間値)を超える現象は8月28日から始まり，その後29日，30日，9月9日，11日，17日に出現している。特に9月17日には，市内各地で高濃度現象が出現し，午前9時に幸一般環境大気測定局で0.476ppm，川崎一般環境大気測定局で0.403ppmが測定され，同日，

神奈川県から「三宅島の噴煙に関する二酸化硫黄注意報」が横浜市および川崎市に発令された。三宅島から放出される火山ガスは，8月29日の噴火以降急激に増加し，その後も依然として山頂からの火山ガスの放出量は非常に多く，十分な警戒が必要であるとされている。2000年8月29日と9月17日の市内各一般環境大気測定局のSO<sub>2</sub>濃度を図1に，2000年8月20日から2001年3月までの三宅島火山ガス放出量の変化を図2に示した。川崎市では，麻生一般環境大気測定局に自動式雨水採取装置を設置し，年間を通じて酸性雨の常時監視を行っている。この結果をもとに，三宅島の噴煙による川崎市の降水への影響等について検討したので報告する。

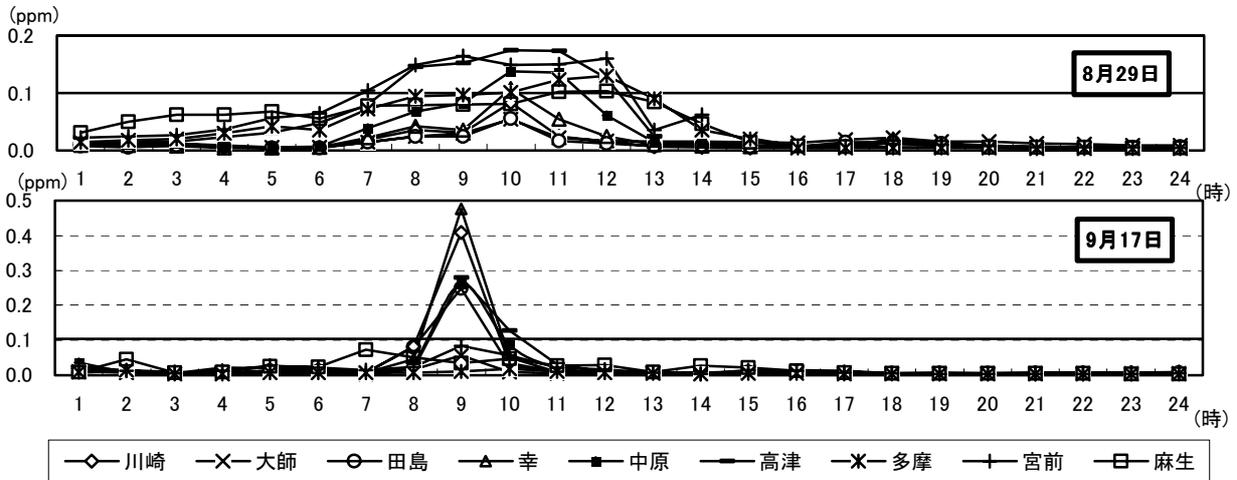
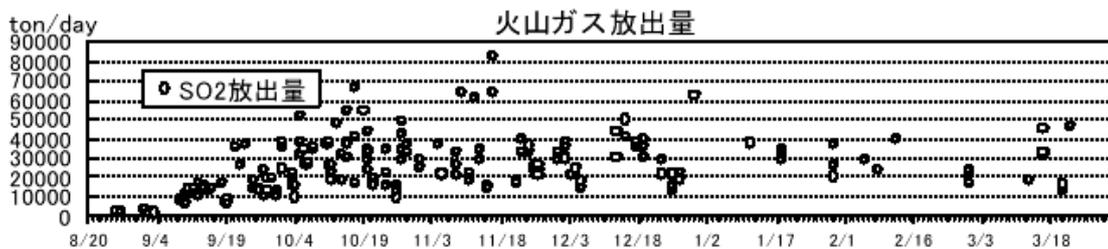


図1 2000年8月29日，9月17日の川崎市市内SO<sub>2</sub>濃度



注：11月16日の値は，上層で拡散した火山ガスの影響を受け，過大評価となっている可能性が高い。

図2 三宅島火山ガス放出量の変化(2001年3月30日気象庁地震火山部発表)<sup>1)</sup>

\*健康福祉局川崎病院

## 2 調査方法

### 2.1 試料採取地点

試料採取地点を図3に示した。なお、資料採取地点の概要は次のとおりである。

- ・麻生一般環境大気測定局（麻生区百合丘2 - 10）

地上約4m、ただし標高104mの丘の中腹にある。東京湾から約23km内陸に入った所にあり、周辺は住宅地で市内では比較的緑の多い地域である。また、約600m離れた北側に県道世田谷町田線が走っている。近隣に工場等はない。

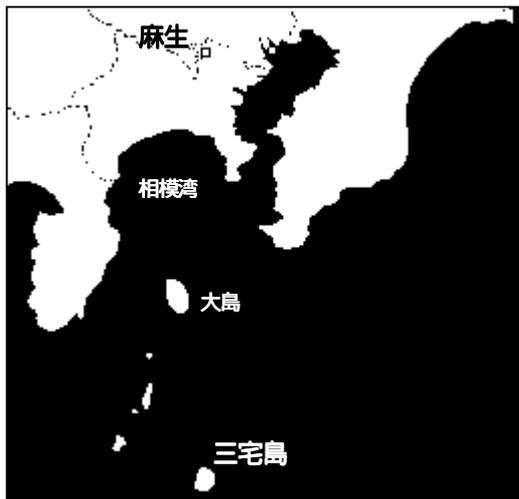


図3 試料採取地点

### 2.2 試料採取方法

試料の採取は、降水時の降水を選択的に分取できる小笠原計器製作所 C-U299 型の自動式雨水採取装置を使用した。

降水を採取するローターの口径は200mmであり、採取は1998年度までは月2回、1999年度からは2週間ごとに行った。降水は0.5mm降雨ごとに15.7ml採取され、このうち10.7mlはpH、電気伝導率（EC）測定用として、残り5mlを手分析用として試料タンクに冷蔵保存される。

### 2.3 分析項目及び分析方法

採取した試料は「酸性雨等調査マニュアル」<sup>2)</sup>に従い分析を行った。分析の方法は以下のとおりである。

|       |   |
|-------|---|
| pH    | ガラス電極法  |
| EC    | 電気伝導度法  |
| 水溶性成分 | イオンクロマトグラフ法   |
|       | ( $\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{NO}_3^-$ , $\text{Cl}^-$ , $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ , $\text{NH}_4^+$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{Ca}^{2+}$ ) |

## 3 結果及び考察

### 3.1 pHと電気伝導率

pH及び電気伝導率の経月変化を図4、5に示した。なお、比較のため1995年から1999年までの5年間の平均値を共に示した。

pHは1995から1999年の5年平均値ではpH4.8

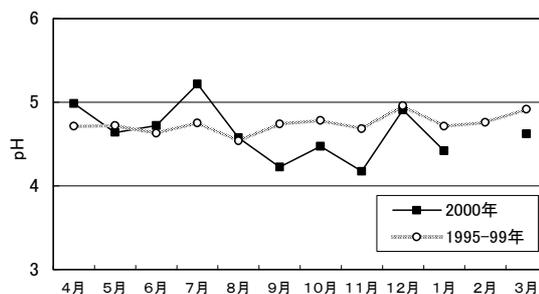


図4 pH経月変化

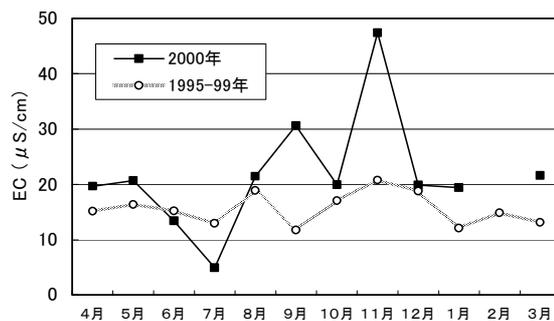


図5 電気伝導率経月変化

注)2000年1月は機械故障のため、2月と3月は測定場所の近所で建築工事を行っていたため、欠測又は参考値として示している。

程度を示しており、2000年7月までは同様の値を示していた。しかし、三宅島から多量の火山ガス放出の始まった8月以降、特に9月と11月はpH4.2前後という低い値を示し、降水が酸性側に傾いていることが示された。これは横浜市<sup>3)</sup>の報告とも一致する。

電気伝導率についてもpHの結果と一致したものとなった。過去5年平均値では約15μS/cmを示しており、7月までは同様の値を示していた。それに対し、8月以降に急激な増加傾向を示し、特に9月は30.58μS/cm、11月は47.40μS/cmと高い値を示し、降水中のイオン成分濃度も高くなっていた。

### 3.2 降水の水溶性イオン成分濃度

降水の各水溶性イオンの当量濃度を図6に示した。非海塩由来成分をnss(non sea salt)、海塩由来成分をss(sea salt)で示した。非海塩由来成分の算出には $\text{Na}^+$ を基準とした。

$\text{H}^+$ ,  $\text{nss-SO}_4^{2-}$ ,  $\text{nss-Cl}^-$ の平均値は過去5年平均に比べ明らかに増加した。その他のイオンについては過去5年平均とほとんど変わらなかった。また、2000年4月から7月までの各イオン濃度は過去5年平均とほぼ同様の結果を得た。

酸性雨の主な原因成分は $\text{nss-SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{nss-Cl}^-$ である。 $\text{nss-SO}_4^{2-}$ と $\text{nss-Cl}^-$ は火山放出物中に $\text{SO}_2$ ガス、 $\text{HCl}$ ガスとして含まれているが、 $\text{NO}_3^-$ はほとんど含まれていない。そこで火山ガス成分の影響を見るため、 $\text{nss-SO}_4^{2-}$ と $\text{nss-Cl}^-$ の濃度をそれぞれ $\text{NO}_3^-$ の濃度で割った値、 $\text{nss-SO}_4^{2-}/\text{NO}_3^-$ 比と $\text{nss-Cl}^-/\text{NO}_3^-$ 比を求め、

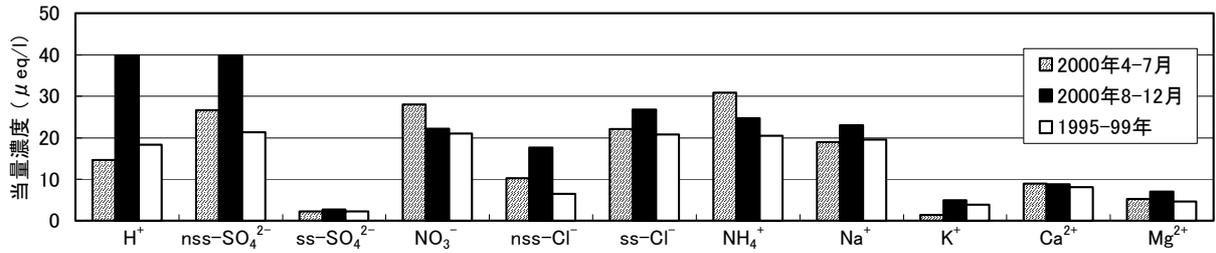


図6 各成分濃度

注) nss は非海塩由来成分, ss は海塩由来成分。

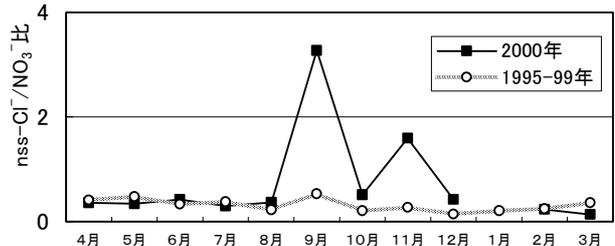
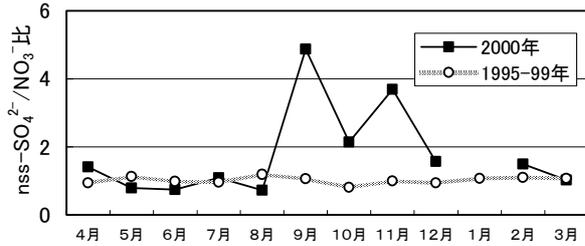


図7 nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 比と nss-Cl<sup>-</sup>/NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 比の経月変化

注) 2000年1月は機械故障のため欠測。2月と3月は測定場所の近所で建築工事を行っていたため、参考値として示している。

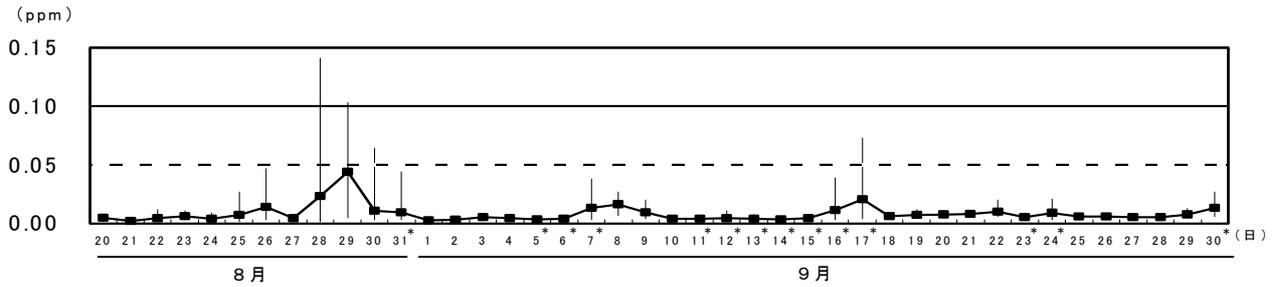


図8 SO<sub>2</sub>濃度の経日変化

注) \*は雨の降った日

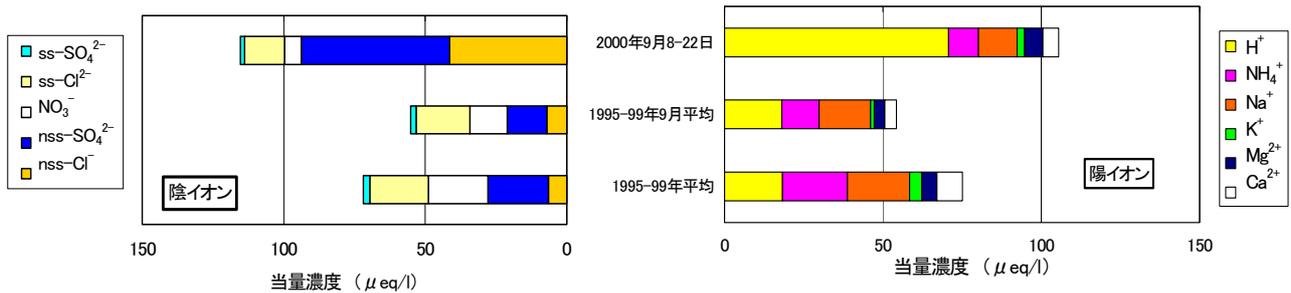


図9 陰イオン・陽イオン別濃度

その経月変化を図7に示した。

4月から8月までは過去5年平均と値がほぼ重なっているが、火山ガス放出が増加した9月以降、特に9月と11月は nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 比と nss-Cl<sup>-</sup>/NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 比共に増加していることが解る。

### 3.3 9月8 - 22日の降水

8月20日から9月30日までの SO<sub>2</sub>濃度1時間値平均を図8に示した。これは公害監視センターによる常時

監視データの速報値を使用している。また、1日の最高濃度と最低濃度の1時間値を縦線で示している。さらに、図8より SO<sub>2</sub>濃度が高かった9月17日を含む9月8日から22日の降水成分を陰イオン、陽イオンとに分けて、その内訳を図9に示した。この期間の降雨については表1に示した。図9より陰イオンと陽イオンのイオンバランスは1995-99年の9月平均と同様、とれていた。陰イオンは nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> と nss-Cl<sup>-</sup> の濃度がそれぞれ 52.4 μeq/l, 41.3 μeq/l, 陽イオンでは H<sup>+</sup> 濃

表1 2000年9月8-22日の降雨

| 降水開始      | 降水終了      | 降水量(mm) |
|-----------|-----------|---------|
| 11日 4:25  | 11日 17:22 | 460     |
| 11日 23:09 | 11日 23:24 | 5       |
| 12日 9:34  | 12日 13:10 | 100     |
| 13日 8:26  | 13日 9:11  | 5       |
| 13日 20:26 | 14日 0:52  | 10      |
| 15日 14:30 | 15日 15:03 | 15      |
| 16日 7:06  | 17日 14:43 | 1060    |

度が70.8 μeq/l と非常に高い値を示した。

さらに単位面積当たりの各イオンの暴露について知るために、イオン沈着量について調べた。各イオン沈着量の割合を図10に示した。1995-99年の9月平均に比べて nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> と nss-Cl<sup>-</sup>、H<sup>+</sup> 沈着量の割合が2倍以上に増加しており、その他のイオンについては減少していることがわかった。

これらのことより、この降水のイオン成分の大半は 2H<sup>+</sup>-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、H<sup>+</sup>-Cl<sup>-</sup> として存在していると考えられる。

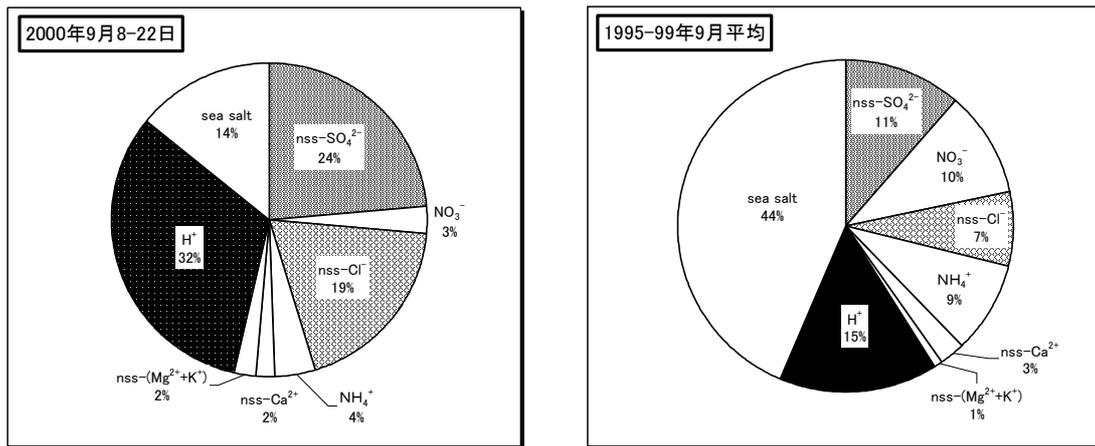


図10 各イオン沈着量の割合

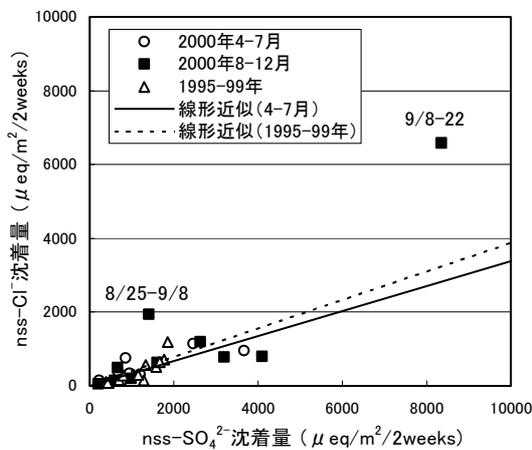


図11 nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>とnss-Cl<sup>-</sup>沈着量

表2 2000年8月-12月の降水による沈着量

| 降水の採取期間      | (μeq/m <sup>2</sup> /2weeks)      |                     |
|--------------|-----------------------------------|---------------------|
|              | nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | nss-Cl <sup>-</sup> |
| 7月28日-8月11日  | 591.1                             | 146.2               |
| 8月11-25日     | 662.7                             | 499.8               |
| 8月25日-9月8日   | 1404.4                            | 1934.7              |
| 9月8-22日      | 8345.4                            | 6574.7              |
| 9月22日-10月6日  | 4095.8                            | 800.5               |
| 10月6-20日     | 980.3                             | 207.2               |
| 10月20日-11月2日 | 3189.8                            | 782.9               |
| 11月2-17日     | 1601.0                            | 637.0               |
| 11月17日-12月1日 | 2624.5                            | 1194.9              |
| 12月1-15日     | -                                 | -                   |
| 12月15-27日    | 204.3                             | 54.7                |

### 3.4 nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> と nss-Cl<sup>-</sup> 沈着量

産業技術総合研究所地質調査総合センター三宅島火山噴火緊急観測班の三宅島 2000-年火山活動の推移まとめによると、三宅島の火山灰水溶性付着成分の Cl<sup>-</sup>/SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 比は、2000年8月下旬から9月中頃にかけて増加し、また火山灰が少なくなった後、島内ガスの Cl<sup>-</sup>/SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 比は10月頃からほぼ一定となっている<sup>4)-7)</sup>。

そこで、x軸に nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 沈着量、y軸に nss-Cl<sup>-</sup> 沈着量を取り、nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 沈着量に対する nss-Cl<sup>-</sup> 沈着量について、さらに2000年4-7月と1995-99年の値の線形近似について図11に示した。また、2000年8月から12月までの降水の nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> と nss-Cl<sup>-</sup> の沈着量を表2に示した。8月下旬から9月の降水の nss-Cl<sup>-</sup>/nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 沈着量比は明らかに増加しており、火山灰水溶性付着成分の Cl<sup>-</sup>/SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 比は、2000年8月下旬から9月中頃にかけて増加したという三宅島内での測定結果に即したものとなった。

### 3.5 まとめ

- (1) 三宅島からの多量の火山ガス放出が始まった後、降水のpHは酸性側に傾き、また、電気伝導率は急激な増加傾向を示した。
- (2) 降水の水溶性イオン当量濃度については三宅島からの多量の火山ガス放出が始まった後、H<sup>+</sup>、nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、nss-Cl<sup>-</sup>の濃度が選択的に増加した。nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/NO<sub>3</sub><sup>-</sup>比とnss-Cl<sup>-</sup>/NO<sub>3</sub><sup>-</sup>比の経月変化より、

特に9月と11月に三宅島火山ガスの影響を強く受けていることが推測された。

- (3) 三宅島火山ガスの影響を強く受けていると思われる9月17日を含む9月8日から22日までの降水は陰イオン、陽イオンのイオンバランスがとれていた。また、この降水による各イオン沈着量の割合は過去5年9月平均に比べて、 $\text{H}^+$ 、 $\text{nss-SO}_4^{2-}$ 、 $\text{nss-Cl}^-$ については2倍以上に増加しており、その他のイオンについては減少した。
- (4) 降水の  $\text{nss-Cl}^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$  比は、三宅島火山噴出物の  $\text{nss-Cl}^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$  比の増減に伴い変化した。以上より川崎市の降水は、三宅島火山ガスによりかなり強い影響を受けていることが判明した。

#### 4 おわりに

三宅島からの火山ガス放出量は2000年8月下旬以降次第に増加し、9月以降、1日当たり約2～5万トン程度の高い値を保持しており、2001年3月現在、低下を示す兆候は未だに観測されていない。(2001年8月20日に収縮を示す地殻変動がほぼ停滞していると気象庁より発表された。火山ガス放出量は1～2万トンに減少している。)三宅島の北側に位置する川崎市は、三宅島方面から吹く南風により、これからも火山ガスの影響を受けた降水にさらされる可能性が高い。

今後も注意深く監視していくことが必要と考えられる。

#### 文 献

- 1) 気象庁地震火山部・三宅島測候所：火山観測情報 第174・175号(平成13年3月30日)
- 2) 環境庁大気保全局：酸性雨等調査マニュアル(平成2年3月)
- 3) 加藤善徳，梅田てるみ：三宅島火山ガスによる酸性雨への影響，横浜市環境化学研究所報，**25**，38～46(2001)
- 4) 気象庁：三宅島の火山活動について，資料4，火山灰の水溶性付着成分(平成12年10月6日)
- 5) 気象庁：三宅島の火山活動に関する火山噴火予知連絡会統一見解，資料7，三宅島2000年噴火の推移(平成12年11月1日)
- 6) 産業技術総合研究所地質調査総合センター三宅島火山噴火緊急観測班：三宅島2000-年火山活動の推移まとめ(2001.07.04)
- 7) 平林順一：火山噴火と火山ガス，三宅島噴火と広域大気汚染，7～15(2001.02.28)
- 8) 気象庁地震火山部：関東地域における二酸化硫黄濃度の上昇について(平成12年8月28日)
- 9) 三宅島噴火及び新島・神津島近海地震非常災害対策本部：三宅島火山活動等に伴う火山性ガス(二酸化硫黄、硫化水素)への対応について(平成12年9月14日)

- 10) 原 宏：酸性雨 - 第2講 酸性雨とその生成メカニズム - 大気汚染学会誌 **26**(2) A33～A39(1991)