

## 長野県東部における浅間山噴火による 大気及び降水への影響

山下晃子<sup>1</sup>・二木克己<sup>2</sup>・西澤洋一<sup>3</sup>・木村元一<sup>1</sup>・中込和徳<sup>3</sup>・薩摩林光<sup>3</sup>

2004年9月に中爆発を起こした浅間山の火山ガスによる長野県東部における大気及び降水への影響について検討した。軽井沢での高濃度SO<sub>2</sub>の出現は、低気圧の通過後にみられ、測定期間中の1時間値の最高濃度は166ppbであった。降水中のSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>月間降水量は2000年の三宅島噴火時に増加したが、2003年には三宅島火山噴火前のレベルに戻った。その後浅間山の噴火により増加した。浅間山噴火による降水中のSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>に対する寄与率は、9～11月平均のSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>月間降水量で41%であった。

キーワード：浅間山火山，二酸化硫黄，硫酸イオン，大気汚染，エアロゾル，降水

### 1. はじめに

2004年9月1日に浅間山は中爆発を起こした。浅間山で中爆発が発生したのは、1983年4月8日以来である。この噴火は噴石を中腹まで飛ばし、火山灰を広い地域に降らせ、その結果農作物への被害をもたらした。2004年9月から11月にかけての一連の噴火の状況<sup>1)</sup>を表1に示す。浅間山の火山活動は9月1日の中爆発以降は気象庁火山活動度レベルの3(小～中規模噴火活動)となった。

浅間山(標高2,568m)からの火山ガス(SO<sub>2</sub>)の放出量<sup>1)</sup>は、2003年2～4月にかけて発生した微噴火により日量1000トン以上が放出され、それ以降は日量数百トンで少なかったが、9月1日の中爆発が発生してから11月までは日量1,000～3,000トンであった。12月以降噴火はほとんどみられなくなったが、SO<sub>2</sub>放出量は12月には日量2,000～4,700トンとやや増加傾向にあった。その後2005年1月～3月には日量2,000トン以上が放出されたが、4月以降になるとやや減少して1,000トン以下で推移した。2000年9月の三宅島火山の噴火以降にはSO<sub>2</sub>の放出量が日量50,000トン以上に達した<sup>1)</sup>。それと比較すると今回の浅間山の噴火によるSO<sub>2</sub>の最大放出量は日量5,000トン程度であった。

三宅島火山ガスによる長野県の大気及び降水への影響については報告されている<sup>2)</sup>。本報ではその後

噴火した浅間山の火山ガスによる長野県東部における大気及び降水への影響について検討し、その結果について報告する。

### 2. 調査方法

#### 2.1 調査地点及び調査期間

調査地点を図1に示す。軽井沢は軽井沢町役場、佐久は佐久合同庁舎、小諸は佐久保健所小諸支所、上田は上田合同庁舎である。本調査では1995年度～2005年度の長野県大気常時監視測定データ及び酸性雨実態調査結果<sup>3)</sup>を用いて解析した。

#### 2.2 測定方法

大気中のSO<sub>2</sub>濃度は溶液導電率法、浮遊粒子状物質(SPM)はβ線吸収法による大気常時監視局の1時間平均値を用いた。降水を含む大気降下物(以下降水とする)はろ過式補集法により捕集され、降水中のpH及びSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>などの水溶性成分が分析された。

### 3. 結果及び考察

#### 3.1 軽井沢における噴火によるSO<sub>2</sub>及びSPM濃度への影響

軽井沢における大気中のSO<sub>2</sub>及びSPM濃度を図2に示す。SO<sub>2</sub>濃度は9月30日、10月6日、21日、

1 長野県上田保健所 検査課 〒386-8555 長野県上田市材木町1-2-6  
2 長野県長野保健所 検査課 〒380-0936 長野県長野市中御所岡田98-1  
3 長野県環境保全研究所 環境保全部 〒380-0944 長野県長野市安茂里米村1978

表1 浅間山の噴火の状況 (2004年)

発生日時	噴火の規模	降灰の状況
9月1日 20時2分	中爆発	群馬県・福島県の一部で降灰
9月14日 ～18日	小噴火が 頻発	軽井沢町で多量の降灰、群馬 県・埼玉県・東京都・神奈川 県・千葉県の一部でも降灰
9月23日 19時44分	中爆発	群馬県・新潟県・山形県の一 部で降灰
9月29日 12時17分	中爆発	群馬県の一部で降灰
10月10日 23時10分	小噴火	北北東4kmに最大径2cmの 火山れきが飛散。群馬県の一 部で降灰
11月14日 20時59分	中爆発	長野県軽井沢町・群馬県・栃 木県の一部で降灰

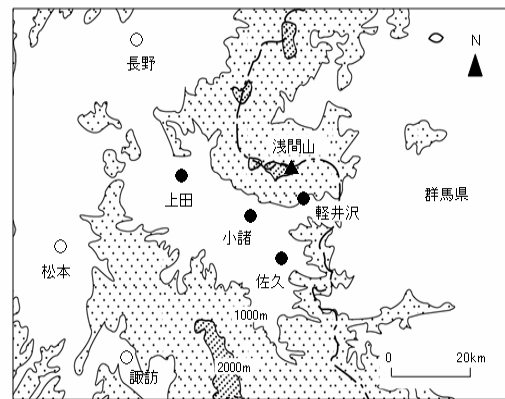


図1 測定地点配置図  
●：測定地点

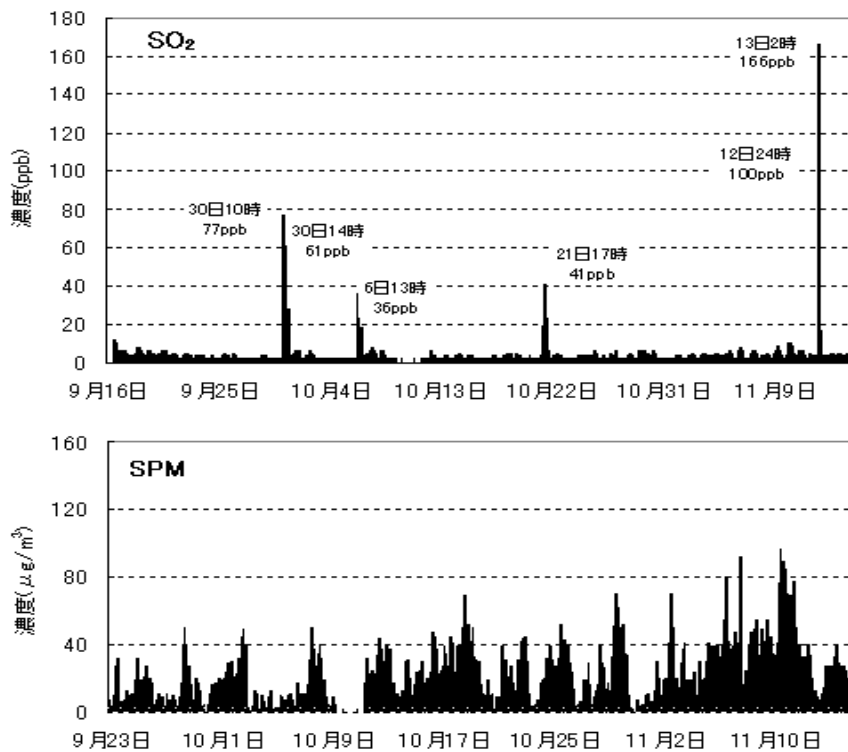


図2 浅間山噴火後のSO<sub>2</sub>及びSPM濃度の経時変化(軽井沢, 2004年)

11月12～13日に高濃度になった。これらの高濃度日の天気図<sup>1)</sup>を図3に示す。9月30日, 10月6日, 21日はいずれも台風, 台風から変わった低気圧又は台風並みに発達した低気圧が長野県付近を通過し, その低気圧に吹き込む風により浅間山から軽井沢方向に火山ガスが輸送され, その結果軽井沢でSO<sub>2</sub>が高濃度になったと考えられる。11月12～13日についても, 前線にキック(停滞前線の北側へ盛り上がった部分)があり, また気圧の谷により低気圧が発生し通過したとみられ, 同様な現象によ

りSO<sub>2</sub>が高濃度になったと考えられる。

SO<sub>2</sub>に対しSPMは, 噴火の有無や風向きによる濃度の大きな変動はなく噴煙の影響はみられなかった。

### 3.2 軽井沢における降水への影響

軽井沢における2004年度の降水中のpHの経月変化を図4に示す。噴火のあった9月にはpHは4.46と低下し, 翌10月も4.76の比較的低い値で推移した。なお, 噴火前の2003年の9月, 10月のpHは

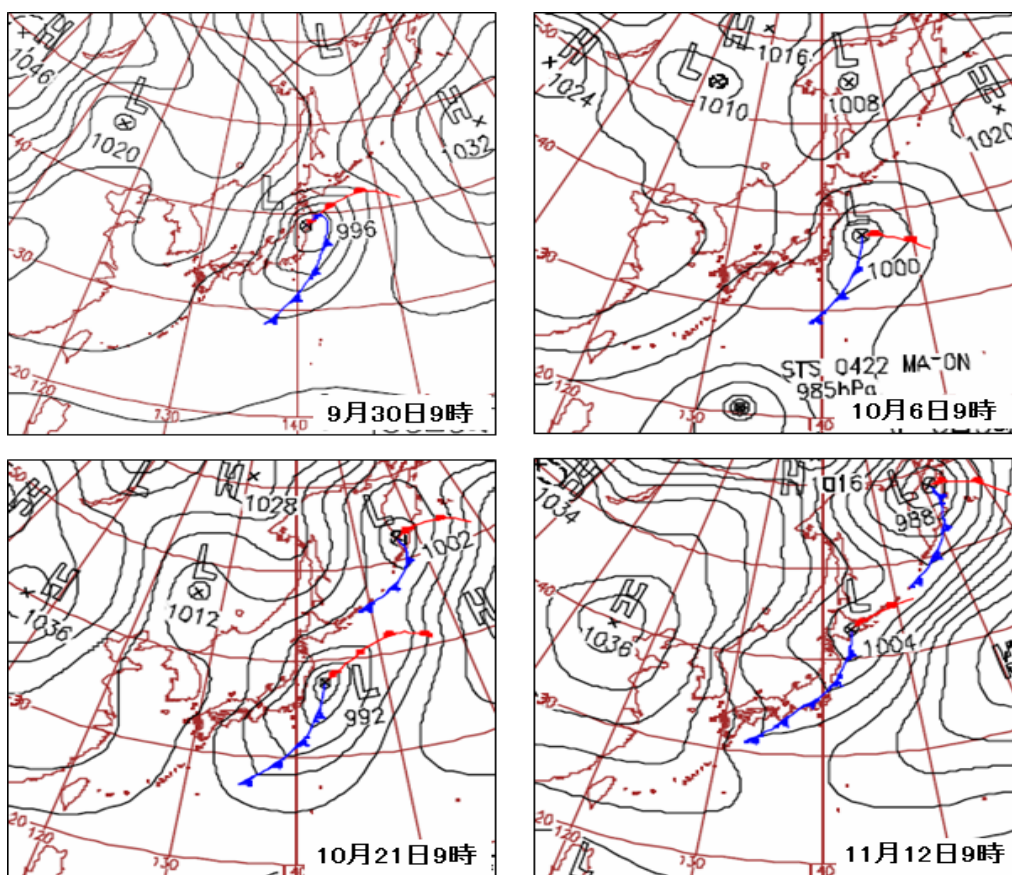


図3 2004年9月30日, 10月6日, 21日, 11月12日の天気図

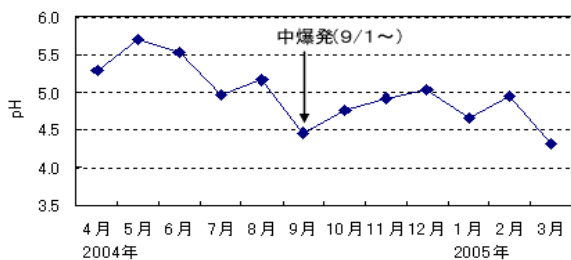


図4 降水中のpHの経月変化(軽井沢, 2004年度)

それぞれ5.75, 5.81であった。

火山ガス中のNO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度はSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>に比べ極めて低く、又両者の比をとることにより、輸送中の混合や拡散などの影響を小さくできる。噴火前において、この比は地域ごとにほぼ一定であり、その変動はSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>降下量に比べ小さい。そのため、両者の比は火山ガスの影響度の指標として有効である<sup>2), 4)</sup>。そこで降水中のSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>月間降下量及びSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/NO<sub>3</sub><sup>-</sup>(等量濃度比, 以下S/N比)の年度別の9~11月と年度毎の平均値を図5.6に示す。2000年の三宅島噴火時にはSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>月間降下量及びS/N比ともに増加したが、

2003年には三宅島火山噴火前のレベルに戻った。その後浅間山の噴火により増加した。

火山ガスによる寄与率は噴火前の平均値に対し、噴火後の増加分が火山ガスによるものと仮定すると、次式が成り立つ<sup>2)</sup>。

$$\text{寄与率 (\%)} = (\text{Ma}-\text{Mb})/\text{Ma} \times 100$$

M: SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>月間降下量又はS/N比

Ma: 噴火後の平均値

Mb: 噴火前の平均値

軽井沢における火山による降水中のSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>降下量及びS/N比の変化を表2に示す。浅間山噴火による寄与率は、9~11月平均でSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>月間降下量が41%, S/N比が24%, 年平均でSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>月間降下量が19%, S/N比が18%であった。一方、三宅島火山噴火の寄与率は、9~11月平均でSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>月間降下量が55%, S/N比が59%, 年平均でSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>月間降下量が43%, S/N比が38%であった。寄与率は、浅間山に比べて三宅島の方が高かった。これは、SO<sub>2</sub>ガスの

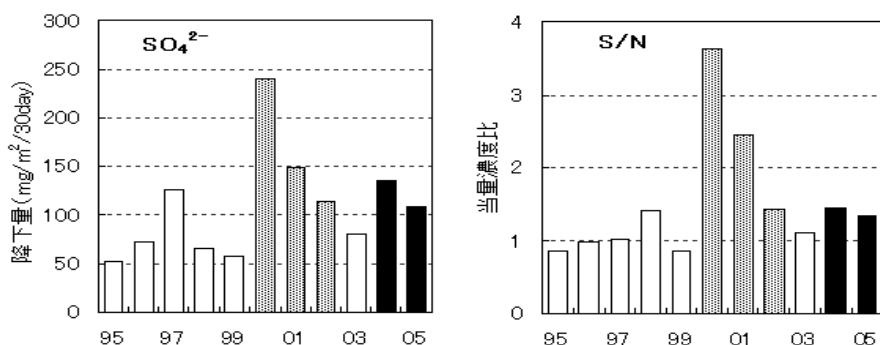


図5 降水の SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 降下量および SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 当量濃度比 (軽井沢, 9 ~ 11 月平均)

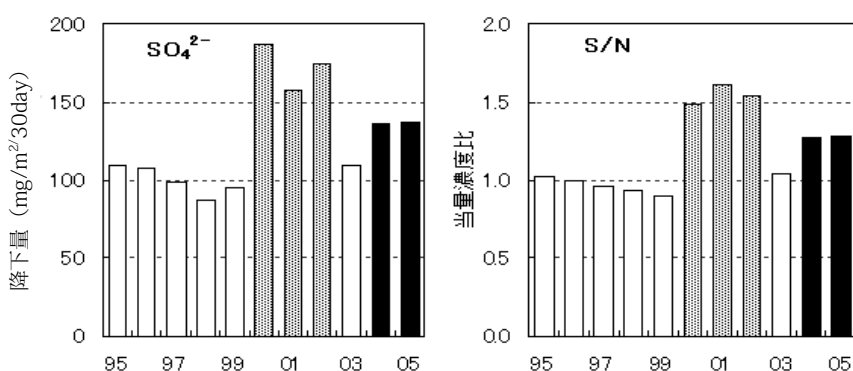


図6 降水の SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 降下量および SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 当量濃度比 (軽井沢, 年度平均)

表2 火山による降水の SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 降下量および S/N 比の変化 (軽井沢)

	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/m <sup>2</sup> /30day)		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (当量濃度比)	
	9-11 月平均	年平均	9-11 月平均	年平均
1995-1999 年度平均 (三宅島火山噴火前)	75	100	1.02	0.96
2000-2002 年度平均 (噴火後)	168	173	2.49	1.54
三宅島火山寄与率 (%)	55	43	59	38
2003 年度 (浅間山噴火前)	81	110	1.11	1.04
2004 年度 (噴火後)	137	136	1.46	1.27
浅間山火山寄与率 (%)	41	19	24	18

表3 地点別 SO<sub>2</sub> 濃度の 1 時間値及び日平均値の最高値 (ppb)

	1997 ~ 1999	2000 ~ 2002	2003	2004	年度
1 時間値の最高値 (9 ~ 11 月)					
上田	17	75	10	11	
軽井沢	-	-	-	166	
日平均値の最高値 (9 ~ 11 月)					
上田	7	23	5	4	
軽井沢	-	-	-	15	

表4 地点別SPM濃度の1時間値及び日平均値の最高値 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

	1997～1999	2000～2002	2003	2004	年度
1時間値の最高値(9～11月)					
上田	183	182	79	93	
佐久	165	113	98	119	
小諸	180	120	119	116	
軽井沢	-	-	-	96	
日平均値の最高値(9～11月)					
上田	101	73	39	50	
佐久	89	63	55	45	
小諸	107	67	65	51	
軽井沢	-	-	-	51	

放出量が浅間山(1,000～5,000 t/日)<sup>1)</sup>に比べて三宅島(10,000～80,000 t/日)<sup>1)</sup>が約10倍多かったためと考えられる。また、三宅島に比べ浅間山から軽井沢までの輸送時間が短いため、SO<sub>2</sub>からSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>への変換(酸化)率が小さいことも一因と考えられる<sup>5), 6)</sup>。

### 3.3 長野県東部地区でのSO<sub>2</sub>及びSPM濃度への影響

以上、軽井沢における浅間山火山ガスによる大気及び降水への影響について解析したが、ここでは、軽井沢周辺地域における影響について検討した。上田、小諸、佐久の各地点の年度別9～11月のSO<sub>2</sub>及びSPM濃度の1時間値及び日平均値の最高値を表3、4に示す。なお、2004年度の軽井沢の値も参考に示す。SO<sub>2</sub>濃度については、三宅島火山噴火後の2000～2002年に上田において高い値となったが、2003年には三宅島火山噴火前の1997～1999年のレベルに戻った。浅間山噴火のあった2004年は三宅島火山噴火前のレベルと同程度であり濃度の増加はみられなかった。小諸、佐久においても浅間山噴火後の1時間値の最高値はいずれも8 ppbであり、三宅島火山噴火前の1997～1999年のレベル(それぞれ12, 11 ppb)よりやや低い値であり浅間山の火山ガスの影響はみられなかった。SPM濃度については、浅間山及び三宅島火山の噴火時とも濃度の変動はみられなかった(表4)。

## 4. まとめ

長野県東部における2004年9月の浅間山の噴火による大気及び降水への影響を検討した。軽井沢での高濃度SO<sub>2</sub>の出現は、低気圧の通過後にみられた。

軽井沢における降水中のSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>月間降水量及びS/N比は、2000年の三宅島噴火時には両者ともに増加したが、2003年には三宅島火山噴火前のレベルに戻った。その後浅間山の噴火により増加した。浅間山噴火による寄与率は、9～11月平均でSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>月間降水量で41%、三宅島火山噴火で55%であった。寄与率は、浅間山に比べて三宅島の方が高かった。

上田、小諸、佐久においては浅間山の噴火によるSO<sub>2</sub>の影響はみられなかった。また、SPMはいずれの地点においても浅間山の噴火による影響はみられなかった。

## 謝 辞

本研究では長野県大気常時監視測定データ及び酸性雨実態調査結果を用いた。関係者に深く感謝致します。また、SO<sub>2</sub>高濃度出現時における気象解析にあたり、種々のご助言をいただきました(財)日本気象協会長野支店の町田悦尾氏に心から感謝致します。

## 文 献

- 1) 気象庁ホームページ(2006)  
<http://www.jma.go.jp/jp/volcano/>
- 2) 薩摩林光, 中込和徳, 川村實, 梶野瑞王, 植田洋匡(2006)三宅島火山ガスによる長野県の大気および降水への影響, 長野県環境保全研究所研究報告, 2, 29-36.
- 3) 長野県生活環境部(1996～2006)大気汚染等測定結果.
- 4) 岡田拓也(2003)三宅島火山ガスのつくばにおける大気および降水中の硫酸化物濃度への影

響，筑波大学大学院環境科学研究科，平成14年度修士（環境科学）学位論文。  
5) H. Satsumabayashi, M. Kawamura, T. Katsuno, K. Futaki, K. Murano, G.R. Carmichael, M. Kajino, M. Horiguchi, and H. Ueda (2004) Effects of Miyake volcanic effluents on airborne particles and precipitation in central Japan, *J. Geophysical*

*Research*, 109, D19202.

6) 鶴野伊津志，若松伸司，植田洋匡，村野健太郎，酒巻史郎，栗田秀實，薩摩林光，寶来俊一（1997）春季の移動性高気圧通過時の九州地域での二次汚染物質と火山性SO<sub>2</sub>の挙動，大気環境学会誌，32，404-424.

## Effects of Asama volcanic gas on atmospheric environment in east area, Nagano Prefecture

Akiko YAMASHITA <sup>1</sup>, Katsumi FUTAKI <sup>2</sup>, Youichi NISHIZAWA <sup>3</sup>, Genichi KIMURA <sup>1</sup>,  
Kazunori NAKAGOMI <sup>3</sup> and Hikaru SATSUMABAYASHI <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ueda Public Health Center, 1-2-6 Zaimokucho Ueda, 386-8555, Japan.

<sup>2</sup> Nagano Public Health Center, 98-1 Okada, Nakagoshu, Nagano 380-0936, Japan.

<sup>3</sup> Nagano Environmental Conservation Research Institute, Environmental Conservation Division, 1978 Komemura, Amori, Nagano 380-0944, Japan.