

三宅島における SPM 及び硫酸ミストの環境濃度

横田 久司 古明地哲人 樋口 雅人

要 旨

三宅島における火山ガスによる複合的な影響を調べるため、浮遊粒子状物質 (SPM)、硫酸ミスト等に関する調査を2002年11月から2003年1月の期間、島内3ヶ所において実施した。その結果、次の知見が得られた。

三宅島における SPM 濃度は13~20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、東京都内の平均に比較して低い状況で推移している。SO₂が高濃度の場合には、火山ガスによる SPM 濃度への影響が認められた。また、硫酸ミスト濃度は、測定期間中の最大値は6.79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、平均値は1.51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。SO₂濃度と硫酸ミスト濃度には有意な相関が認められ、その生成は火山ガスに起因するものと考えられる。

キーワード : SPM、硫酸ミスト、SO₂、火山ガス

The concentration of SPM and sulfuric acid mists in Miyake Island

Hisashi Yokota, Tetsuhito Komeiji, Masato Higuchi

Summary

We investigated suspended particulate matter (SPM), and sulfuric acid mists from November 2002 to January 2003 in Miyake Island to examine an influence by the volcanic plumes. Those results are as the following.

SPM concentrations in Miyake Island were 13~20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, and it is a lower level than the average concentration of Tokyo area. When SO₂ was high concentration, it was confirmed that volcanic plumes influenced on the SPM concentration. The maximum value of sulfuric acid mists concentration was 6.79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, and the mean was 1.51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. As for, it was confirmed that there was high correlation between SO₂ concentration and sulfuric acid mists concentration. And it was thought that Sulfuric acid mists were originated from volcanic plumes.

Keywords : SPM, Sulfuric acid mists, SO₂, volcanic plume

1 はじめに

2000年6月26日より始まった2000年三宅島噴火では、二酸化硫黄(SO₂)を始めとする世界にも類を見ないほどの火山ガスの大量放出¹⁾が始まり、最近になってSO₂の放出量は1万トンを下回る日が多くなってきた²⁾ものの、島内におけるSO₂濃度は環境基準を大幅に上回る状況が継続している³⁾。この様な状況の中、2000年8月の最大規模の噴火に続いて火砕流が発生したこともあり、全島民は3年にわたる島外への避難の継続を余儀なくされている。

東京都と内閣府では、火山ガスがどのような状況になれば帰島が可能になるのかを安全確保対策などの面から科学的に検討するため、「三宅島火山ガスに関する検討会」(以下「検討会」という。)を設置⁴⁾し、三宅島の火山ガスの現状分析、火山ガスが人の健康に与える影響等について検討を行った。

一般に火山ガス成分の90%以上は水蒸気であり、その他にSO₂、硫化水素(H₂S)、塩化水素(HCl)、二酸化炭素(CO₂)などの成分が含まれるとされている⁵⁾。三宅島では、噴火直後の2000年8月から火山ガスのうちSO₂、H₂S等について観測が行われている。

検討会では、これらの項目に加えて、火山ガスによる健康への複合的な影響の観点から、浮遊粒子状物質(SPM)や硫酸ミスト等に関する調査の必要性が指摘された。東京都環境局では、この指摘を受け、平成14年11月から15年1月の期間、三宅島内3ヶ所においてSPM及びその成分についてSPM自動測定機及び粒子状物質捕集装置(ロウポリウムエアースンプラー、以下「LV」と略記する。)

等を用いて調査を実施した。

ここでは、三宅島火山ガスのSPM濃度、硫酸ミスト濃度等について、この調査により、明らかになった結果について報告する。

2 調査

(1) 調査期間

平成14年11月20日～平成15年2月19日

(2) 測定地点

東京都三宅支庁(以下、「三宅支庁」という。)、東京都三宅村阿古(阿古船客待合所)(以下、「阿古船客待合所」という。)、東京都三宅村三池(三宅島空港)(以下、「三宅島空港」という。)の3地点(図1参照)で浮遊粒子状物質等の測定及びサンプリングを行った。3地点における測定機器の設置場所の詳細は下表の通りである。

地点名	SPM自動測定機	LV
支 庁	市庁舎3F(SO ₂ 計と同じ3Fで別室)	左記庁舎の屋上
空 港	気象庁庁舎1F(SO ₂ 計と同じ1F)	左記庁舎の屋上
阿 古	三宅島漁業協同組合お魚センター(SO ₂ 計設置の阿古船客待合所隣)	左記建物外部地上

これらの3地点または直近の地点で、SO₂自動測定機による測定を行っている。これは一般環境大気測定用のものを高濃度まで測定できるように改造したもので、測定レンジは0.02～20ppmの範囲である。

(3) 測定項目

ア SPM

SPMの自動測定には、線式SPM自動測定機(東亜DKK、GRH-76M型)を用いた。データ収録の周期は1時間、測定レンジは0～1000mg/m³とした。

イ 水溶性イオン成分

測定項目は、陰イオンとして、硝酸イオン(NO₃⁻)、硫酸イオン(SO₄²⁻)、塩化物イオン(Cl⁻)、陽イオンとして、ナトリウムイオン(Na⁺)、アンモニウムイオン(NH₄⁺)、カリウムイオン(K⁺)、マグネシウムイオン(Mg²⁺)、カルシウムイオン(Ca²⁺)及び水素イオン(H⁺)濃度である。



図1 三宅島におけるSPM等の測定地点



ウ 硫酸ミスト

一般に、SO₂がSO₃まで酸化すれば水蒸気と急速に結合（SO₃+H₂O=H₂SO₄）して硫酸となり、硫酸の蒸気圧は非常に低いのでほとんどが凝集して硫酸ミストとなる⁶⁾。ミストと表現される場合は、大気中に浮遊する微小な硫酸の液滴であり、硫酸塩やエアロゾルとは区別される。大気中の硫酸ミストの測定について、個々の硫酸ミストに特定な測定法はLodge等⁷⁾による電子顕微鏡を用いた観察法がほとんど唯一であるが、非常に手数と技術を要する。福田⁸⁾、富沢⁹⁾等により硫酸ミスト測定方法が検討されているが、硫酸ミストと硫酸イオンを分離できる方法ではない。今回の調査に要求される内容と測定期間を考慮し、後述する方法によりH⁺濃度から推定することとした。

エ SO₂

SO₂濃度については、三宅島で継続して行っている上記3地点における観測データ³⁾を利用した。

(4) 捕集方法と測定期間

ア LVによるサンプリング

LV（新宅機械製作所、S-2型）を用いて、テフロンろ紙（47mm）に、吸引流量20L/minで1検体当たり24時間の捕集を行った。合計吸引流量は、28.8m³である。測定期間は、次の期間とした。

平成14年11月20日～11月25日（5日間）

平成15年1月21日～1月26日（5日間）

イ SPM自動測定機のテープロ紙によるサンプリング

SPM自動測定機は、ガラス繊維のテープロ紙（巾30mm）上の直径11.5mmの円形捕集面に、環境大気を18L/minで1時間吸引し、SPM濃度を測定する。合計吸引流量は、1.08m³である。その後、順次新たな捕集面が送られ、巻き取られたろ紙は月毎に交換する方式となっている。ここでは、イオン成分の時間単位での変動を調査するため、SPM濃度測定後のろ紙を回収し、試料として利用した。

上述した調査期間のうち、3地点におけるSO₂高濃度の時間帯を抽出し、合計720検体について分析に供した。しかし、三宅島空港以外は高濃度となる時間帯が少なかったこと、ろ紙ブランクの影響が大きくデータ処理ができなかったため、解析には三宅空港の次の期間（120時間）のデータを使用した。

平成14年11月20日14時～11月22日14時

平成14年11月27日23時～11月28日23時

平成14年12月4日17時～12月5日17時

平成14年12月10日13時～12月11日13時

(5) 水溶性イオン成分の分析

浮遊粒子状物質の測定分析については、有害大気汚染物質測定方法マニュアル¹⁰⁾に準拠して行った。

ア 質量の算出（LVのみ）

捕集前のろ紙を調湿ボックスに入れ、相対湿度50%、温度20℃で恒量にした後、電子天秤（島津製作所、LIBROR AEU-210型）により、ろ紙を0.1mgまで秤量した。捕集後のろ紙も同一条件にて秤量した。

イ 水溶性イオンの定量分析

JISK0102に準拠し、イオンクロマトグラフ法により実施した。イオンクロマトグラフの装置及び測定条件は、以下の通りである。

陰イオン測定

装置：DIONEX社製 DX-500型

検出器：電気伝導度検出器

サブレッサー：ASRS-ULTRA

カラム：IonPac AS14

溶離液：3.5mM NaCO₃ / 1.0mM NaHCO₃

陽イオン測定

装置：DIONEX社製 DX-AQ型

検出器：電気伝導度検出器

サブレッサー：CSRS-ULTRA

カラム：IonPac CS14

溶離液：10mM メタスルホン酸

ウ 測定イオンの定量範囲

各イオンの定量範囲は、以下の通りである。

陰イオン

NO₃⁻：0.1～40 mg/L、SO₄²⁻：0.2～100 mg/L

Cl⁻：0.05～25 mg/L

陽イオン（全て） 0.1～30 mg/L

エ 濃度の算出

イオンクロマトグラフ法により得られた各イオン成分濃度、大気吸引流量等から大気中の無機イオン濃度を算出した。

オ ろ紙ブランク

調査に使用したテフロンろ紙及びテープロ紙のブランク値を表1に示した。LVによるサンプリングの場合には、ろ紙ブランクも小さいため、全成分について有効な測定結果が得られた。しかし、SPM自動測定機のテープロ紙

によるサンプリングの場合には、ろ紙ブランクと測定値との差が小さいため、有効なデータが少なかった。

表1 ろ紙ブランク

	(単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	テフロンろ紙	テープろ紙
NO_3^-	0.22 ~ 0.23	0.50 ~ 0.75
SO_4^{2-}	0.1	3.12 ~ 3.31
Cl^-	0.2未満	4.37 ~ 4.58
Na^+	0.7 ~ 0.8	6.11 ~ 6.13
NH_4^+	0.04未満	0.02 ~ 0.03
K^+	0.2未満	0.62 ~ 0.75
Mg^{2+}	0.04未満	0.17 ~ 0.19
Ca^{2+}	0.2 ~ 0.3	1.34 ~ 1.50

(6) 硫酸ミスト濃度の推計について

イオン成分のうち H^+ 濃度の全部が硫酸ミストとして存在すると仮定して計算した。質量としては、 H^+ イオンと当量の硫酸 (H_2SO_4) が存在するものとして硫酸ミスト濃度を推計した。

通常、陽イオン、陰イオンについては、量的に双方のバランスがとれ電氣的に中性となる状態で存在する。したがって、この仮定は、硫酸ミストの最大値を推定するものである。

3 結果及び考察

(1) SPM 濃度の状況

SPM 濃度について、 SO_2 の3地点における観測データと比較検討を行ったところ、次のような特性が認められた。

三宅島内の3地点における SPM 平均濃度は13~20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、東京都内の平均37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (平成13年度)¹¹⁾に比較して、低い状況で推移している(図2)。

三宅島空港における SPM 濃度(1時間値)と SO_2 濃度は、特に高濃度の場合に有意な相関が認められる。 SO_2 濃度が1.5ppm 以上の場合において、 SO_2 に対する SPM の重量比率は、0.7%程度であった(SO_2 1ppm は $2.86 \times 10^3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ として計算)(図3)。

三宅支庁、阿古船客待合所においては、 SO_2 が高濃度になることが少なかったため、明確な相関は認められなかった。

以上の結果から、三宅島空港においては、 SO_2 が高濃度の場合には量的に少ないものの火山ガスによる SPM 濃度への影響が認められた。三宅支庁において、SPM が時折200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える濃度がみられるが、 SO_2 濃度との関係は不明である。

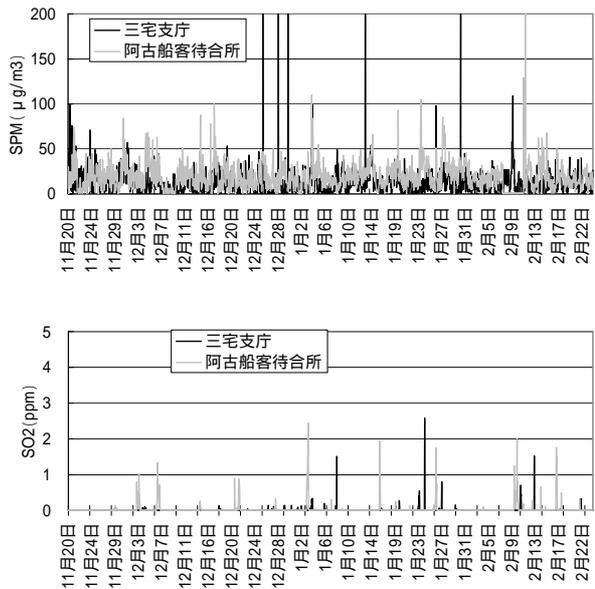
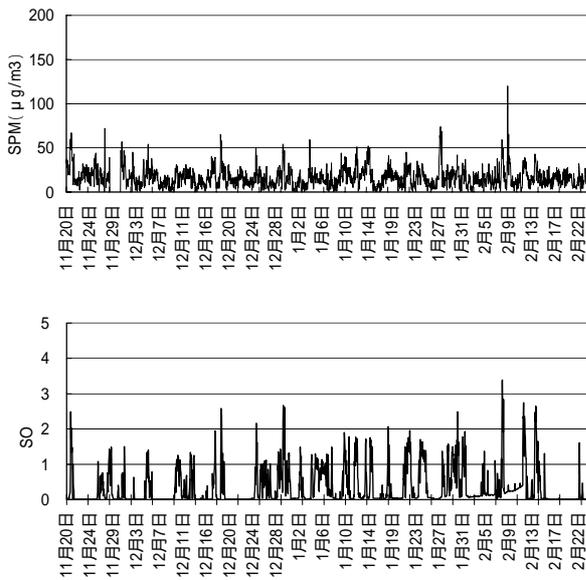


図2-2 三宅島における SO_2 濃度とSPM濃度の推移(1時間値)(三宅支庁、阿古船客待合所)

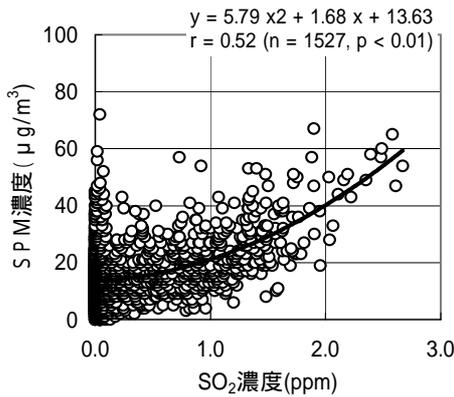


図3 SO₂とSPMの相関(三宅空港)

(2) イオン成分濃度等の状況

ア 1日平均値(LVによる結果)

LVにより捕集した成分の分析結果を表2に示した。表2にはSO₂、SPMの一日平均値及び硫酸ミスト推計濃度も示した。また、各成分間の相関を表3に示した。

23区内におけるSPM中のSO₄²⁻平均濃度(平成5~12年度で4.6~7.2µg/m³の範囲)¹²⁾と比較すると、三宅島におけるSO₄²⁻濃度は3.9µg/m³で相対的に低いことが

確認された。これに対し、長野市では、三宅島の火山ガスによる影響で、2000年9月にSO₄²⁻濃度44.4µg/m³が観測されており¹³⁾、長距離移流過程における転換が起こっているものと考えられる。また、SPM濃度に対するSO₄²⁻濃度の割合は約20%であり、23区内平均と比較して若干高い傾向であった(表2参照)

イオン成分間の関係については、次のような特徴が認められた。

SO₂と相関が高いイオンは、SO₄²⁻とNH₄⁺であった。しかし、モル濃度(mol/m³)に換算して比較すると、約0.1%に相当する程度である(図4)。以下の図には、10⁻⁹ mol/m³単位で表示した。

SO₄²⁻はNH₄⁺と高い相関があり、双方をモル濃度に換算して比較すると、NH₄⁺はSO₄²⁻の約23%程度に相当した。

Cl⁻とNa⁺、Mg²⁺、K⁺には高い相関があり(図5)。Na⁺とCl⁻の平均モル濃度比は1.18程度と、海塩粒子の比率(0.86)¹⁴⁾に近い値を示した。

表2 SO₂、SPM濃度及び水溶性イオン濃度と硫酸ミスト濃度推計値

測定項目	SO ₂	SPM	硫酸ミスト (as H ₂ SO ₄)	陰イオン				陽イオン				水素イオン濃度	
				NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺		
場所	測定日時	ppm		µg/m ³								pH	
三宅空港	11/20 13:50~11/21 13:50	0.75	20	2.15	0.4未満	8.1	0.5未満	1.5	1.1	0.4未満	0.17	0.7	5.2
	11/21 13:50~11/22 13:50	0.13	20	0.54	1.4	4.6	1.1	2.5	0.08未満	0.4未満	0.34	0.6	5.8
	11/22 13:50~11/23 13:50	0.00	10	0.54	1.2	2.7	3.7	2.8	0.08未満	0.4未満	0.37	0.4未満	5.8
	11/23 13:50~11/24 13:50	0.00	20	0.54	1.2	3.2	4.9	3.5	0.08未満	0.4未満	0.50	0.4未満	5.8
	11/24 13:50~11/25 13:50	0.00	10	2.15	1.8	2.9	4.6	3.2	0.08未満	0.4未満	0.41	0.4未満	5.2
	1/21 13:30~1/22 13:30	1.24	20	5.39	0.24	8.8	2.0	2.4	0.39	0.5	0.22	0.3	4.8
	1/22 13:30~1/23 13:30	0.10	10	0.54	0.49	2.6	1.3	1.6	0.09	0.3	0.19	0.3	5.8
	1/23 13:30~1/24 13:30	1.04	20	6.79	0.42	8.5	2.8	3.1	0.44	0.4	0.32	0.3	4.7
	1/24 13:30~1/25 13:30	0.79	10	5.39	0.47	6.5	1.9	2.4	0.47	0.4	0.17	0.4	4.8
	1/25 13:30~1/26 13:30	0.05	10	0.68	0.76	1.7	3.0	2.3	0.05	0.3	0.27	0.4	5.7
阿古客船待合所	11/20 13:30~11/21 13:30	0.00	30	1.08	2.5	3.4	1.2	2.3	0.29	0.4未満	0.31	0.6	5.5
	11/21 13:30~11/22 13:30	0.00	30	0.54	2.5	4.7	5.0	4.1	0.08未満	0.4未満	0.58	0.4	5.8
	11/22 13:30~11/23 13:30	0.00	10未満	0.43	0.9	2.6	1.2	1.7	0.08未満	0.4未満	0.24	0.4未満	5.9
	11/23 13:30~11/24 13:30	0.00	10	0.68	1.2	3.4	2.3	2.9	0.08未満	0.4未満	0.44	0.4未満	5.7
	11/24 13:30~11/25 13:30	0.00	20	1.08	1.7	3.7	2.9	3.0	0.08未満	0.4未満	0.41	0.4未満	5.5
	1/21 14:00~1/22 14:00	0.01	40	0.43	0.50	3.6	2.1	9.3	0.04未満	0.5	1.3	0.6	5.9
	1/22 14:00~1/23 14:00	0.00	10未満	0.43	0.81	2.8	3.4	2.8	0.11	0.3	0.38	0.3	5.9
	1/23 14:00~1/24 14:00	0.00	50	0.43	0.91	4.0	2.2	11	0.04未満	0.6	1.5	0.6	5.9
	1/24 14:00~1/25 14:00	0.00	40	2.15	0.81	3.3	1.8	8.9	0.06	0.6	1.1	0.5	5.2
	1/25 14:00~1/26 14:00	0.23	20	1.35	0.48	4.2	2.2	2.1	0.51	0.3	0.22	0.3	5.4
三宅支庁	11/20 13:10~11/21 13:10	0.00	30	3.40	2.9	3.9	0.5未満	2.3	0.26	0.4	0.27	0.5	5.0
	11/21 13:10~11/22 13:10	0.00	20	0.43	2.2	3.8	1.6	2.9	0.08未満	0.4未満	0.40	0.4	5.9
	11/22 13:10~11/23 13:10	0.00	10	0.43	1.0	2.4	2.4	2.4	0.08未満	0.4未満	0.34	0.4未満	5.9
	11/23 13:10~11/24 13:10	0.00	10	0.54	1.4	3.5	1.9	2.8	0.08未満	0.4未満	0.40	0.4未満	5.8
	11/24 13:10~11/25 13:10	0.00	10	0.54	1.5	3.8	3.2	3.2	0.08未満	0.4未満	0.46	0.4未満	5.8
	1/21 13:00~1/22 13:00	0.00	20	0.43	0.50	2.5	5.8	3.6	0.12	0.3	0.48	0.4	5.9
	1/22 13:00~1/23 13:00	0.06	10	2.70	0.85	4.4	0.4	1.9	0.24	0.3	0.18	0.3	5.1
	1/23 13:00~1/24 13:00	0.11	20	0.43	1.1	2.5	6.2	4.3	0.04未満	0.3	0.56	0.4	5.9
	1/24 13:00~1/25 13:00	0.00	10未満	1.71	0.63	1.9	4.0	2.8	0.15	0.3	0.33	0.3	5.3
	1/25 13:00~1/26 13:00	0.00	10	2.15	1.4	1.8	2.4	2.4	0.13	0.3	0.25	0.3	5.2
平均		0.15	19.6	1.53	1.16	3.86	4.73	3.40	0.29	0.38	0.44	0.42	5.54

注) 硫酸ミスト濃度は、水素イオン濃度の全部が硫酸ミストとして存在すると仮定して計算した。

表3 各成分間の相関(一日平均値)

	SPM	SO ₂	硫酸 ミスト	陰イオン			陽イオン					
				NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	
SPM	1.00											
SO ₂	0.02	1.00										
硫酸ミスト	0.01	0.82	1.00									
陰イオン NO ₃ ⁻	0.17	-0.49	-0.24	1.00								
SO ₄ ²⁻	0.21	0.90	0.73	-0.27	1.00							
Cl ⁻	0.73	-0.20	-0.19	-0.19	-0.13	1.00						
陽イオン Na ⁺	0.78	-0.20	-0.16	-0.09	-0.08	0.99	1.00					
NH ₄ ⁺	0.01	0.69	0.55	-0.35	0.71	-0.30	-0.32	1.00				
K ⁺	0.61	0.30	0.42	-0.37	0.26	0.70	0.69	0.06	1.00			
Mg ²⁺	0.77	-0.29	-0.28	-0.03	-0.14	0.97	0.99	-0.38	0.60	1.00		
Ca ²⁺	0.69	0.12	0.03	0.02	0.27	0.39	0.41	0.37	0.41	0.38	1.00	

注) n=30 r > 0.45 のとき、1%で有意

全成分の合計重量はSPMの75%になり、ほぼこれらの成分でSPM組成を説明できることになる。この中で、主要なイオンはCl⁻、SO₄²⁻、Na⁺であり、これらの成分で61%を占めており、海塩粒子の影響が大きいことが分かる。

以上の結果から、イオン成分について火山ガスの影響はみられるものの、火山ガス成分の大部分はSO₂であることが示された。

イ 1時間平均値(テープろ紙による結果)

前述のように、ろ紙ブランクが大きいため有効なデータが少なかった。ここでは、三宅空港のデータを解析し、各成分間の相関を表4に示した。

イオン成分間の関係については、次のような特徴が認められた。

SO₂と正の相関が高いイオンは、上記と同様にSO₄²⁻とNH₄⁺であった。しかし、平均モル濃度比でみると、0.2%程度に相当する程度である(図6参照)。

SO₄²⁻とNH₄⁺についても、上記と同様に非常に高い相関があり、NH₄⁺の平均モル濃度はSO₄²⁻の約54%程度に相当した。

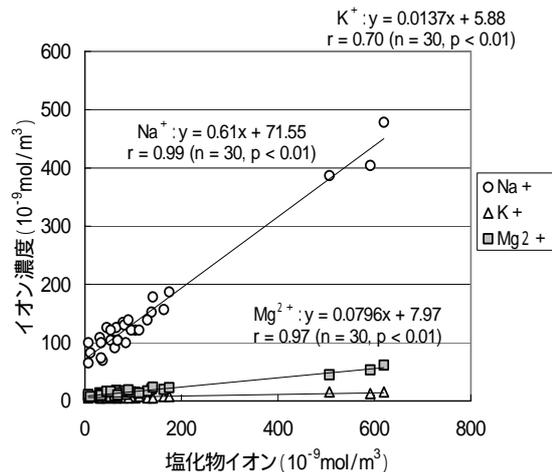


図5 塩化物イオンと他成分の相関

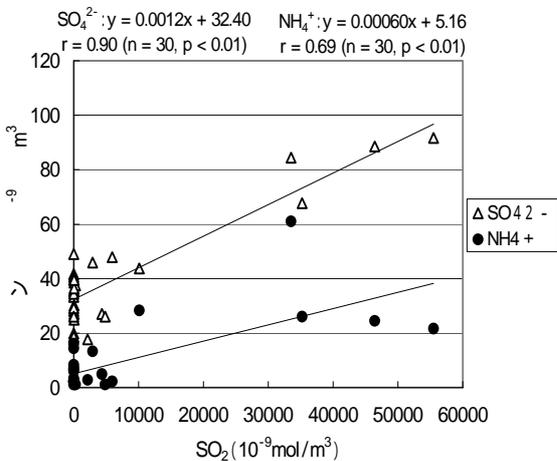


図4 SO₂とイオン成分の相関(1日平均値)

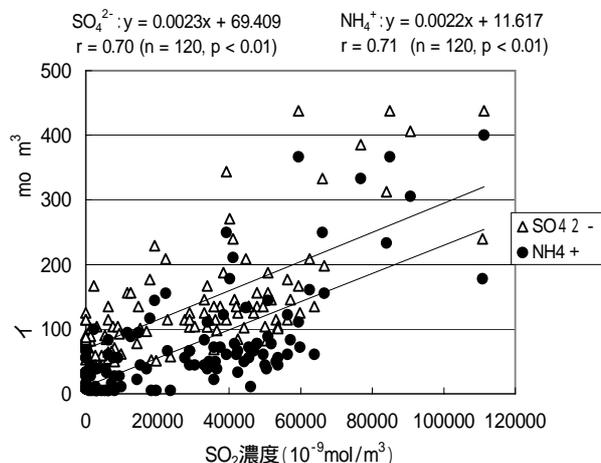


図6 SO₂濃度とイオン成分の相関(1時間値)

表4 SPMと成分間の相関マトリックス(1時間値)

	SPM	SO ₂	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
SPM	1.00									
SO ₂	0.61	1.00								
NO ₃ ⁻	0.20	-0.26	1.00							
SO ₄ ²⁻	0.76	0.70	0.05	1.00						
Cl ⁻	-0.18	-0.33	0.35	0.00	1.00					
Na ⁺	-0.05	0.19	-0.14	0.16	0.21	1.00				
NH ₄ ⁺	0.78	0.71	0.03	0.99	-0.09	0.12	1.00			
K ⁺	0.31	0.52	-0.19	0.48	-0.24	0.76	0.47	1.00		
Mg ²⁺	-0.36	-0.32	-0.05	-0.27	0.50	0.44	-0.31	-0.03	1.00	
Ca ²⁺	0.00	0.33	-0.43	0.00	-0.54	0.39	0.04	0.55	-0.04	1.00

注) n = 120、r > 0.234 のとき、1%で有意

Na⁺とCl⁻のモル濃度比は1.76程度であり、海塩粒子の比率と異なる傾向を示した。

以上のように、テープろ紙の成分分析結果は、LVによる結果と傾向は一致しているが、量的には異なる傾向を示した。線式ろ紙の取り扱いについては、森山¹⁵⁾のように数値化を可能としている例もあるが、データ処理方法は今後の課題である。

(3) 硫酸ミスト濃度の状況

ア 硫酸ミスト濃度の状況

硫酸ミスト濃度(表2参照)は、測定期間中の最大値は6.79 μg/m³、平均値は1.53 μg/m³であった。SO₄²⁻に対する硫酸ミストの比率は平均40%に、SPM中の硫酸ミストの比率は7.8%に相当した。

また、SO₂に対する硫酸ミストの平均重量比率は0.36%、モル比では0.23%に相当した。さらに、SO₂濃度と硫酸ミスト濃度には有意な相関が認められた(図7参照)。

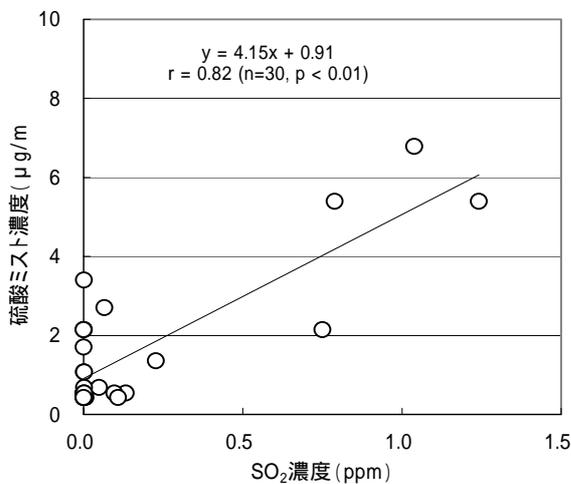


図7 硫酸ミスト濃度とSO₂濃度の相関

以上の結果から、硫酸ミスト濃度は低いものの、その生成は火山ガスに起因するものと考えられる。

イ 硫酸ミストへの転換について

SO₂から硫酸ミストへの転換については、浮遊粒子状物質予測マニュアル¹⁶⁾にまとめられている。ここでは、同マニュアルで紹介されている二次粒子推計式である指数近似モデルを用いて、転換率を試算した。

$$[SO_4^{2-}] = [SO_2] \cdot A s \{1 - \exp(-K \cdot t)\} \quad (1)$$

ただし、

[SO₄²⁻]: 硫酸粒子濃度 (mg/m³)

[SO₂]: SO₂濃度 (ppm)

A s : 換算係数 = 4.29

: SO₂の初期比率

K : 転換率、t : 時間 (h)

ここでは、測定地点までの距離を3 km(火口縁からの距離)平均風速を6 m/sとして、表2に示した結果から、(1)式より転換率Kを求めた。ただし、SO₂の初期比率はマニュアルでは0.95という値が示されているが、ここでは = 1として計算した。この結果、転換率K = 1.7% /hとなった。この値は、同マニュアル、大喜多¹⁷⁾による転換率の範囲の下限にほぼ一致している。

平林⁵⁾によれば、火口縁から出たSO₂が斜面を流れ下る際に青白い硫酸ミストが目撃されている。火山ガス成分の90%以上は水蒸気であり、前述のように高濃度のSO₂がSO₃まで酸化すれば水蒸気と急速に結合して硫酸となり、凝集して硫酸ミストが生成される。山頂付近でのSO₂濃度は、寺田らの観測結果¹⁸⁾から噴煙直径約100~300 m、初期速度約2~6 mとし、気象庁による観測²⁾から本調査期間平均のSO₂放出量を7200トン/日とすると、SO₂

濃度は70～230ppmと推計される。この値は、千葉ら¹⁹⁾の数値モデルによる推定とオーダー的に一致している。

このような高濃度のSO₂と水蒸気が存在する状況とこれらの観測状況等から、山頂付近では、硫酸ミスト濃度がより高濃度で存在する可能性は否定できず、今後の観測が必要と考えられる。

4 まとめ

本調査の結果から、SPM、硫酸ミストともに濃度は低いものの、SO₂濃度と相関があり、火山ガスによる影響があることは明らかになった。しかし、SPM濃度は環境基準よりも低い水準にあり、23区内の平均濃度等と比較しても、SPM、硫酸ミストの影響は小さいものと考えられる。ただし、瞬間的な高濃度に対する影響については、監視を継続する必要がある。

この調査は、環境局(旧)環境評価部広域監視課の中村真一、戸村英雄、杉山孝一氏の多大な協力の下に行われた。また、三宅島におけるSPM自動測定機の管理及びLVによる浮遊粒子状物質の捕集については、グリーンブルー(株)に、水溶性イオンの分析等に関しては第一建築サービス株式会社に委託して分析を行った。また、火山ガス検討会の各委員、同ワーキンググループの皆さんには解析に当たって種々の助言を頂きました。紙上を借りて感謝いたします。

参考文献

- 1) 風早康平、平林順一、森博一、尾台正信、中堀康弘、野上健治、中田節也、篠原宏志、宇都浩三：三宅島火山2000年噴火における火山ガス 火山灰の付着ガス成分およびSO₂放出量から推測される脱ガス環境、地学雑誌、110(2)、pp. 271-279 (2001)
- 2) 気象庁ホームページ：三宅島火山ガス(二酸化硫黄)放出量から推定
http://www.seisvol.kishou.go.jp/tokyo/320_Miyakejima/so2emission.htm
- 3) 東京都災害対策本部：三宅島の雄山噴火に伴う高濃度ガス連続自動測定結果について(その34)、平成15年8月14日(2003)
- 4) 東京都災害対策本部：「三宅島火山ガスに関する検討会」の設置及び開催について、平成14年9月25日(2002)
- 5) 平林淳一：火山噴火と火山ガス、三宅島噴火と広域大気汚染、(社)大気環境学会、pp.7-15(2001)
- 6) 山縣登、大喜多敏一：環境汚染分析法6 硫酸化物、pp.102(1974)
- 7) J.P.Lodge and K.J.Parbhakar: An improved method for the detection and estimation of micron-sized sulfate. Anal. Chem. Acta, 29,372-374(1963)
- 8) 福田正則、金崎照雄、山岡茂夫、岡三知夫：硫酸ミストの定量法について、大気汚染研究、Vol.8、pp.262(1973)
- 9) 富沢利：硫酸ミストの測定法、大気汚染研究、Vol.8、pp.263(1973)
- 10) 環境庁大気保全局大気規制課：有害大気汚染物質測定方法マニュアル(平成10年3月)(1998)
- 11) 東京都環境局環境評価部：大気汚染常時測定局測定結果報告(平成13年度年報) pp.386(2003)
- 12) 東京都環境科学研究所：浮遊粒子状物質等測定データ集、pp.49(2001)
- 13) 鹿角孝男、河村実、薩摩林光、西沢宏、村野健太郎：長野県北部で観測された三宅島の火山ガスにより生成した高濃度硫酸エアロゾル、大気環境学会誌、37(1)、pp.(2002)
- 14) 岡部史郎、広田致、清水和雄：海洋の化学、東海大学出版社、pp.11(1980)
- 15) 森山登、武直子、鈴木修、大泉毅：三宅島噴煙影響時における浮遊粒子状物質中水溶性イオン組成、新潟県保健環境科学研究所年報、第16巻、pp.128-131(2001)
- 16) 浮遊粒子状物質対策検討会(環境庁大気保全局大気規制課監修)：浮遊粒子状物質汚染予測マニュアル、pp.229-230(1997)
- 17) 大喜多敏一：大気保全学、pp.85(1982)
- 18) 寺田暁彦、井田喜明、三宅島火山の噴煙活動、南太平洋海域調査研究報告 No.37、40～49、列島火山の噴煙活動を探る、木下紀正編、鹿児島大学多島圏研究センター(2003)
- 19) 千葉長、佐々木秀孝、清野直子、佐藤純次：数値モデルを用いた三宅島火山ガスの地表濃度推定の試み、南太平洋海域調査研究報告 No.37、76～83、列島火山の噴煙活動を探る、木下紀正編、鹿児島大学多島圏研究センター(2003)