

三宅島2000年噴火-地下水観測編-

佐藤 努¹⁾・高橋 誠¹⁾・松本 則夫¹⁾・中村 太郎²⁾・安原 正也³⁾
小泉 尚嗣¹⁾・金城 亮典⁴⁾・野友 卓⁴⁾・大川 智子⁴⁾

1. はじめに

2000年6月に17年振りに活動を開始した三宅島では、二酸化硫黄(SO₂)をはじめとする有毒の火山ガスの放出が続き、半年以上にわたって全島民の避難が続いています。二酸化硫黄の放出量は、1日4.8万トン(2000年10月から2001年1月までの平均値:風早ほか, 2001)に達しています。世界で1日に放出される二酸化硫黄の総量は約40万トンで、そのうち火山からの放出は約20%(河村, 1987)であることを考えると、いかに大量のガスが三宅島から放出されているかがわかります。島内に設置した火山灰採取用ステンレストレー(口絵参照)は、火山ガスの腐食作用のためか1ヶ月で錆びて赤くなっていました。島内での復旧活動は様々な交通手段を用いて行われていますが(第1表), いずれもガスマスクを携帯し日中のみの作業(2001年4

月現在)となっています。

もしこの大量の火山ガスの一部が、三宅島の地下水脈に溶け込んでしまったらどうなるでしょうか? 火山ガスに含まれる二酸化硫黄や二酸化炭素(CO₂)は、水に溶けてそれぞれ硫酸イオン(SO₄²⁻)、重炭酸イオン(HCO₃⁻)となり、地下水の酸性化をもたらすと考えられます。また火山ガスは高温であるため、水温も上昇することが予想されます。1986年の伊豆大島の噴火の際には、A火口から約5km離れた水井戸において、噴火後に水温が40℃上昇して60℃を越え、重炭酸イオン濃度も4倍近く上昇しました(高橋ほか, 1991)。よって、水道水源のほとんどを地下水に頼っている三宅島では、地下水の水質の監視は重要です。また、もし水質に変化が起きた場合、その特徴をつかむことは火山噴火の状態を調べる一つの手段となるでしょう。地下水の変化と火山活動との関係を調査する

第1表 全島民が避難した後の主な出来事と三宅島への交通手段。

日 時	出来事	交通手段
9月2~4日	三宅島住民の島外避難。災対関係者のみ残留。	
9月4日~		ホテルシップ(かとれあ丸:1,754人乗り)
9月中旬	火口から放出される二酸化硫黄濃度が上昇。 台風17号のため全員退避。 電力供給もストップし、島は完全に無人に。	
10月7日	現地災害対策本部がホテルシップから神津島へ移動。	小型船舶(漁船:10~20人程度)数隻
10月初旬	泥流により島の南側の都道の一部が流失。	
12月初旬		大型ヘリを併用
12月下旬 ~1月中旬	火口上空に火映現象が見られる。	
1月初旬		えびね丸(70人乗り)
1月11日	小噴火	
3月初旬		はまゆう丸を併用(800人乗り)
3月中旬	微動が活発に。	
3月19日	降灰を伴う噴火。	

1) 産総研 地球科学情報部門
2) 産総研 地球科学情報部門(NEDO養成技術者)
3) 産総研 深部地質環境研究センター
4) (株)メック

キーワード:三宅島, 地下水, 観測, 火山噴火

ことによって、火山ガスの混入や地殻変動の様子が推測できれば、噴火のメカニズムの解明にもつながるかもしれません。

本文では産業技術総合研究所(以下産総研)地質調査総合センター(旧地質調査所)の「三宅島火山噴火対応チーム」の多岐にわたる研究のうち、地下水観測への取り組みを中心に紹介させていただきます。なお、チームによる最新の成果内容についてはwwwページ(産総研地質調査総合センターの三宅島ホームページ:アドレスは後述)を御覧下さい。また、2000年9月までの噴火活動や噴出物に関する研究の詳細については、宮城ほか(2001)による「噴出物編」を御参照下さい。

2. なぜ地下水を観測するのか?

三宅島で地下水の観測を行う理由は、大きく分けて2つあります。

- 1) 火山ガスの地下水脈への混入を調べるため
- 2) 地殻歪の変化(地殻の伸縮)を推定するため

1)については前章で述べましたので、ここでは2)について説明いたします。

火山噴火のほとんどの場合では、マグマや火山ガスが地下深くから地表に向かって上昇してきます。この時マグマは周囲の岩盤を押し広げるため、地殻変動や地殻歪変化が生じます。この地殻変動や地殻歪変化の様子は、マグマの移動場所やその量を反映しているので、観測によって地殻変動や地殻歪変化を正確に把握すれば、どこにどれくらいの量のマグマが移動したといった推測が可能です。このようなマグマに関する情報は、噴火の推移を予測するのに非常に重要です。

一般に地殻変動量や地殻歪変化量は、GPSや水準点を用いた測量や、傾斜計や歪計などの観測によって測定することができます。2000年噴火以前の三宅島では、傾斜計やGPSなどの観測は行われていたものの、歪計による観測は行われていませんでした。8月に入って噴火活動が活発になり、総合的緊急観測監視体制の強化が検討されましたが、歪計は設置されませんでした。この理由の一つとして、設置に大規模な工事が必要であることが挙げられます。

歪計は一般に、専用の井戸を掘削してその最下

部に設置します。なるべく硬く均質な岩盤中に設置するのが好ましく、よって井戸の深さも数百mに達することがほとんどです。しかし、全島民が避難した三宅島において、このような掘削工事を行うことは非常に難しい状態でした。工事期間も数ヶ月が予想され、緊急の観測として不向きと言えるでしょう。そこで、歪計の代わりとして注目されたのが地下水位でした。

地殻歪と地下水位との関係については、過去に様々な調査・研究が行われており、地下水位の変化を地殻歪の変化に換算する試みがなされています(例えば小泉, 1994など)。その詳細はここでは省略いたしますが、簡単に述べますと、理想的な条件下、例えば被圧された地下水層などでは、水位変化量は受けた地殻歪変化量に比例することが示されています。

ここで実際の例、つまり地下水位の変化量から歪の変化量を推定し、マグマ上昇量を求めた例を一つ紹介します。有珠火山2000年噴火では、噴火の3日前に地下水位が上昇し始め、噴火までの間に4m以上も上昇したことが観測されました(佐藤ほか, 2000)。この水位上昇の期間は、地震や地殻変動が観測され始めた時期と一致することから、マグマの上昇に伴う地殻歪変化によってもたらされたものと考えられます。Matsumoto *et al.* (2001)は、潮汐解析結果を基にしてこの水位上昇量に匹敵する地殻歪量を計算し、単純なマグマ上昇モデルを用いてマグマの量は最大で 10^7m^3 (東京ドーム約8個分)であったと推定しています。このようにマグマの上昇量を見積もることは、噴火活動の推移を予測する際に重要です。地下水観測は、地殻歪変化の推定という点においても役に立つことを、この例は示しています。

以上の理由から、産総研地質調査総合センターでは三宅島およびその周辺において、1)火山ガスの地下水脈への混入を調べるための地下水の水温・電気伝導率の観測と、2)地殻歪の変化量を推定するための水位の観測を開始しました。

3. 電気・電話のない場所での観測・通信方法

当センターにおいて三宅島での地下水観測が計画されたのは、総合的緊急観測監視体制の強化を

受けてのことで、全島民の避難が行われた直後でした。当初は島内でも電気が使えたため、観測機器は商用電源を使用するものを想定していましたが、二酸化硫黄濃度の増加や台風の接近などによって島が完全に無人となり電力の供給がストップしたため(第1表参照)、既存の電力および通信施設に頼らない観測システムへの練り直しを余儀なくされました。

最も苦勞したのは電力です。基本的にはバッテリーから電気を供給し、昼間は太陽電池によってバッテリーを充電するシステムを採用しました。太陽電池は降灰によって発電効率が下がる恐れがあり、風力発電との併用も検討されましたが、地下水観測が可能な場所が谷地や林の中であったため、効率の良い風力発電が見込めないと判断し併用を断念しました。太陽電池は面積が大きいほど発電量が多くなり、使用できる観測機器の数を増やしたり性能を良くすることができます。しかし当時は、三宅島への渡航は漁船にて行われていたことから(第1表)、設置機器は漁船に積み込める量に押さえることが望まれました。また島内での作業時間も限られていたためあまり大型のものは設置できず、これらの条件から太陽電池は1カ所1畳ほどの大きさにとどめることにしました。

設置した機器は、基本的には第2表の通りです。前に述べた水位計、水温計、電気伝導率計に加え、水位の補正データとして気圧計と雨量計、データ記録装置、そしてデータ転送のための通信機器を用意しました。各機器には様々な測定方式のセ

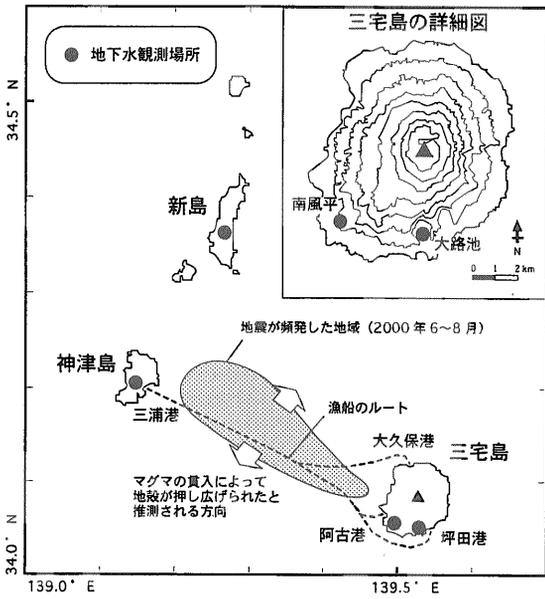
ンサーがありますが、主に消費電力とセンサーの大きさを測定方式を選定しました。消費電力の大きなセンサーはバッテリーによる観測に不向きですし、形状の大きなセンサーは井戸の中に挿入することができません。このようにして機器を決定した後も、さらに消費電力を少なくするため、測定間隔を1時間に設定して機器への通電は測定時間の5分前に行うようにしました。これによって消費電力は、連続通電時の10分の1以下に押さえることができました。最終的に消費電力が最も大きい機器となったのは、通信のための衛星携帯電話でした。これについてはタイマーを用いて1日2時間のみの通電とし、節電を行っています。よってデータの取り込みは1日1回のみとなり、非常の場合の緊急通信はできませんが、通信手段や電力の乏しい現状ではしかたがないと考えています。

4. 機器設置は漁船に乗って

第1図は、三宅島およびその周辺における地下水観測機器の設置場所を示しています。具体的には三宅島に2カ所、新島と神津島に1カ所ずつです。三宅島の他に新島と神津島を加えたのは、一連の噴火活動の初期の段階において、両島の距離が85cmほど離れるような地殻変動(国土地理院, 2001)が起きたためです。この地殻変動は、マグマの貫入によって引き起こされたものと考えられています。両島における地下水観測については、第5章にて詳しく述べます。

第2表 観測機器の選定

機器名	測定方式	消費電力	節電対策	検討結果
水位計	圧力式(水晶式)	2.4W	測定5分前に通電	△
	圧力式(半導体式)	0.3W	測定5分前に通電	○
	フロート式	0W(電池式)		×(センサー径が大きいため)
水温計	水晶式	0.3W		×(センサー径が大きいため)
	抵抗式	0W(データ記録装置との組合せによる)		○
電気伝導率計	交流4極式	2.4W	測定5分前に通電	○
気圧計	シリコン振動子式	1.6W	測定5分前に通電	○
	シリコン容量式	0.4W		×(5分の通電時間では安定せず)
雨量計	転倒ます式	0W		○
データ記録装置	半導体メモリ式	0W(電池式)		○
通信機器	一般公衆回線			×(不通のため)
	携帯電話			×(通じない場所あり)
	衛星携帯電話	通話時25W, 待機時10W	1日2時間のみの通電	○



第1図 観測場所の位置.

三宅島での地下水観測機器の設置は、2000年10月下旬に開始しました。設置場所は、大路池と南風平の2カ所です(第1図)。

大路池では、北の棧橋の先端から水深約1.2mの位置に水位・水温・電気伝導率センサーを設置し、湖畔の広場に雨量計と太陽電池などその他の機器を設置しました(写真1)。太陽電池はアルミ架台に固定して南向きに設置し、風で飛ばされぬよう土のうを用いて固定しています。気圧計やデータ記録装置、バッテリー、通信機器などは、雨にぬれると故障してしまうため衣装ケースの中に収納し、上からビニールシートで包んでいます。

南風平では、三宅村の水道水源の一つである南風平第2水源井戸(深さ約90m)に機器を設置しました。南風平第2水源は、水質悪化のために水源として使われていなかった井戸で、三宅村水道係から承諾を得て設置を行いました。当初は、古くなったポンプを除去してセンサーの設置を行う予定でしたが、噴火活動の推移によりそのような規模の工事を行うことができなくなったため、昔の水位計用のパイプを通じて水位および水温センサーを井戸内に投入しました。

機器設置当時、三宅島への交通手段は主に漁船でした(第1表)。前日までに神津島へ行き、現地災害対策本部にて打ち合わせなどを行います。三宅島へ渡航する日は午前7時半に三浦港に集合し、点呼およびガスマスクやライフジャケットの講習の後、漁船は8時に出航していました。およそ1時間20分で三宅島近海に到着し、ガス濃度検査で安全を確認してから各港に入港します。使用していた港は主に大久保港、阿古港、坪田港でした(第1図)。島内では、現地災害対策本部から派遣された方が必ず1人同行し、無線連絡やガス濃度測定などの安全確認を行いました。派遣された方の所属は主に東京消防庁、三宅村消防本部、警視庁、三宅島警察署、東京都三宅支庁、三宅村役場で、現地での交通手段はこれらの機関が所有する車をお借りするケースが多く、それ以外では東大地震研や気象庁の車をお借りしたり、地質調査所の車を使用していました。作業開始は午前9時半ごろで、各港での集合時間は午後2時半でしたので、移動時間を往復1時間と考えると現場での作業時間は4時間ほどでした。ただしこれはスムーズに事が運ん

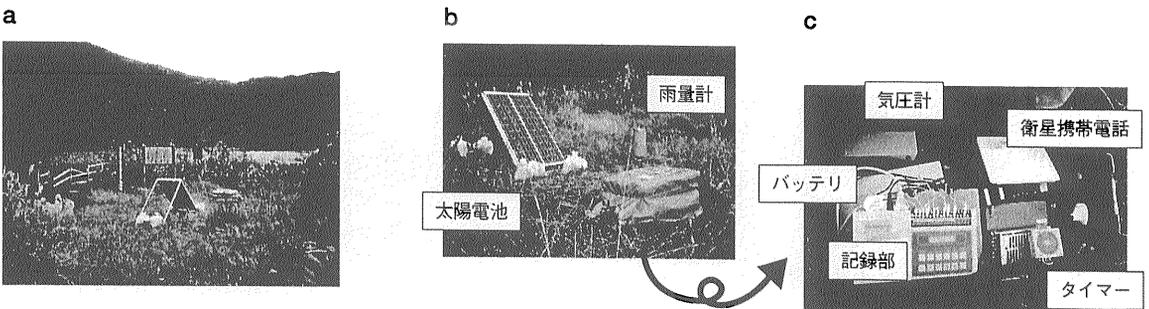


写真1 大路池での観測風景(2000年12月20日)。a:池の北側から撮影。センサーは北の棧橋の先端から池中に設置。b:太陽電池、雨量計とその他の機器。c:衣装ケースの中身。

だ場合のことで、例えば道路が泥流で50cmほど陥没していた時などは、石を積んで通路を確保するなどかなりの時間をとられました。作業が終了して漁船で神津島に戻ると、午後4時半から現地災害対策本部にて代表者会議があり、作業内容などの報告や次回の作業についての打ち合わせが行われました。

天候によっては、三宅島へ渡れない日もありました。雨の日は、飛行機や船を用いた島外からの火山活動の監視ができず、島内では泥流の危険があるため作業は中止となりました。また風の強い日などは、波が高く漁船が出航できないため作業は中止でした。台風シーズンを過ぎると三宅島周辺では西風の強い日が増え、作業中止の日が続くこともありました。我々の設置作業に関しても、予定をすべて完了することができずに帰らなくてはならないこともありました。

5. 新島と神津島における地下水観測

今回の一連の地震・火山活動では、活動の初期の段階において新島や神津島でも大規模な地殻変動が観測されています。この地殻変動は、三宅島と新島・神津島の間にマグマが板状に上昇してきたためと考えられています(国土地理院, 2001)。

板状マグマが上昇してきた場所は、第1図の網掛けの範囲内と予想されています。この網掛けの範囲は、活動の初期の段階に地震が頻発した範囲(気象庁地震予知情報課, 2001)を示していますが、マグマの動きによってこれらの地震が引き起こされたと考えられているため、マグマの上昇も同じ範囲内で起きたと考えられています。具体的なマグマの形状は、三宅島から新島・神津島へ向かう方向に板を立てたようであったと考えられており、それによって第1図の白い矢印の方向に地殻が押し広げられ、新島と神津島の距離が開いたと考えられています。

それではこの時、どれくらいの量のマグマが上昇したのでしょうか。その量を推定するためには、板状マグマの面積や厚さを求めなくてはなりません。国土地理院(2001)は、GPSを用いた測量データを解析し、2000年6月26日から9月16日までの期間に貫入した板状マグマの面積や厚さを推定していま

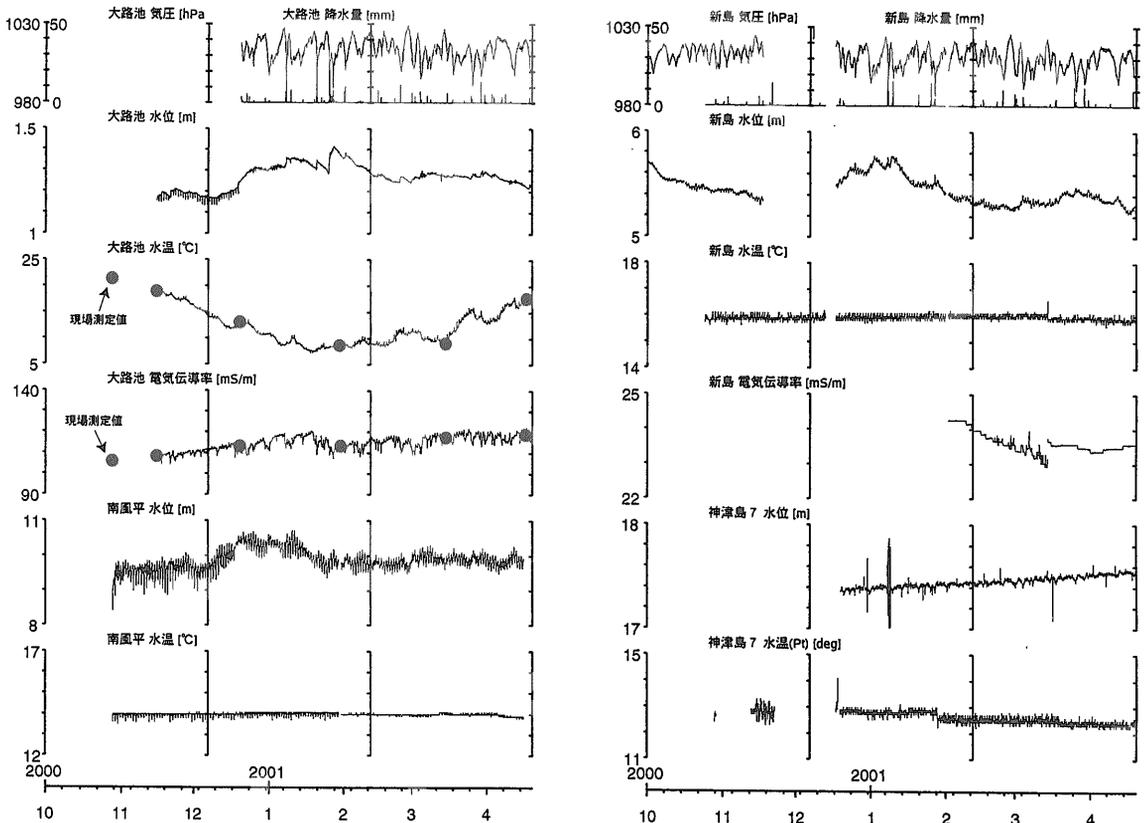
す。そのデータを基にして貫入したマグマの総量を計算すると、 $1.3 \times 10^{10} \text{m}^3$ (東京ドーム約1,000個分)に達します。このような大量のマグマが移動したにも関わらず、大規模な海底噴火に至らなかったのは幸いであったと言えるかもしれません。このマグマの動きをより正確につかむためには、新島と神津島における地殻歪変化の監視が重要であると我々は考え、両島において地下水観測を開始しました。

新島では、新島村の地下水観測井(深さ50m)を使用させていただき、第2表の機器を設置しました。神津島では、水質悪化のため使用を中止している神津村簡易水道第7水源井戸(深さ100m)を使用させていただき、機器を設置しました。電源と通信に関しては、新島では観測井が電柱から遠く離れた地点にあり新たな電気・電話工事が困難であったため、三宅島と同じ太陽電池・バッテリーと衛星携帯電話を用いたシステムを採用しました。神津島では、基本的には一般商用電気とNTT回線を使用していますが、万が一の場合を想定して太陽電池・バッテリーと衛星携帯電話のシステムも整備しました。当時、神津島のNTT回線は三宅島を中継しており、三宅島の電力事情によってはNTT回線が使えなくなる可能性があったことも理由の一つです。

6. 連続観測の結果

第2図は観測結果です。aは三宅島の大路池と南風平の結果を、bは新島と神津島の結果を示しています。なお、最新の観測結果はwwwページ(産総研地質調査総合センターの三宅島ホームページ:アドレスは後述)に掲載されていますので、御参照下さい。データの更新は1日1回です。

まずaの三宅島の観測結果ですが、大路池と南風平を比べると大路池の方が各値の変動が大きくなっています。これは、センサーの設置場所が南風平では井戸の中であるのに対し、大路池では池の水深の浅い地点であることが影響していると思われます。大路池では北の栈橋の先端からセンサーを池の中に投入していますが、水深が2mしかなかったため水温の安定する深さまでセンサーを降下することができませんでした。よって、水温の変動



第2図 観測結果(2000年10月1日~2001年4月19日)。aは三宅島、bは新島・神津島における結果。大路池における黒丸印は、現場測定値を示す。

幅が 10°C 以上に達しており、これは気温の変化の影響を強く受けているためと考えられます。気温の他にも、降水の影響が水位や電気伝導率データにあらわれています。降雨があると降水が直接池に流れ込むため、水位が急に上昇します。また、降水の溶存成分量は池の水に比べて少ないため、降雨があると池の表層水の成分濃度が薄くなって電気伝導率の低下をもたらします。このように、第2図の観測期間中に大路池で観測された変動のほとんどは、気温の変化や降雨によるものと考えられます。

南風平における観測結果についても、火山活動に関する変化は、第2図の観測期間中にはほとんど観測されなかったと言えるでしょう。水温はほとんど一定で、水位についても12月中旬に1mほどの一時的な上昇が見られるものの、ほぼ一定していると言えます。この12月中旬の水位上昇ですが、この時期に特に降水量が多かったわけではない

で、降水によるものではないと思われます。また、大路池や新島の観測結果を見ると、同様な水位上昇が大路池や新島でも起きていることがわかります。よって、12月中旬の水位上昇は、三宅島に限定される要因によるものではなく、もっと広範囲に及ぶ要因、例えば大規模な地殻歪変化や海流の影響などによって引き起こされたものと考えられます。国土地理院のGPS観測からは、この時期に大規模な地殻変動は観測されておらず(国土地理院のWWWページより:アドレスは後述)、一方海上保安庁水路部の三宅島の検潮データには、12月中旬に潮位の顕著な上昇が見られるため(東大海洋研のWWWページより:アドレスは後述)、この水位上昇は海流による影響と考えられます。

なお大路池と南風平では、観測の初期の段階において電源関連のトラブルが発生し、水位データに1日の変動量を上回るような大きなノイズが含まれています。この問題は2000年12月に解消され、現

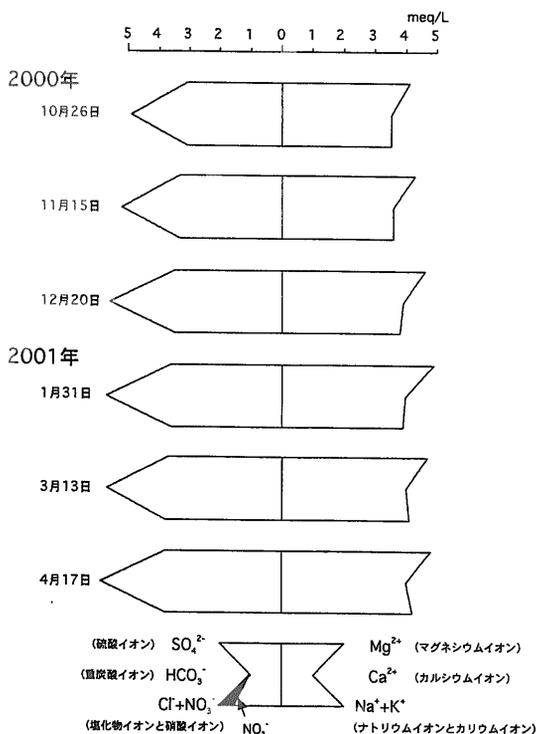
在では正常な水位値を示しています。

次に、bの新島と神津島の観測結果ですが、新島の水位・水温と神津島の水温については、比較的良いデータが得られていると思われます。しかしその他の項目、つまり新島の電気伝導率と神津島の水位については、残念ながら良いデータとは言えそうもありません。まず新島の電気伝導率ですが、設置から値が低下を続けており、2001年3月の点検の際に値が急に上昇しています。点検の際に値が変化したのは、最初の設置時に何らかの問題が生じていたためと思われる。もしかすると、センサーが井戸の壁などに接して付着物などの影響を受け、値が低下を続けたのかもかもしれません。点検の際に値が大きく変化したのは、そういった問題が解消されたためと考えられます。次に神津島の水位についてですが、2001年1月の大雨の際に水位が大きく上下に変動しています。一般的に考えられる降水時の水位変化は上昇のみで、上下変動が起きるということは普通では考えにくいことです。井戸の構造や周囲の環境が特殊なのか、それともセンサーの設置方法が問題なのか、原因はいろいろと考えられますがはっきりとはしません。いずれにせよ神津島の水位については、センサーの再設置を含めた改善策を考えなければならないと思われます。

7. 大路池の水質変化

大路池では、観測機器の設置および点検時にセンサー設置位置付近の池の水を採取しています。第2図の大路池の水位および電気伝導率の観測結果には、黒丸印で値がプロットされていますが、これは採取時に現場で測定されたデータです。この値は連続観測結果とよく一致しており、センサーが泥などに埋もれることなくよい状態で観測が行われていることを示しています。

第3図は、採取された水試料の主成分濃度の分析結果を、ヘキサダイアグラム(島野, 1994)を用いて示したものです。この図を見ると、ダイアグラムの形はほとんど変化せずに大きさだけがだんだん大きくなっていることがわかります。このことが示すのは、成分比はほとんど変化せずに、各成分濃度が同じような割合で増えているということです。



第3図 大路池の水質変化。

もし火山ガスが地下水に混入した場合、その水質が著しく変化することが予想されます。過去の噴火では、有珠火山1977年噴火の例(我孫子, 1984)や伊豆大島1986年噴火の例(脇田ほか, 1988; 高橋ほか, 1991)において、地下水の水質の変化が報告されています。どの成分が変化したかという点については、噴火形態や火山ガスの組成などが異なるため一概に述べることはできませんが、最も多くの事例が報告されているのは重炭酸イオン濃度の上昇です。この重炭酸イオンの起源としては、火山ガスに含まれる二酸化炭素が有力視されており、噴火に伴って火山ガスが地下水帯水層に混入したため重炭酸イオン濃度が上昇したと考えられています。いずれにせよ、これらの例において共通しているのは、地下水のすべての成分濃度が一樣に変化するということではなく、ヘキサダイアグラムの形が著しく変わるような水質変化が起きているという点です。よって、大路池で観測されているようなすべての成分に見られる一様な濃度上昇は、火山ガスの混入によるものとは考えにくいと思われます。

第3図の大路池の水質変化が火山ガスの混入の

影響ではないとすると、その変化は季節変動もしくは水源での揚水停止の影響ではないかと考えられます。大路池では、池の中で地下水が湧き出していると考えられています(青木ほか, 1984)。そのような地下水同士の混ざり具合や、降水の流入量、さらに池中での水の循環が季節的に変化することによって、水質の季節変動が起きると考えられます。

噴火活動の活発化に伴う水源の使用停止も、大路池の水質に影響を与える可能性があります。大路池の北側には水源用の井戸が多数存在し、三宅島の最大の水源となっています。長年続いた揚水を急に停止したことにより周囲の地下水のバランスが崩れ、大路池の水質の変化がもたらされる可能性も考えられます。水質の季節変動や揚水停止の影響については、今後も調査を継続していきたいと考えています。

8. おわりに

2000年9月より始まった山頂から大量の火山ガスの放出は、半年が過ぎても衰えを知りません。しかし幸いなことに、2001年4月の時点では大路池の水質には大きな変化は見られていません。大路池周辺の地下水は、三宅島の貴重な水道水源となっています(青木ほか, 1984)。三宅島住民が帰島される日に備え、我々は今後も地下水の水質の監視を継続していくつもりです。

第2章で述べたように、地下水位変化が地殻歪変化を示すためには、観測する地下水帯水層が被圧されているなどの条件が必要です。よって今後は、解析を行って各観測井の水位変化がどの程度地殻歪変化を示しているか調査する予定です。その結果、十分に地殻歪変化を示している場合には、水位変動を用いて地殻歪変化量を推定し、マグマの動きに関する情報を提供していきたいと考えています。もしそのような結果が得られない場合でも、地下水帯水層の透水性の変化の推定や海流などの影響の補正に役立てていく予定です。大路池については、池の水位を測定しているため、井戸の水位と比べて地殻歪変化の推定は難しいと思われる。しかし、大路池の水位は周囲の水源の水位を反映していると考えられるため、水源として

使用可能な水量の監視に貢献すると思われれます。

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や地下水の最新観測結果は、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.go.jp/dEG/sVOLC/miyake2000/miyakeindex.html>

同地下水観測結果のページ:

<http://www.gsj.go.jp/~sugar/tmp/moni/miyake.html>

国土地理院のGPS連続観測解析結果のページ:

<http://www.gsi.go.jp/WNEW/LATEST/MIYAKE/gps/gpsobs.htm>

東大海洋研の潮位変動に関するページ:

<http://dpo.ori.u-tokyo.ac.jp/research/Tide/>

謝辞 地下水調査や機器設置には、三宅村、新島村、神津島村をはじめ、気象庁、東京都、三宅支庁、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。特に三宅島内での作業および交通においては、上記の方々に加え現地災害対策本部、東京消防庁、三宅村消防本部、警視庁、三宅島警察署、漁船の乗組員、自衛隊ほか多数の方々にお世話になりました。観測計画や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・新藤静夫・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.
- 我孫子勤(1984):1977~1978年有珠山噴火後における洞爺湖,杜警両温泉の化学成分の経時変化,文部省科学研究費自然災害特別研究研究成果(No. A-59-4)火山ガス測定による噴火予測に関する基礎研究,56-70.
- 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(2001):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,三宅島特集号(印刷中).
- 河村 武(1987):大気環境論,朝倉書店,東京,138.
- 気象庁地震予知情報課(2001):2000年三宅島近海及び新島・神津島近海の地震活動,地震予知連絡会会報,65,140-148.
- 小泉尚嗣(1994):地殻歪と地殻内流体,火山,39,169-176.
- 国土地理院(2001):伊豆半島およびその周辺の地殻変動,地震予

知連絡会会報, 65, 170-269.

Matsumoto N., Sato T., Matsushima N., Akita F., Shibata T. and Suzuki A. (2001): Hydrological anomalies before the 2000 eruption of Usu volcano (Geophys. Res. Lett. に投稿中).

佐藤 努・太田英順・秋田藤夫・鈴木敦生・松島喜雄 (2000): 2000年有珠山噴火の直前に起きた地下水の自噴, 地質ニュース, no. 551, 20-26.

島野安雄 (1994): 水質の表示とその解釈, 日本地下水学会編「名水を科学する」, 技報堂出版, 東京, p.12-22.

高橋 正明・阿部喜久男・野田徹郎・風早康平・安藤直行・遠藤秀典・曾屋龍典 (1991): 伊豆大島における地下水温の高温化, 火山, 36, 403-417.

脇田 宏・野津憲治・中村裕二・佐野有司 (1988): 1986年伊豆大島火山噴火に伴う蒸気井のガスおよび温泉水の地球化学的変化, 火山第2集, 33, 特集号, S28-S289.

宮城磯治・東宮昭彦・星住英夫・伊藤順一・川邊禎久・佐藤久夫・齊藤元治・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-, 地質ニュース, no. 557, 7-13.

SATO Tsutomu, TAKAHASHI Makoto, MATSUMOTO Norio, NAKAMURA Taro, YASUHARA Masaya, KOIZUMI Naoji, KINJOH Kazunori, NOTOMO Takashi and OHKAWA Tomoko (2001): Miyake-jima 2000 eruption - Hydrological observation -.

<受付: 2001年4月24日>

お知らせ

地質標本館 土日祝日開館

今までは、月曜から金曜日と第2・4土曜日が開館日でしたが、来る7月20日(金)「海の日」から土日祝日開館になります。
休館日は7月23日から毎週月曜日になります(月曜日が祝日の場合は火曜日)。
年末年始は12月28日から翌年1月4日まで休館になります。

地質標本館は、7月20日(金)「海の日」から土日祝日開館に!!