

報 文*

三宅島火山灰から水に溶出する硫黄化合物の同定と定量及び環境
に及ぼす影響若杉 幸子¹, 田中 美穂^{®1}, 前田 勝¹Identification and determination of sulfur compounds dissolved in water from
volcanic ashes of Mt. Oyama in Miyake island and their effect to the environmentSachiko WAKASUGI¹, Miho TANAKA¹ and Masaru MAEDA¹¹ Tokyo University of Fisheries, 4-5-7, Konan, Minato-ku, Tokyo 108-8477

(Received 8 May 2003, Accepted 15 September 2003)

In order to estimate influences on the environment of the Miyake Island by sulfur compounds emitted by volcanic activity in 2000, volcanic ash of Mt. Oyama was washed with Milli-Q water. The contents and chemical forms of the sulfur, mainly originating in sulfur dioxide adsorbed on the ash, in the washed water were determined by ion chromatography and the turbidimetry using the precipitation of barium sulfate. Ion chromatography showed that the washed water contained only sulfate and chloride anions. The concentration of the sulfate ion dissolved in the washed water maintained the same value after hydrogen peroxide was added to it. By turbidimetry, sulfate ion was identified in the water. These results suggest that only the sulfate ion existed in the washed water. Most of the sulfate ion was extracted to the water immediately when the volcanic ash and the water were contacted. The pH values of the water also decreased immediately upon contact. Then, the concentrations of sulfate ion and proton, together, were slightly increased according to the contact time. By washing volcanic ashes with Milli-Q water, more than 23% of the total sulfur in the volcanic ash was quickly extracted out as the sulfate ion. This result suggested a possibility that the volcanic ash may result in serious problems involving the reconstruction of daily lives on the Miyake Island, e.g. to get the city water.

Keywords : sulfate ion; ion chromatography; turbidimetry; volcanic ashes; Miyake island.

1 緒 言

三宅島の雄山は2000年7月に噴火してから現在に至るまで、毎日山頂火口から多量の二酸化硫黄（及びわずかな硫化水素）を含む火山ガスを放出し続けている。火山ガス中の二酸化硫黄等の気体が火山灰に吸着し、最終的に水に溶け、土壌や河川水にどのような影響を及ぼす恐れがあるかについて検証を行う必要がある^{1)~3)}。著者らは火山灰の環境水への影響を見積もる、特に火山灰が雨水や地表水に接触したとき、それらにどのような変化を与えるかを明ら

かにするため、火山灰を用いた溶出実験を行った。

これまで火山灰からの化学成分の溶出実験は、溶出した化学成分の組成から火山昇華物等火山灰中の化合物組成を推定するために多く行われてきたが^{1)~3)}、火山灰が雨水等と接触する場合、環境水や土壌にどのような変化を生じさせるかという観点からの研究は少ない⁴⁾。三宅島の2000年の噴火に関連しても火山学的観点からの研究が中心である。例えば、風早ら⁵⁾は火山ガスの組成と放出量から脱ガスの機構を解明する研究において、火山灰から溶出される吸着ガス成分と火山ガスの組成・放出量とが対応するとの知見に基づき、火山灰から溶出される塩素イオンと硫酸イオンを定量している。また、乾燥させた火山灰からのイオン交換水に溶出させた硫酸イオンを硫酸バリウムを用いる

* 若手研究者の初論文特集

¹ 東京水産大学(現在 東京海洋大学)海洋環境学科: 108-8477
東京都港区港南 4-5-7

重量法で定量した報告もある⁶⁾。火山灰中には gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), thenardite (Na_2SO_4), epsomite ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 等の硫酸塩鉱物の存在が証明, あるいは仮定されているので²⁾, 火山学的観点からの溶出実験では溶出液中の硫黄化合物に関し硫酸イオンのみが測られてきたが, 亜硫酸イオン等他の硫黄化合物の存在の可能性については十分に検討されてこなかったといえる。

著者らは, 水との単純な接触によって火山灰から水に溶け出してくる様々なイオンについて考察すること, 更にこれらのイオンを含む水がどのような性質を帯び, どのように環境に影響を与えるかを調べることを最終的な目的としている。本報告では三宅島の火山灰を水に接触させたときに, 火山灰中の硫黄化合物がどのような化学形で, どの程度, どのようなパターンで水に移動するかを調べた結果を報告する。

2 実 験

2.1 試 料

三宅島火山灰は, 2000年8月下旬に三宅島神着支庁舎駐車場で東京都により採取された雨水等の水の影響を受けていない火山灰の提供を受け, これを用いた。入手した火山灰をナイロン製のふるいで分画し, 粒径 $63 \mu\text{m}$ 以下の微細粒子画分を溶出実験等に供した。また, 三宅島火山灰と比較するため, 有珠山の2000年3月の噴火直後に虻田町立火山科学館の屋上で採取された火山灰の提供を受け, 溶出実験に用いた。

なお, 三宅島火山灰の $63 \mu\text{m}$ 以下の画分について, 大気中荷電粒子励起 X 線分析 (PIXE) 法により主成分と硫黄が測定されている。 $63 \mu\text{m}$ 以下の画分については水に懸濁後回収した試料の分析結果も合わせて報告されている⁷⁾。同報告では, $63 \sim 1000 \mu\text{m}$ の画分の主成分濃度は1983年噴火のスコリアのそれ⁸⁾とよく一致したことが, また水に懸濁させることによって PIXE 法で検出できる火山灰粒子表層の硫黄の濃度が著しく減少した (40 mg/g から 18 mg/g へ) ことが指摘されている。

2.2 溶出実験

溶出量の時間変化 (溶出パターン) を把握するための実験を以下のように行った。粒径 $65 \mu\text{m}$ 以下の火山灰 5 g を精ひょうし, 50 ml の Milli-Q 水とともに (ふた付きのポリエチレン製) 遠沈管に入れた懸濁液試料を複数作り, 同時に振とうを開始した。温度は $22 \pm 2^\circ\text{C}$ とした。水と接触させた直後, 即座に汙過した試料を振とう時間 0 時間の試料とし, その後 1 時間ごとに遠沈管を 1 本取り出し, pH 測定後, 加圧汙過 (ADVANTEC Cellulose Acetate $0.45 \mu\text{m}$) によって火山灰と溶出液を分離した。溶出液をイオンクロマトグラフィー⁹⁾¹⁰⁾及び硫酸バリウムによる白濁を

利用する比濁法を用いた吸光光度法¹¹⁾¹²⁾による硫黄化合物の同定及び定量に供した。

溶出量の再現性を確認するために, 同様に調製した 12 時間振とうさせた懸濁液試料をイオンクロマトグラフィーで溶液中の硫酸イオンと塩化物イオンを測定する実験を繰り返した。有珠山火山灰についても同様の実験を行った。三宅島火山灰については, 更にキャピラリー電気泳動法により主陽イオンを測定した。装置は大塚電子製 CAPA-3300 を用いた。

更に火山灰が雨水等に複数回接触することを想定し, 2 段階の溶出で溶出量がどのように変化するかを検討した。三宅島火山灰を用いて上記と同様に調製した複数の懸濁液試料を 12 時間振とう後, 遠心分離機で火山灰残さを溶出液から分離回収した。一部の火山灰残さを遠沈管に入れたまま, デシケーター内で乾燥させた後, 改めて Milli-Q 水 50 ml を加え, 12 時間振とうした。残りの火山灰残さには湿った状態のまま改めて Milli-Q 水 50 ml を加え, 12 時間振とうした。pH 測定後, 溶出液を加圧汙過により分離回収し, 硫酸イオンを定量した。

硫酸イオンにまで酸化されていない硫黄が溶出実験で得られた汙液に存在する可能性を考え, 溶出実験で得られた汙液に過酸化水素水を加え, イオンクロマトグラフで硫酸イオン濃度を測定した。したがって, 硫酸イオンが酸化剤を加えないときに比べ, 増加すれば酸化数の低い硫黄化合物の存在を示唆する。

2.3 火山灰中の硫黄の分析

火山灰中の全硫黄量を測定するために, 火山灰 0.5 g を精ひょうし, 濃硝酸とフッ化水素酸で分解処理し, 硫黄化合物を硫酸イオンの形にした後, 50 ml の希塩酸溶液にしたものを陰イオンクロマトグラフで測定した。

2.4 主成分分析

火山灰中の主成分組成は前田ら⁷⁾によって PIXE 法による結果が報告されている。Mn に関しては, 誘導結合プラズマ (ICP) 質量分析計 (Shimadzu ICPM-8500) によって測定した。

2.5 測定条件

イオンクロマトグラフは, 島津製 PIA-1000 型パーソナルイオンアナライザー, 分離カラムに同社製充填カラム Shim-pack IC-A3 (S) (2.0 mmID , 150 mm), イオンクロマトグラフの測定条件は流量を 0.2 ml/min , 設定温度を 35°C とし, ループインジェクターを用いて $20 \mu\text{l}$ 注入した。

吸光光度計に島津製 UV-2450 型吸光光度計を用いた。積分球に同社製 ISR-240A 形積分球付属装置 (内径 60 mm ,

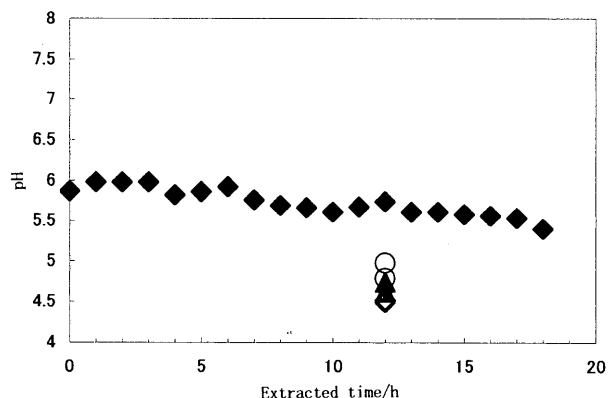


Fig. 1 Time dependence of pH values of the solution extracted from ash

◆: first time(pH 9); ▲: second time(pH 5.7); ◇: third time(pH 5.7); ○: fourth time(pH 8)

内面 BaSO₄ 塗装) を用いた。試料水に SO₄²⁻ 用試薬を加えて硫酸バリウムによる白濁液を作り、感度を上げるために積分球を利用し、吸光光度計 (460 nm) で測定し、硫酸イオンの濃度を求めた。

2.6 試薬

イオンクロマトグラフの移動層は島津製 IC-MA3-1 (8 mM *p*-ヒドロキシ安息香酸/3.2 mM ビストリス) を、標準試薬溶液 (PO₄³⁻, F⁻, Cl⁻, NO₂⁻, Br⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻) は同社製 ANION STANDARD SOLUTION for ION CHROMATOGRAPHY (Part Number: 228-33603-91) を 10 倍に希釈して用いた。比濁法における試薬は共立理化学研究所製 SO₄²⁻ 用試薬 (バリウム-コロイド粉末) を用い、標準溶液には硫酸ナトリウム (Na₂SO₄) を用いた。実験に使用した酸はすべて超高純度試薬 (関東化学製は Ultrapur, 多摩化学製は TamapurAA-100), 水はすべて日本ミリポア製 Milli-Q による純水を使用した。本研究では使用したすべての水は、ミリポアの逆浸透膜で水道水を汙過後、Milli-Q SP によって処理し、得た水をすぐに用いて実験を行った。水を得る際、比抵抗が 18.3 mΩ cm が得られていることを確認した。実験に使用した Milli-Q 水の開始時の pH は 5.7~9 の範囲で変化した。

3 結果と考察

3.1 pH 変化の時間依存性

三宅島の火山灰についての溶出実験における pH の時間変化を Fig. 1 に示した。1 回目の実験には pH 9 の Milli-Q 水を用い時間変化を観察した。2 回目以降の実験は、12 時間振とうした際の溶液の再現性を確認するために行った。2, 3 回目の実験には pH 5.7 の Milli-Q 水、4 回目の実験には pH 8 の Milli-Q 水を使用した。この図において、

1 回目の実験では、振とう直後の水の pH は振とう前の 9 から 5.8 に下がっており、その後なだらかな pH の減少が見られた。12 時間振とうさせたものを数回測った結果に pH 4.5~5.7 の間でばらつきが見られたことはサンプルの不均一性によると考えられる。以上のことにより、水素イオンが溶出していることが確認できた。同様の 12 時間の振とうによる溶出実験を有珠山の火山灰を用いて行った結果、pH は平均 6.9 となり、三宅島の火山灰と比べ、水素イオンの溶出が少ないことが分かった。更に一度溶出実験を行った三宅島の火山灰をデシケーター内で乾燥させ、再び 12 時間振とうさせたときの pH は 4.8 となった。別に、一度溶出実験を行った火山灰を乾燥させないで、ぬれている状態で Milli-Q 水 50 ml 加えて 12 時間振とうさせたときの pH は 5.4 となった。このことより、一度雨水などにぬれて、また乾燥した火山灰からも再び同量の水素イオンが溶出していることも確認できた。

本研究では、5 g の乾燥した火山灰から 50 ml の Milli-Q 水に溶出させたプロトンの量の概算を以下のように求めた。

Milli-Q 水の pH は、火山灰からのプロトンの溶出により、pH 9, 5.7, 8 から pH 4.5~5.7 へと変化した。中間の値を見積もって、pH 6 から pH 5 へ pH が変化したと考えると、 $(10^{-5} \sim 10^{-6}) \text{ mol/l} \times 50/1000 = 4.5 \times 10^{-7} \text{ mol}$ のプロトンが溶出したと考えられる。しかし、現在も噴火活動をしている有珠山 (石英安山岩) の場合には、同じ実験条件において、溶出した水は pH 8 から pH 6.8 へ変化しており、溶出したプロトンの量は $7.5 \times 10^{-9} \text{ mol}$ 程度であり、三宅島の火山灰からはより多量のプロトンが溶出していると判断できる。したがって、三宅島の火山灰からはかなりの酸が溶出することが判明し、このことは三宅島の火山灰が特異的であることを示している。

3.2 硫黄化合物の測定結果

3.2.1 イオンクロマトグラフィーの精度及び検出限界
抽出実験で得られた汙液を Milli-Q 水で 500 倍に希釈した溶液をイオンクロマトグラフで測定した。その溶離曲線を Fig. 2 に示す。保持時間 5 分と 14 分辺りのところにピークが見られた。スタンダードのピークと比較した結果が、保持時間 5 分辺りのところに出たピークは塩化物イオン、14 分辺りのところに出たピークは硫酸イオンである。サンプル中の硫黄化合物は硫酸イオンの形で溶け出していると考え、イオンクロマトグラフィーにおける硫酸イオンの定量の精度と検出限界を確かめた。

スタンダードを 10 倍に希釈したものを 10 回測った測定結果から精度を求めると、Table 1 のようになった。この結果より、イオンクロマトグラフィーによる硫酸イオン濃度の測定は、極めて再現性が良いことが分かった。しか

し、希釈せずに測定した場合には硫酸イオンのピークが左右非対称の減衰分布の形となり、検出時間が早くなった。これはカラムに吸着できる許容量を超えてしまい、吸着できずカラムを通り抜けるために起こると考えられる。きれいな左右対称のピークが得られる濃度は 20 ppm 以下であった。このことより、本実験においてはサンプルの硫酸イオン濃度を 20 ppm 以下になるように希釈して測定した。

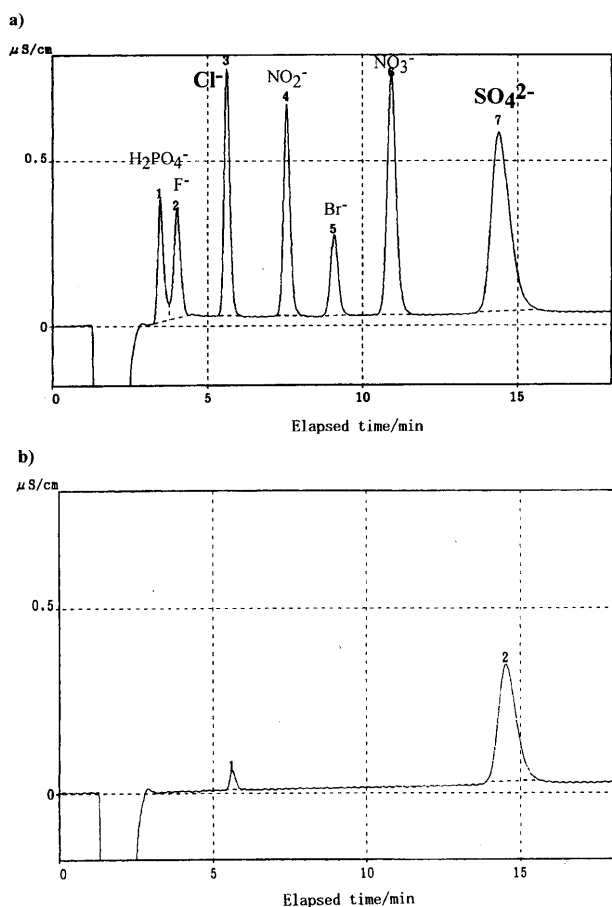


Fig. 2 a) The ion chromatograph chart of standard solution by dilution the 10 times. b) The ion chromatograph chart of the extracted solution by the dilution 500 times. Only chloride and sulfate ions could be observed in the chart

SO₄²⁻ (と HSO₄⁻) はイオンクロマトグラフィーでは区別はできないが、pH 5 ではほとんどが硫酸イオンであるので、硫酸イオンの濃度は、SO₄²⁻の濃度とした。

3・2・2 硫酸イオン以外の硫黄化合物の確認 溶出実験で得られた汙液に過酸化水素水を加え、イオンクロマトグラフで硫酸イオン濃度を測定した結果、加える前の硫酸イオンの濃度と誤差の範囲内で一致した。このことより、硫酸イオン以外の硫黄化合物は存在しなかったと考えられる。

3・2・3 吸光光度計による硫酸イオン濃度の測定結果

溶出実験で得られた汙液を 10 倍に希釈して、硫酸イオン濃度を測定した。経時変化の測定結果を Fig. 3 に示した。イオンクロマトグラフでのデータと吸光光度計でのデータを比較したグラフを Fig. 4 に示した。吸光光度計による硫酸イオン濃度の定量においても、硫酸イオンの濃度は陰イオンクロマトグラフィーの場合と同じく、SO₄²⁻の濃度とした。Fig. 4 よりイオンクロマトグラフィーと吸光光度法で得られた結果の相関は 0.996 と高かった。相関が非常に良いことから、サンプル中のイオンは硫酸イオンであると同定でき、かつ正確に定量できたと判断される。

3・2・4 硫酸イオンの溶出の時間依存性 硫酸イオン濃度の溶出時間による変化を Fig. 5 に示した。pH の時間変化と同様の傾向になった。すなわち、火山灰から水に瞬

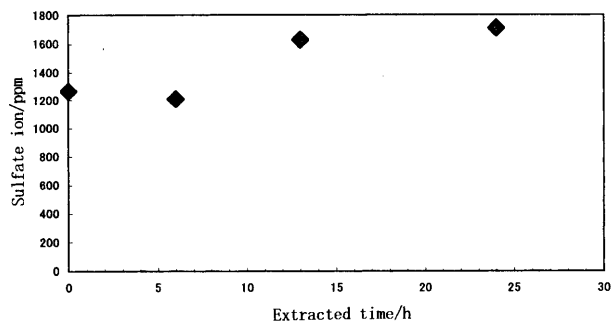


Fig. 3 Time dependence of the concentration of sulfate ion determined in extracted sample solution by turbidimetry

Table 1 The accuracy of this measurements

Anion	Time/min	Standard deviation	Certified value/ppm	Concentration/ppm	Standard deviation
H ₂ PO ₄ ⁻	3.45	0.002	3.00	2.98	0.011
F ⁻	4.00	0.003	0.50	0.51	0.004
Cl ⁻	5.60	0.003	1.00	1.01	0.007
NO ₂ ⁻	7.53	0.003	1.50	1.51	0.009
Br ⁻	9.06	0.003	1.00	1.00	0.005
NO ₃ ⁻	10.9	0.003	3.00	3.01	0.011
SO ₄ ²⁻	14.4	0.007	4.00	4.00	0.003

The experiment was examined for standard solution and was repeated at least 10 times by ion chromatography.

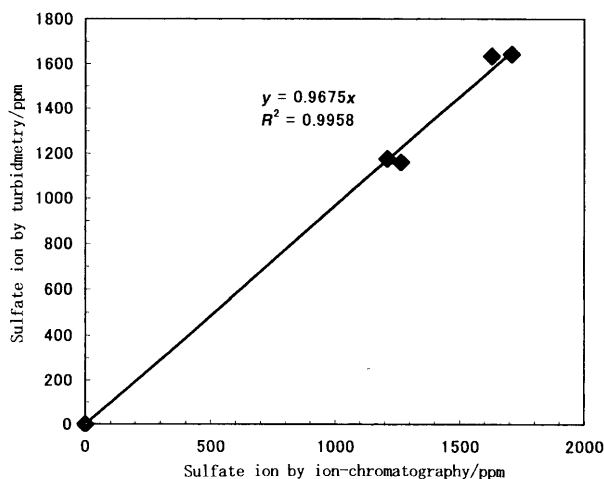


Fig. 4 The relationship between the obtained values by ion chromatography and turbidimetry

The data by ion chromatography were good accordance with those by turbidimetry within the error. ◆: sulfate ion in the extracted solution

時に SO_4^{2-} が溶出し、その後の時間経過による溶出量の増加の程度は少なかった。同様の溶出実験を有珠山の火山灰を用いて行った結果、12時間振とう後の汙液の硫酸イオン濃度は平均 30 ppm となり、三宅島の火山灰で得た汙液の硫酸イオン濃度 1535 ppm と比べ、硫酸イオンの溶出が少ないことが分かった。このことから、三宅島の火山灰の溶出液には有珠山の溶出液に比べ、はるかに高い濃度で硫酸が溶出されることが分かった。更に一度溶出実験を行った三宅島の火山灰をデシケーター内で乾燥させ、再び 12 時間振とうさせたときの硫酸イオン濃度は 1670 ppm となった。別に、一度溶出実験を行った火山灰を乾燥させず、ぬれている状態で Milli-Q 水 50 ml を加えて 12 時間振とうさせたときの硫酸イオン濃度は 487 ppm となった。1 回目の実験で火山灰中に残存した水の硫酸イオン濃度分を差し引くと 428 ppm となった。このことより、火山灰から希硫酸が溶け出し、一度水に接触し、硫酸イオンが溶出した火山灰でも、再び水に接触すると、硫酸イオンが溶出する。しかし、乾燥状態と湿状態では再溶出する硫酸イオンの濃度は異なった。このことは、一度雨水などにぬれて乾燥した火山灰から再びほぼ同量の硫酸イオンが溶出してくる可能性を示唆する。

3・2・5 プロトンの溶出量とプロトンの対イオンについて 5 g の乾燥した火山灰から 50 ml の Milli-Q 水に溶出したプロトンの量を概算をした。前記のように、Milli-Q 水の pH の変化から、火山灰から溶出したプロトンを見積もると、 4.5×10^{-7} mol のプロトンが溶出したと考えられる。しかし、現在も噴火活動をしている有珠山（石英安山岩）の場合では、前記のように溶出したプロトンの量は 7.5×10^{-9} mol 程度であり、三宅島の火山灰からかなり多

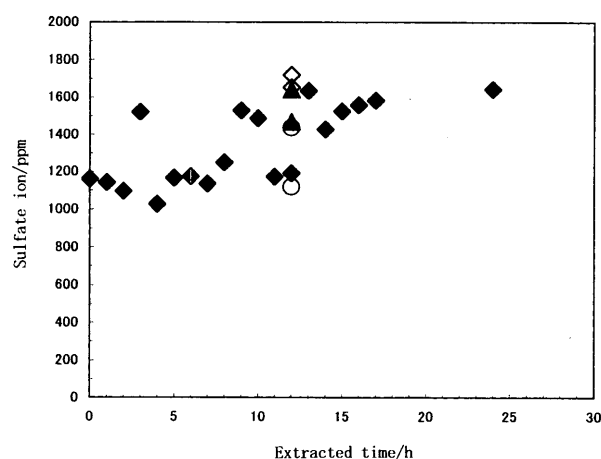


Fig. 5 Time dependence of the concentration of sulfate ion in the extracted sample solution obtained by ion chromatography

◆: first time; ▲: second time; ◇: third time; ○: fourth time

くのプロトンが溶出していると考えられる。

一方、本実験で得られた溶出液の硫酸イオンはほぼ 1500 ppm であり、塩化物イオンが 50 ppm 程度であることから、硫酸イオンだけを考慮すると、 $1500/96 \times 10^{-6} \times 50 = 7.8 \times 10^{-4}$ mol に相当する。プロトンの対イオンは硫酸イオン（と少量の塩化物イオン）であると断定できる。

陽イオンのうち、主元素と見なされるイオンの濃度については、Na 91 ppm, Ca 631 ppm, Mg 66 ppm, K 11 ppm, Mn 6 ppm と測定された。これらの結果から、 $(\text{Na} + \text{K}): 4.2 \times 10^{-6} \times 50 = 2.1 \times 10^{-4}$ mol, $(\text{Ca} + \text{Mg}): 18.3 \times 10^{-6} \times 50 = 9.15 \times 10^{-4}$ mol となり、ほぼ、硫酸イオンを代表とする陰イオンとカルシウムイオンを代表とする陽イオンの溶出量が一致した。したがって、硫酸イオンの対イオンは主にカルシウムイオンであると推定した。

3・2・6 火山灰中の全硫黄濃度 三宅島雄山の火成岩は、玄武岩質と言われている。今回の噴火においては、火山灰は安田らのホームページ¹³⁾に報告されているように、玄武岩中粗粒子、石こう、焼石こう、硬石こう (CaSO_4 とその水和物) を代表とする粘土鉱物から成るとされている。本研究に用いた火山灰 (63 μm 以下) の主成分組成について、前田ら¹¹⁾は wt% の単位で MgO 3.8 wt%, Al_2O_3 132 wt%, SiO_2 472 wt%, K_2O 5.7 wt%, CaO 109 wt%, TiO_2 11.3 wt%, MnO 2.1 wt%, Fe_2O_3 129 wt%, SO_3/SO_4 100/120 wt% と報告している。これらのなかで SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO, SO_3 に関しては、東京都労働経済局発表資料と一致した。

火山灰を酸で分解した溶液を 1000 倍に希釈したものをイオンクロマトグラフで測定した。得られた希釈溶液中の硫酸イオン濃度は 0.509 ppm と 0.492 ppm であった。こ

これらの平均値を用いて火山灰中の全硫黄濃度を計算すると、0.017 ppm となる（この値を硫酸イオンに換算すると 0.050 ppm に相当する）。

3・2・7 環境水への硫酸イオンの負荷 溶出実験における振とう時間 0 時間のサンプル、つまり水と接触して即座に溶出した硫酸イオンの濃度は 1160 ppm であった。この値は火山灰中の硫黄の 23% が硫酸イオンとして溶出することに相当する。この値をもとに環境水への硫酸イオンの負荷を考えた場合、今、仮に火山灰 1 g 中から溶出する硫酸イオンは 0.0116 g であり、火山灰がすべて均一で、火山灰の量に比例して硫酸イオンが流出すると仮定すると、2000 年 8 月 28 日までに 3300 万トン降ったとされている¹⁴⁾ので、382800 トンの硫酸イオンが流出することになる。更に一度環境水によって硫酸イオンが流出した火山灰が乾燥し、再び環境水に接触すると 382800 トンの硫酸イオンが再流出することになる。

三宅島の面積は 56 km² であり、近くの伊豆大島の年間降水量は 2831 mm/年¹⁵⁾であるので、この値をもとに三宅島の降水量を概算すると年間 1.6×10^8 m³ の水が降ることになる。一方、2000 年 6 月から 2000 年 8 月 29 日までの降灰量は 3300 万トンである¹⁴⁾ので、火山灰が降り積もりながら、火山灰の表面を雨水が流れていき、3300 万トンの火山灰に雨水が接すると仮定する。一方で 5 g の火山灰から 50 ml の水に 1500 ppm の硫酸イオンが流出した実験事実を考慮すると、単純計算で乾燥火山灰 1 g に対して溶出可能な硫酸イオンが 1.5×10^{-2} g 含まれることになるので、3300 万トンの火山灰に換算すると、少なくとも 4.95×10^{11} g の硫酸イオンが含まれると算出される。これを年間降水量 1.6×10^{11} l に溶解したと考えると、硫酸イオンは 3.1 g/l 含まれることになる。

日本の河川において硫酸イオンは 10.6 mg/l が平均値¹⁵⁾とされ、水素イオンの排水基準も pH 5.8~8.6 と定められている。三宅島の火山灰の希硫酸が単純計算では、はるかに環境を悪化させることが予測される。pH は単純ではなく、様々な緩衝系が作用すると考えられるが、pH に関して硫酸イオンと同じように計算すれば、硫酸イオンが 1 g に 1×10^{-7} mol 含まれるので、 2×10^{-5} mol/l のプロトンが放出されることになる。ただし、これらの火山灰は 1 年間の雨水で流し切れるものではないので、この数字は単純な見積もりとなるが、三宅島の火山灰は 1 回水に溶出させても、乾燥させれば、1 回目の水の溶出と同様量をまた溶解させるので、これらの現象にも今後、気をつける必要がある。

溶出実験における pH の測定結果から分かるように、火山灰と接触した水は酸性になっているため、火山灰に含まれる重金属が溶出している可能性が高い。そこで、特に問題となる有害金属であるカドミウム、鉛、ヒ素を中心に陽

イオンについて明らかにする必要があると考えている。

4 結 論

以上のように、三宅島の雄山から噴出された火山灰と接触した水は、火山ガスの影響もあり、希硫酸となることが分かった。更に本研究の溶出実験の条件下では、火山灰中の硫黄の 23% が容易に硫酸イオンとして溶出することが分かった。今後、これらの酸性の環境水が、火山由来の有害金属などの溶出を促進させる可能性もあり、三宅島の火山灰が環境に与える影響は強いと推定される。実際の現場では、酸性化、有害化がもっと進む可能性、また逆に抑えられる可能性もある。この点は今後の研究課題である。

試料を提供して下さった、東京水産大学海洋環境学科森永勤教授、荒川久幸博士、虻田町立火山科学館の皆様にご感謝申し上げます。この論文の一部は、日本学術振興会科学研究費補助金 (C) (2) (13640598) の補助によって行われました。記して謝意を表します。

文 献

- 1) 松尾禎士, 日下部 実, 千葉 仁, 牛木久雄, 小坂文予, 平林順一, 安孫子 勤, 野津憲治, 小沢竹二郎, 荒牧重雄, 佐藤和郎, 林 保, 佐藤 純, 藤井直之: 火山, 第 2 集, 第 22 巻, 4, 201 (1977).
- 2) 小坂文予, 野上健治, 平林順一: 火山, 第 43 巻, 1, 25 (1998).
- 3) 八幡正弘, 垣原康之, 廣瀬 亘, 田近 淳, 大津直: 北海道立地質研究所報告, 73, 61 (2002).
- 4) 八幡正弘, 萩野 激, 亀海泰子: 北海道立地質研究所報告, 72, 155 (2001).
- 5) 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: 地学雑誌, 110 (2), 271 (2001).
- 6) 今井 亮, 下司信夫, 嶋野岳人: <http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/shimano/miyake2000/sulfirmass.html>.
- 7) 前田 勝, 若杉幸子, 高橋美穂, 前田邦子: 三宅島漁業復興シンポジウム講演要旨集, p. 21 (2002).
- 8) 佐藤 純, 中村利廣, 星野勝彦, 高橋春男, 佐藤和郎: 明治大学工学部研究報告, 13, 33 (1995).
- 9) 武藤義一, 及川紀久雄: “イオンクロマトグラフィ” (1989), (講談社).
- 10) J. S. Fritz, D. T. Gjerde, C. Pohlandt: “Chromatography”, (1982), (産業図書).
- 11) 日本分析化学会北海道支部編: “水の分析”, 第 4 版, (1996), (化学同人).
- 12) 平野四蔵, 飯田芳男, 石原芳博, 北村元仕, 斎藤正行, 重松恒信, 鈴木正巳, 須藤恵美子, 瀬戸寿太郎, 多田格三, 田村正平, 田村義蔵, 南原利夫, 水池 敦, 武藤義一, 武藤聰雄, 本島健次: “無機応用比色分析 4”, 無機応用比色分析編集委員会編, p. 382 (1975), (共立出版).
- 13) 安田 敦, 藤井敏嗣, 秋政貴子, 嶋野岳人, 下司信夫: <http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/shimano/miyake2000/august10.html> 及び <http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/nakada/XRD.html>.
- 14) 東京大学地震研究所: <http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/nakada/1022dep.html>.
- 15) 国立天文代編: “理科年表 1997 年”, 気 18 (208) (1997), (丸善).

要 旨

三宅島雄山の噴火により大量に放出された火山灰の環境, 特に水環境へ与える影響を見積もるために, 火山灰を純水とともに接触・振とうさせ, 溶出液についてイオンクロマトグラフィーによる陰イオン分析, 比濁法による硫酸イオン分析, キャピラリー電気泳動による陽イオン分析を行った. その結果, 火山灰と接触することにより pH が下がり, 硫酸イオンが溶出していることが分かった. これは, 火山灰に含まれる硫黄の 23% 以上が硫酸として溶出した量に相当する. 2000 年の三宅島雄山の噴火における火山灰噴出量から推測すると, 50 万トンの溶出可能な硫酸イオンが存在していることになる. この結果は, 火山灰が水環境に悪影響を及ぼすことを示すものであり, また同時に様々な重金属を溶出している可能性を示唆するものである. 今後, 更に火山灰が水環境へ与える負荷を化学的に研究していく必要がある.