

三宅島2000年噴火 —酸性雨編—

佐藤 努¹⁾・中村 太郎²⁾・伊藤 順一³⁾・高橋 誠¹⁾

1. はじめに

2000年9月に始まった三宅島の全島避難は、2002年3月で1年半になります。2月1日に行われた火山噴火予知連絡会の統一見解によると、火口から連続的に放出される噴煙には、いまだに1日あたり1~2万トンという大量の二酸化硫黄(SO₂)が含まれており、島民の帰島を阻んでいます。

産総研地質調査総合センターでは、この二酸化硫黄に関する観測をいろいろな手段を用いています(伊藤, 2001)。主なものは、ヘリコプターからCOSPECを用いた二酸化硫黄放出量の観測、人工衛星による二酸化硫黄放出量観測、現地における火山ガス採取や火山ガス吸着器を用いた観測などで、得られた結果は火山噴火予知連絡会や学会等にて逐次報告されています(風早ほか, 2001; 浦井, 2001など)。

島内では、火山ガス吸着器と共に火山灰採取用トレーが設置されています(伊藤ほか, 2001; 口絵参照)。今回、そのトレーにたまった降水のpHを測定したところ、8カ所中6カ所においてpH3~4という強い酸性を示す値が観測されました。これは、火口から放出される二酸化硫黄をはじめとする火山ガスが降水に溶け込み、酸性雨が発生したためと考えられます。本文では、この降水の化学組成や島内の様子などについて報告したいと思います。

なお、産総研 地質調査総合センター三宅島火山噴火対応チームによる最新の成果内容については、wwwページ(アドレスは後述)を御参照下さい。2001年3月以前の火山活動や地下水観測については、佐藤ほか(2001)による「地下水観測編」を、

2000年9月以前の火山活動や噴出物に関する研究については、宮城ほか(2001)による「噴出物編」を、ヘリ観測に関する研究については、川邊ほか(2002)による「ヘリ観測編」を御参照下さい。

2. 酸性雨とは?

環境問題への関心の高まりによって、酸性雨という言葉は既に日本においても広く知られるところとなっています。しかし、そのはっきりとした定義となると、文献などによって異なっているのが実状です。最も一般的なものは、「pH5.6以下の雨」という定義です(西村, 1991)。一般に中性はpH7.0とされていますから、pH5.6以下の雨が酸性雨という事に対して基準がきついと不思議に思う方もいるかもしれませんが、これは、酸性雨でない自然状態の雨でも、大気中に存在する二酸化炭素と平衡状態になることで、pHが5.6程度までは酸性化するからなのです。つまり、pH5.6以下になって初めて通常の雨ではないととらえるわけです。

では次に、人間活動によってどのように酸性雨が生じるのかについて説明します。先にも述べたように、工業など人間活動がほとんどない自然状態においても、大気中にある二酸化炭素の影響によってある程度、酸性化しています。ここに人間活動が加わることによってpHはさらに低下します。その原因となる物質は、大きく分けると二つあります。一つは発電所や工場等から排出される二酸化硫黄です。もう一つが、車の排気ガスである窒素酸化物(NO_x)です。こうした物質が発生源から放出された後、大気中に取り込まれ、二酸化

1) 産総研 地球科学情報研究部門

2) 産総研 地球科学情報研究部門(NEDO フェロー)

3) 産総研 深部地質環境研究センター

キーワード: 三宅島, 火山噴火, 酸性雨, 湿性沈着, 硫酸

硫黄は硫酸(H_2SO_4)や硫酸イオン(SO_4^{2-})へ、窒素酸化物は硝酸(HNO_3)や硝酸イオン(NO_3^-)へと化学変化し、雨に取り込まれて酸性雨が生じます(原, 1995)。これらの物質が雨に取り込まれることなく直接作用することもあり、この影響についても広義の意味では酸性雨と呼ばれています(環境庁地球環境部, 1997)。両者を区別するため、雨に取り込まれる場合は湿性沈着、直接作用する場合は乾性沈着と呼ばれています。三宅島の場合、白い噴煙に青白い霧が混じっていることがよく見られます(口絵参照)。これは硫酸ミストと呼ばれ、火山ガスに含まれる二酸化硫黄が酸性雨をもたらす硫酸に化学変化しているために起こる現象です。この硫酸が、雨に溶ける場合が湿性沈着の酸性雨、森林や土壌に直接影響を与える場合が乾性沈着の酸性雨となるわけです。本文では火山灰採取用トレーにたまった降水について報告しますので、主に湿性沈着の酸性雨について取り上げることになります。

最後に、酸性雨の環境に与える影響について説明します。酸性雨の影響は、すでに世界各地で報告されており、様々なものがあります(石, 1992)。まずは自然環境への影響ですが、一つは森林衰退で、森林を含む多くの植生が枯れてしまう現象です。被害の大きい地域としては、ドイツの「黒い森」や北米の標高の高い地域が挙げられます。次に、北欧や北米では湖沼の酸性化が報告されています。湖沼が酸性化することによって、それまで住ん

でいた生物が、皆死んでしまうという現象です(Asbury et al., 1989)。また土壌で酸性化が起きると、アルミニウムイオン(Al^{3+})といった金属イオンが溶出し、植生に悪影響を及ぼします(佐藤・藤田, 1994; 村野, 1993)。もちろん酸性雨は、人間環境にも影響を及ぼします。1974年7月3日に栃木県南部で起きた酸性雨では、2万8千人の人が目の痛みなどの被害を受けました(高橋・岡本, 1987)。石造りの建築物の多い欧州では建物への被害も大きく、大理石の構造物が溶解していく現象は非常に有名です(環境庁地球環境部, 1997)。三宅島では、多くの植生が枯れてしまう現象が見られています(口絵参照)。幸い、島内最大の湖の大路池では酸性化は見られていません(佐藤ほか, 2001)。このような三宅島の森林衰退がすべて酸性雨によるものかどうかは不明ですが、その可能性は大きいと考えられることから、酸性雨の現状を明らかにすることは重要です。

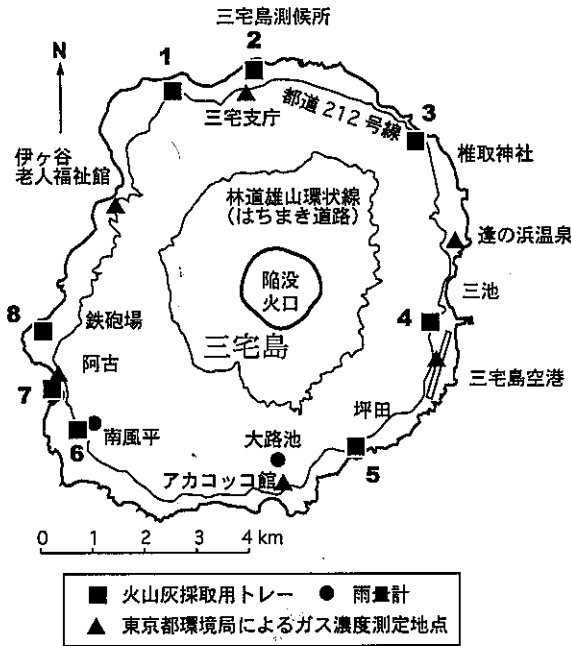
次章では、今回酸性雨の採取に用いた火山灰採取用トレーに関する作業など、島内での調査の様子について述べたいと思います。

3. 島内における調査の様子

今回の三宅島における調査は、2002年1月15日から3日間の予定でした。作業内容は、地下水調査や観測機器の点検、トレー内火山灰の回収、火山ガス吸着器のボトル交換などです。

第1表 2001年4月から2002年2月までの三宅島における主な出来事。

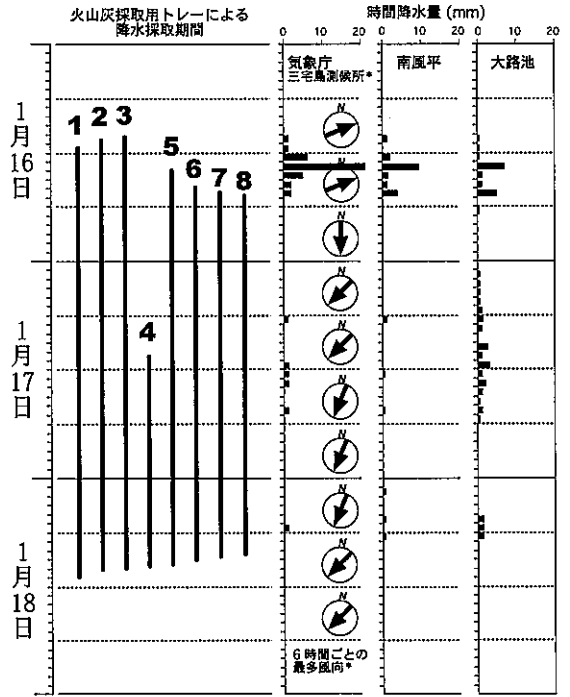
日時	火山活動	出来事
4月17日		泥流対策用の仮設橋第1号が完成。
5月4日		夜間滞在開始。大型ヘリの定期運行中止。
5月27日	小規模な噴火。	
6月3, 10日	小規模な噴火。	
6月17日		大路池周辺の水源から三宅支庁まで水道開通。
7月10, 18日	小規模な噴火。	
7月12, 13日		泥流等被災家屋対象者の一時帰宅。
9月18, 19, 26, 27日, 10月3日		島民の一時帰宅。
9月21日		現地災害対策本部が神津島から三宅島へ移設。 えびね丸の定期運行中止。定期運行はまゆう丸のみ。
9月26~28日	小規模な噴火が4回起きる。	
10月11日	東部の都道沿いで降灰確認。	
10月16日	小規模な噴火。	
11月1日	小規模な噴火。	
11月14~19日		山頂付近で火映現象が見られる。
12月7~10, 12~13日		
1月23日	小規模な噴火。	
2月21日	小規模な噴火。	



第1図 三宅島における火山灰採取用トレーの設置場所。

三宅島へはまず東京発の定期船にて神津島へ行き、神津島から東海汽船の「はまゆう丸」に乗って三宅島へ渡ります(口絵参照)。はまゆう丸は2月1日時点では神津島-三宅島間を定期船として運行していますが、東京都の現地災害対策本部から三宅島入島許可を受けた方しか乗船することはできません。以前は渡航手段として現地災害対策本部がチャーターした「えびね丸」や大型ヘリが運行していましたが、神津島から三宅島への現地災害対策本部移転などに伴って運行を中止しています(第1表)。

第1表には、2001年4月以降の三宅島における主な出来事を掲載しています。三宅島を1周する都道212号線(以後都道;第1図)は、2000年7~8月の噴火の火山灰が元となって発生した泥流によって、何カ所かで通行不能になっていましたが、4月に仮設橋の第1号が完成し、その後次第に通行できる箇所が増えていきました(口絵参照)。5月には夜間滞在が開始され、6月には島の西側をまわる水道管が復旧し、島の南の大路池周辺の水源から北の三宅支庁まで水道が開通しました。そして9月には、現地災害対策本部が神津島から三宅島へ移設されています。2002年2月1日時点では、都道は普通車でも1周できる状態となっています。また



*: データは気象庁三宅島測候所より
 第2図 火山灰採取用トレーを用いた降水採取期間と時間降水量。三宅島測候所の降水量および風向データは気象庁より。

島内に宿泊する場合は、就寝中に二酸化硫黄濃度が上昇しても安全なように、空気浄化設備を備えたクリーンルームに入ることになっています。

はまゆう丸で入島すると、港にて防災無線機が代表者に渡され、現地災害対策本部と連絡を取りながら作業を行います。携帯必需品は、ヘルメット、直結式小型防毒マスクおよび二酸化硫黄用吸収缶で、代表者はガス検知器を携帯し、二酸化硫黄濃度が2ppmを越えた場合はマスクを着用することになっています(口絵参照)。作業時間は、はまゆう丸の到着(8時ごろ)から集合(通常は15時半)までの間で、宿泊の場合は7時半から18時までです(1月19日時点)。雨天の場合も小雨であれば作業は継続できますが、泥流等の危険がある場合には無線にて作業の中止が連絡されます。

我々がトレー内の火山灰を回収した1月16日は、正午前から小雨が降る天気でした(第2図)。第1図に示したように、火山灰採取用トレーは島内に8カ所設置してあります。当日はトレーNo.3, 2, 1の順に火山灰を回収していましたが、そのうちに雨足が

強くなり、坪田付近で都道に泥流が発生し、椎取神社付近も都道が冠水したため(口絵参照)、トレーNo.4での作業は翌日に変更しました(第2図)。泥流発生場所として阿古の鉄砲場も要注意箇所ですが、都道よりも上流側に泥流対策用の堀が作られており、泥流が直接都道に達するのを防いでいます(口絵参照)。この日は島の南西側での降水量が少なかったこともあり(第2図)、残りのトレーNo.5～8での作業は安全に行うことができました。ちなみにこのような悪天候やうねりのため、1月17日と18日はまゆう丸は欠航となり、我々の作業は19日まで延長されることになりました。

4. 火山灰採取用トレーにたまった降水

天候は1月18日に回復し、我々は火山灰採取用トレーにたまった降水の調査を行いました。第2図にはトレーごとの降水の採取期間を、第2表には降水量、pH、電気伝導率の測定値を示しています。

まず降水量ですが、トレーNo.1, 2, 3, 5では降水がトレーからあふれている状態であったため、降水量の下限値を第2表に示しています。トレーNo.6では、降水量観測も行われています(佐藤ほか, 2001; 第1図)。また、トレーNo.2は三宅島測候所に設置しており、気象庁から降水量や風向などのデータをいただきました(第2図)。このような連続観測による降水採取期間中の総降水量と、トレーにたまった降水量との比較を行うと、トレーNo.2では観測値が44mmでトレーにたまった量は45mm以上、トレーNo.6では観測値が7.5mmでトレーの量は4mmでした。

第2表 火山灰採取用トレーおよびたまった降水についてのデータ(2002年1月16～18日の降水)。

No.	場所名	サイズ (cm)	降水量 (mm)	pH	EC* ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	採水
1	保健所	29×22	>45	4.4	54	○
2	測候所	29×22	>45	4.7	75	×
3	火の山峠入口	32×23	>40	3.3	681	○
4	三宅村役場	36×25	11	3.6	283	○
5	坪田漁港	29×29	>7	4.0	113	○
6	南風平	32×23	4	3.5	233	○
7	阿古港	29×29	3	5.7	792	×
8	今崎火葬場	32×23	10	7.1	302	×

* EC: 電気伝導率

次にpHですが、トレーNo.1～6において酸性雨の定義とされるpH5.6よりも酸性の値を示しました(第2表)。最も酸性度が高かったのはトレーNo.3のpH3.3で、この値は石(1992)によるとコーラに匹敵する酸性度を示しています。

電気伝導率(EC)の値は、54～792 $\mu\text{S}/\text{cm}$ とばらつきが大きい結果となりました(第2表)。この原因については、火山ガスから沈着される酸性物質の量の違いの他に、海水の飛沫等の混入の影響も考えられます。これについては、主要化学組成の分析結果と共に考察いたします。

5. 酸性雨の主要化学組成

火山灰採取用トレーにたまった酸性雨の主要化学組成を明らかにするため、pHが4.0よりも酸性であった降水4試料(トレーNo.3, 4, 5, 6)をポリビンに採取しました(第2表)。トレーNo.1の降水はpHが4.0よりも酸性ではありませんでしたが、電位伝導率の値が最も小さく海水などの混入の影響を最も受けていないと考えられたため、比較データとして採取を行いました。

第3表は、主要化学組成の分析結果を示しています。この表にはブランク10mmおよび40mmという試料がありますが、これは実験室にて火山灰採取用トレーを島内の水道水で洗った後、純水を10mmおよび40mmほど入れて作成した水試料です。今回の調査では、トレーを洗浄する際に島内の水道水を用いました。水道水は降水に比べて各成分の濃度が高いため、水滴が残ると降水の成分濃度に影響を与える可能性があります。そこでこのようなブランク試料を作成し、降水量10mmおよび40mmの時に予想される洗浄の影響を示しました。

ブランク試料とトレー内降水との分析結果を比較すると、ブランク試料における濃度の方が相対的に高めであった成分は、重碳酸イオン(HCO_3^-)とカリウムイオン(K^+)です(第3表)。これらの成分については、トレー内降水の値を検討する際にブランクの影響を考慮する必要があります。しかし、今回注目する硫酸イオン(SO_4^{2-})や塩化物イオン(Cl^-)は、ブランク試料の濃度はやや高めですが、降水の濃度はそれよりも十分高いため、議論にあまり影響を及ぼさないと我々は考えています。なお、ブランク

第3表 火山灰採取用トレーにたまった降水の主要化学組成。

トレーNo.	HCO ₃ ⁻ (mg/L)	F ⁻ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)
1	<0.1	<0.1	9.9 (1.5)	1.6	3.4 (2.2)	4.7 (0.0)	0.3 (0.1)	0.5 (0.3)	0.6 (0.0)
3	<0.1	0.8	100 (29.4)	3.9	53.2 (43.3)	39.3 (0.0)	1.4 (0.0)	5.3 (3.8)	5.3 (0.6)
4	<0.1	0.6	31.3 (14.2)	5.0	34.3 (31.9)	9.5 (0.0)	0.3 (0.0)	2.7 (2.3)	1.4 (0.3)
5	<0.1	<0.1	14.2 (2.5)	5.0	6.1 (4.5)	6.5 (0.0)	0.5 (0.3)	0.9 (0.7)	0.9 (0.1)
6	<0.1	0.3	21.4 (11.3)	4.8	15.5 (14.1)	5.6 (0.0)	0.6 (0.4)	1.2 (1.0)	0.8 (0.1)
ブランク10mm	4.9	<0.1	1.2	<0.1	0.7	0.4	0.7	0.3	0.1
ブランク40mm	2.4	<0.1	0.2	<0.1	0.2	0.3	0.2	0.2	0.1
海水*	140	-	18980	-	2650	10560	380	400	1270
日本の酸性雨**	-	-	3.82	0.96	2.64	1.97	0.18	0.52	0.26
桜島の酸性雨***	-	0.99	23.0	0.54	23.6	5.24	1.75	4.97	0.64

()の値は、Na⁺がすべて海水からもたらされたと仮定して補正した値。

* : 「海洋観測指針」による分析値 (日本海洋学会, 1990)。

** : 1983年から1988年にかけて日本全域で採取された酸性雨29試料の平均値 (玉置ほか, 1991)。

*** : 1983年から1984年にかけて桜島町赤水で採取された酸性雨の分析値 (長井ほか, 1986)。

試料から読みとれる水道水による洗浄の影響は、降水量が多い場合、つまりブランク10mmよりもブランク40mmの方が小さくなっています。

ブランク試料の重碳酸イオン濃度 (HCO₃⁻) は、最低でも2.4mg/Lと高めの値になっています (第3表)。これは、洗浄に用いた水道水に重碳酸塩が多く含まれているため、洗浄後トレーに残された水滴内に高濃度の重碳酸イオンが存在していることを示しています。しかしその一方、得られた降水の重碳酸イオンの値はどれも0.1mg/L以下になっています。この原因として、水滴中の重碳酸イオンと酸性雨に含まれる水素イオン (H⁺) とが結びつき、炭酸 (H₂CO₃) に変化してしまった可能性が考えられます。もしそうであれば、実際の降水には、もっと多くの水素イオンが含まれていたこととなります。言い換えれば、第2表に示した降水のpHの値は、実際にはもっと酸性が強かった可能性が考えられます。

採取を行った5試料のうち、第2表に示す電気伝導率の値が最も高いのは、トレーNo.3の降水でした。トレーNo.3は海の近くに設置されており (第1

図)、降水の採取期間の最多風向は北北東であったため (第2図)、海からの風に直接当たる位置にありました。したがって、電気伝導率の値が高い理由として、海水の飛沫の混入が考えられます。第3表には、日本海洋学会 (1990) による海水の平均的な組成を示しました。海水の主要組成は塩、つまり塩化ナトリウム (NaCl) であることからわかるように、海水にはナトリウムイオン (Na⁺) と塩化物イオンが大量に含まれています。トレーNo.3の降水のナトリウムイオン濃度を見ると、39.3mg/Lと最も高い値を示しています。

トレーNo.3以外の降水にも、5~10mg/L程度のナトリウムイオンが含まれています (第3表)。火山灰採取用トレーは比較的海の近くに設置されているため、これらのナトリウムイオンの起源も海水の飛沫ではないかと考えられます。よって我々は、降水試料のナトリウムイオンはすべて海水の飛沫の混入によるものと仮定し、その他の成分 (Cl⁻, SO₄²⁻, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺) について海水の飛沫の影響を取り除いた補正値を計算しました。得られた結果は、第3表にて括弧で示しています。

補正された硫酸イオン濃度を見てみると、最低値が2.2mg/L、最高値が43.3mg/Lとなっています。この値がどれくらいの値であるのか、まず日本の酸性雨と比較してみます。第3表には、1983年から1988年にかけて日本全域で採取された酸性雨29試料の平均値(玉置ほか, 1991)を示しています。この日本の酸性雨の硫酸イオン濃度は2.64mg/Lで、この値は上記の降水の最高値の16分の1程度です。しかし、光化学スモッグが社会問題となった高度成長期以降には、この値をはるかに上回る高濃度の硫酸イオンが観測されています。第2章で紹介した1974年の栃木県南部の酸性雨では、pH3.1、硫酸イオン濃度37mg/Lという値が観測されています(高橋・岡本, 1987)。また、三宅島と同様に火山ガスの影響を受けている桜島では、23mg/Lという高濃度の硫酸イオンを含む酸性雨が観測されています(長井ほか, 1986; 第3表)。今回、三宅島の火山灰採取用トレーにたまった降水から検出された硫酸イオンは、高度成長期以降の酸性雨や桜島の酸性雨に匹敵するような高濃度であったことがわかりました。

第3表の補正された分析値を見ると、硫酸イオンの次に濃度が高いのは塩化物イオンとなっています。その値は1.5~29.4mg/Lで、1983~1988年の日本の酸性雨の3.82mg/Lと比較しても高濃度になっています。この理由として、火山ガスに含まれる塩化水素(HCl)の影響が考えられます。桜島の酸性雨も塩化物イオン濃度が高く(23.0mg/L; 第3表)、このことは火山地域に降る酸性雨の大きな特徴と言えるかもしれません。

6. 酸性雨と風向・風速との関係

三宅島の場合、酸性雨の原因となる火山ガスは島のほぼ中央に位置する火口から放出されるため、風向が酸性雨発生場所に大きな影響を与えます。今回、酸性雨が観測されなかったのは、島の西南西に位置するトレーNo.7~8の2カ所だけでした(第2表)。これは、降水を採取した期間の風向が西南西および北北東(第2図)で、トレーNo.7~8へは火山ガスが流れなかったためと考えられます。

風向と降水の酸性度との関係は、トレーNo.1~3の結果にも見ることができます。第2表において

pHの値を比較すると、トレーNo.1~2よりもNo.3の方が酸性度が強いことがわかります。これらのトレーにたまった降水は主に1月16日に降った雨と考えられ(第2図)、この時の風向は西南西であったため、島の北東に位置するトレーNo.3は風下となり、より酸性度が高く、硫酸イオン濃度の高い降水が観測されたものと思われます。

一方、風向と測定値との関係が、このようにあまり明確ではなかった例も挙げられます。トレーNo.4とNo.5を比較すると、降水採取期間中はNo.5の方が風下に近い条件であったにもかかわらず、硫酸イオン濃度は圧倒的にNo.4の方が高くなっています(第3表)。この理由の1つとして、トレーNo.4の方がNo.5よりも火口に近いということが挙げられます。島内を調査していると、都道よりも火口に近いはちまき道路において、より深刻な森林破壊が観察されます(口絵参照)。火口に近い地域では、より高濃度の火山ガスの影響を受けるためと考えられます。

火山灰採取用トレーを用いた酸性雨の調査では、風速も大きな影響を与える可能性があります。熱を持った火山ガスは、無風時には火口から垂直に上昇します。風があるときは風下になびきますが、さらに風が強くなると地面をほうようにガスが流れることがあります。このような条件下では、ガスに含まれる成分が直接トレー内の降水に溶け込む可能性が考えられます。この影響については乾性沈着と呼ばれ(第2章)、湿性沈着と同様に広義の酸性雨として位置づけられています。物質移動の経路を明らかにするためには両者を区別して調査を行うことが望まれます。

残念ながら今回は、湿性沈着と乾性沈着を区別して調査することはできませんでした。しかし、降水採取時の平均風速は、気象庁三宅島測候所の観測によると7.6m/sであり、地面をほうようなガスの流下は起こらなかったと考えられます。また、東京都のwwwページ(アドレスは後述)には、環境局が実施している島内6カ所(第1図)の二酸化硫黄濃度が公開されています。これによると、西南西の風が卓越した1月16日には、逢の浜温泉と三宅島空港で1時間値にしてそれぞれ最大約4ppm、約2ppmの二酸化硫黄が観測されていますが、その他の4地点では二酸化硫黄はほとんど観測されませ

んでした。また、北北西の風が卓越した1月17日～18日は、アカコッコ館および阿古船客待合所で1時間値が1ppmを下回るわずかな二酸化硫黄が観測されただけで、その他の4地点ではほとんど観測されませんでした。したがって、今回得られた降水試料における乾性沈着の影響は、逢の浜温泉に近いトレーNo.3において1月16日に受けた可能性が考えられるだけで、その他の地点ではほとんど無視できると考えられます。

7. おわりに

本文では、三宅島の火山灰採取用トレーにたまった降水についてpHや硫酸イオン濃度を測定し、酸性雨データとの比較を行いました。その結果、得られた降水試料には日本の酸性雨の数倍もの硫酸イオンが含まれており、その濃度は大気汚染が問題となった高度成長期以降の測定値に匹敵することがわかりました。これは、火山ガスに含まれる二酸化硫黄が、降水に溶けたためと考えられます。

今回は、火山灰採取用トレーを用いた臨時的な調査であったため、水道水による洗浄の影響などの問題が残りました。また、湿性沈着と乾性沈着とを区別することもできませんでした。今後は、火山ガス吸着器などの結果の解析や、新たな酸性雨の採取調査を行い、湿性沈着と乾性沈着の影響をそれぞれに明らかにする必要があると思われます。特に、ガスが地をどのように流れる天候時の乾性沈着の影響は未知数です。もしそのような場合に乾性沈着が大きな影響を与えることがあれば、島内で最も大きな湖である大路池では、ガスに含まれる酸性物質が吸着されて北欧や北米のような酸性化が起こる可能性も考えられます。大路池周辺の地下水は、島の重要な水源となっています(青木ほか, 1984)。もし大路池が酸性化した場合には、水源まで汚染される可能性も考えられ、したがって大路池の水質の監視は重要であると言えるでしょう。

産総研 地質調査総合センターによる三宅島火山研究の最新情報は、当センターのwwwページで公開しておりますので、どうぞ御覧下さい。また、本文中で使用したwwwページのアドレスも以下に記しました。

産総研 地質調査総合センター三宅島ホームページ：
<http://www.gsj.jp/dEG/sVOLC>

[/miyake2000/miyakeindex.html](http://www.gsj.jp/dEG/sVOLC/miyake2000/miyakeindex.html)

東京都環境局による高濃度ガス連続自動測定結果
(2002年1月1日～1月31日)：

<http://www.metro.tokyo.jp/INET/ETC/SAITAI/HISAI/MIYAK441.HTM>

謝辞：三宅島島内における作業について、東京都現地災害対策本部、気象庁をはじめ、三宅村、東京都、三宅支庁、東京消防庁、三宅消防署、三宅警察署、漁船の乗組員、自衛隊、大学合同観測班ほか多数の機関の方にお世話になりました。結果の解釈などについて、産総研 地質調査総合センター三宅島火山噴火対応チームの方々にはアドバイスをいただきました。ここに記してお礼を申し上げます。

参 考 文 献

- 青木 滋・新藤謙夫・茅原一也(1984)：三宅島火山島の地下水、火山第2集, 29(三宅島噴火特集号), S324-334.
- Asbury C. E., Vertucci F. A., Mattson M. D. and Likens G. E. (1989) : Acidification of Adirondack lakes, Environ. Sci. Technol., 23, 362-365.
- 原 宏(1995)：酸性雨とは?：定義とその生成機構, 天気, 42, 4-11.
- 石 弘之(1992)：「酸性雨」, 岩波書店, 東京, 242p.
- 伊藤順一(2001)：三宅島火山活動に対する総合的研究観測, 地質ニュース, no.561, 1-3.
- 伊藤順一・宮城磯治・東宮昭彦・星住英夫・山元孝広・濱崎聡志・川辺禎久・宇都浩三(2001)：三宅島2000年噴火における噴出物構成物の経時変化, 地球惑星科学関連学会2001年合同大会, V0-P015.
- 環境庁地球環境部(1997)：「地球環境の行方 酸性雨」, 中央法規, 東京, 252p.
- 川邊禎久・宮城磯治・東宮昭彦・伊藤順一・中野 俊・高田 亮・宇都浩三・松島喜雄・山元孝広・石塚吉浩・星住英夫・濱崎聡志・佐藤久夫・斎藤元治・須藤 茂・栗原 新・浦井 稔・風早康平・篠原宏志・石塚 治・下司信夫・金子克哉(2002)：三宅島2000年噴火へり観測編-1, 地質ニュース, no.574, 10-15.
- 風早康平・平林順一・尾台正信・森 博一・中塚康弘・斎藤元治・篠原宏志・宇都浩三(2001)：三宅島火山2000-2001活動における二酸化硫黄放出量, 地球惑星科学関連学会2001年合同大会, V0-P010.
- 宮城磯治・東宮昭彦・星住英夫・伊藤順一・川邊禎久・佐藤久夫・斎藤元治・濱崎聡志・中野 俊・高田 亮・山元孝広・宇都浩三・森下祐一・木多紀子(2001)：三宅島2000年噴火-噴出物編-1, 地質ニュース, no.557, 7-13.
- 村野健太郎(1993)：「酸性雨と酸性霧」, 裳華房, 東京, 179p.
- 長井一文・中内孝雄・宝来俊一・山田正一・柳川民雄・内山 裕(1986)：桜島火山周辺における雨水中のイオン成分調査(第II報), 鹿児島県環境センター所報, 2, 42-53.
- 日本海洋学会(1990)：「海洋観測指針」, p. 146.

西村雅吉(1991):「環境化学」, 葦華房, 東京, 163p.
 大喜多敏一(1991):酸性雨, 地学雑誌, 100, 927-936.
 佐藤一男・藤田慎一(1994):わが国の酸性雨の実態と地下土壌への影響, 地熱エネルギー, 2, 126-131.
 佐藤 努・高橋 誠・松本則夫・中村太郎・安原正也・小泉尚嗣・金城孝典・野友 卓・大川智子(2001) 三宅島2000年噴火-地下水観測編-, 地質ニュース, no.561, 6-14.
 高橋浩一郎・岡本和人(1987):21世紀の地球環境 気候と生物圏の未来, NHKブックス, 東京, 225p.
 玉置元則・加藤拓紀・関口恭一・北村守次・田口圭介・大原真由

美・森 淳子・若松伸司・村野健太郎・大喜多敏一・山中敏夫・原 宏(1991):日本の酸性雨の化学, 日本化学会誌, 5, 667-674.
 浦井 稔(2001):三宅島におけるASTERによるSO₂放出量の観測, 地球惑星科学関連学会2001年合同大会, V0-027.

SATO Tsutomu, NAKAMURA Taro, ITOH Jun'ichi and TAKAHASHI Makoto (2002): Miyake-jima 2000 eruption - Acid rain -.

> 受付: 2002年3月1日 >

お知らせ 地質標本館夏の行事予定

活断層と地震-活断層ってなあに?-

開催期間: 7月27日(土)から9月29日(日)まで

場所: 地質標本館展示ホール

展示概要

地震はなぜ起こる?

関東平野の北部を例にして, 地震の発生と活断層・プレート運動の関係をわかりやすく解説します。特につくば付近で発生するやや深い地震と, 活断層で発生する地震の違いを, 地下の断面図を使ってわかりやすく紹介します。

・見えない活断層も見えるんです

スイカをたたくと, スイカが食べごろかどうかわかります。地面をたたくと, 地中に断層(地震の種)があるかどうかわかります。この展示では, 群馬県から埼玉県にまたがる深谷断層を調べたときの様子を紹介します。

・活断層を掘り出す

活断層がいつ動いたかを知るためには, 断層を実際に掘り出すトレンチ調査を行います。展示では, 栃木県北部の関谷断層について, 実物の地層標本や写真を使って, 過去の地震の時にどのように地層がずれた(食い違った)かを解説します。また, その時期をどのようにして突きとめるのかを解説します。

・私たちの足元はどうなってるの?

私たちの住んでいる関東地方には, どこに活断層があるのでしょうか。また, これまでにどこで大地震が起きているのでしょうか。50万分

の1活構造図「東京」を超拡大して床に展示しますので, その上に立って, 私たちの足元の様子を一望してみましょう。

・海岸地形から過去の地震を探る

海の底で地震が起きると, 海岸付近の土地が持ち上がったたり, 沈んだりすることがあります。昔の地震で生じた土地の上がり下がりの証拠は, 海岸の地形や生物の化石として残されています。そのようすを房総半島や三浦半島を例として紹介します。

・コンピュータで再現する地震の伝わり方

地下で起こった岩盤の破壊から地震の波が生まれ, その波が私たちが生活する地表に伝わってくるまでの様子をコンピュータで再現します。

・活断層トレンチを作ろう

活断層がいつ動いたのかを調べる方法のひとつにトレンチ調査があります。トレンチとは, 地層を詳しく観察するために掘る, 細長い大きな穴のことです。トレンチの模型を作って, 手のひらの上で活断層の動きを考えてみましょう。

・ペットボトルを使った地盤の液状化実験

兵庫県南部地震(1995)や新潟地震(1964)でみられたように, 海岸近くの平野や埋め立て地などで地震が起こると, 「地盤の液状化」によって大きな被害が生じます。こういった被害は, 地盤が液体状になり, 地中から砂が吹き出すこと(噴砂現象)などによって引き起こされます。この地盤の液状化が, どうして起こるのかをペットボトルを使って実験してみましょう。

化石のクリーニング(体験学習)

日時: 8月23日(金)9時30分から16時30分(受付は15時まで) 場所: 地質標本館多目的展示室

予約不要 無料

今から約30万年前の植物化石(栃木県塩原産)が入った石をノミなどを使って割ってみます。するときれいな葉っぱの化石が出てきます。運がよければ, 木の実の化石など珍しい化石が出てくることもあります。出てきた化石は, 名前を鑑定して記念に持ち帰ることが出来ます。

地球何でも相談

日時: 8月24日(土)9時30分から16時30分 場所: 地質標本館

予約不要 無料

地質標本館を夏休みの自由研究に活用してみたいかですか?

岩石・鉱物・化石に関する相談を受け付けます。夏休み中に見つけた石や化石で分からないことや詳しいことが知りたいとき気軽に訪ねてください。専門の研究者が疑問質問にお答えします。