

2000年三宅島噴火後の水道水中有害無機成分等の実態調査

小杉有希*, 梶本博*, 高橋保雄*, 富士栄聡子*,
小西浩之*, 小輪瀬勉*, 矢口久美子*

Investigation of harmful and inorganic ingredients in water supply with volcanic activity in Miyakejima Island

Yuki KOSUGI*, Hiroshi TOCHIMOTO*, Yasuo TAKAHASHI*, Satoko FUJIE*,
Hiroyuki KONISHI*, Tutomu KOWASE* and Kumiko YAGUCHI*

Keywords : 有害無機成分 harmful and inorganic ingredients, 水道水 water supply, 火山活動 volcanic activity, 三宅島 Miyakejima Island

はじめに

三宅島は東京から南方約200kmにある。三宅島火山は日本でも有数の活発な火山であり、1085年以来多数の噴火記録が残されている¹⁾。

2000年6月、三宅島は17年ぶりに火山活動を開始した。7月8日には島の中央にある雄山山頂部で噴火が起こり、山頂部が陥没した。8月には2000年の一連の噴火の中で最大級の噴火が起こり、火山灰や火山礫、火山弾が島内に降った。また、その後の噴火では低温の火砕流が北部海岸に到達した²⁾。このため、9月2日に三宅村から島外への避難指示がなされ、4日までに島民約3,800人が島外に避難した³⁾。その後噴火や地震は減少していき、2005年2月1日に三宅村長により避難指示の解除がなされた。しかし、現在も1日当たり1,000~2,600トンもの二酸化硫黄を含む火山ガスの放出が続いている⁴⁾。

地震活動や火山活動では、地下水、河川水などの水質に影響を及ぼし、地域によっては有害な無機成分が高濃度で検出されることが報告されている。例えば、伊豆大島では1986年に噴火した際に水質基準を超える鉛、水銀、ひ素、銅が飲用井戸から検出された⁵⁾。また、1995年の兵庫県南部地震の直後に、環境基準10 μ g/Lを越えるひ素が河川水から検出されている⁶⁾。三宅島は表流水がなく地下水を主要な水源にしているため、地震活動などによる水質変化が住民の健康に影響を及ぼすことが懸念される。

これまで2000年および2001年の火山噴火時の水道原水(以下原水と略す)及び水道水中の水質について調査し、原水からCd、Pbなどが高く検出されたことを報告した⁷⁾。

今回、2001年以降三宅島島民帰島後(2005年)までの期間について、火山活動の影響を示すと推定される水道水中の有害無機成分を主とした水質を調査したので報告する。

実験方法

1. 調査地点および調査期間

1) 調査地点 調査した水道水は三宅島の三池キャンプ場(三池・金層水源)、坪田公民館(八重間水源)、薄木(南風平水源)、神着公民館(大路水源)の4地点より採水した。それぞれの水道水水源及び採水地点を図1に示す。

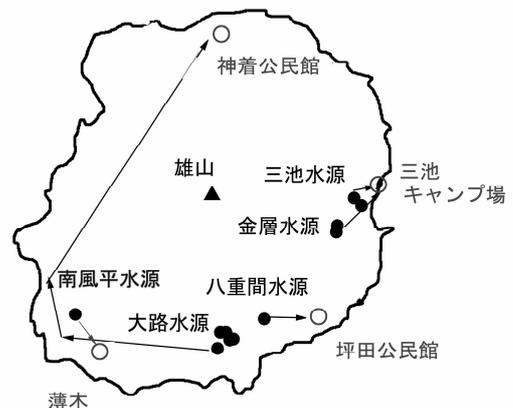


図1. 水源及び採水地点⁸⁾ (●: 水道水水源, ○: 採水地)

各水道水は地下水を水源としている。各水道水水源の地質は、三池・八重間・大路は砂及び礫、金層は玄武岩溶岩、南風平は玄武岩溶岩及び火砕物である¹⁾。また、井戸の地表での標高及び深さは、三池水源が約10m及び13m、八重間水源が66m及び68m、南風平水源が80m及び76m、大路水源が6m及び9mであり、井戸の深さは海水面前後である⁸⁾。浄水方式は大路水源が平成15年にNF膜ろ過法が開始されたほかは塩素消毒のみである⁹⁾。

2) 調査期間 2001年11月から2005年11月までを調査期間とした。2005年3月までは毎月、それ以降はおおむね3ヶ月に1回の割合で行った。

2. 調査項目

2002年4月までは水質基準項目中の硝酸態窒素および亜硝酸態窒素($\text{NO}_3\text{-N}$)、塩化物イオン(Cl^-)、有機物等(2004年

* 東京都健康安全研究センター環境保健部水質研究科 169-0073 東京都新宿区百人町 3-24-1

* Tokyo Metropolitan Institute of Public Health
3-24-1, Hyakunin-cho, Shinjuku-ku, Tokyo 169-0073 Japan

3月までは過マンガン酸カリウム消費量, それ以降は全有機炭素(TOC), pH, 濁度, 色度を測定した. 5月以降は上記の項目に加えて水質基準項目中金属類としてカドミウム(Cd), 6価クロム(Cr), 水銀(Hg), セレン(Se), 鉛(Pb), 砒素(As), ほう素(B), 亜鉛(Zn), アルミニウム(Al), 硬度(カルシウム, マグネシウム等), 鉄(Fe), 銅(Cu), ナトリウム(Na), マンガン(Mn), 水質管理目標設定項目中金属類として, アンチモン(Sb), ウラン(U), ニッケル(Ni), モリブデン(Mo), その他にカルシウム(Ca), マグネシウム(Mg), カリウム(K), 硫酸イオン(SO_4^{2-})を測定した.

3. 測定方法

測定方法は, 上水試験法¹⁰⁾に準じた. Cd, Cr, Hg, Pb, B, Zn, Al, Fe, Cu, Na, Mn, Ni, Mo, Ca, Mg, Kは, 試料到着後硝酸を加え, UはICP-MS法(横川アナリティカルシステムズ, HP4500)で, その他の元素はICP法(日本ジャーレリアッシュ, IRIS ADVANTAGE)で測定した. 硬度はCa及びMgの濃度から算出した. Hgは試料到着後硫酸を加え, 還元気化-原子吸光法(日本インスツルメント, RA-2A)で測定した. Se, As, Sbは試料到着後, 塩酸を加え, 水素化物-ICP法で測定した. Cl^- , NO_3^- -N, SO_4^{2-} はイオンクロマトグラフ法(ダイオネクス, DX-1000)で測定した. pHはガラス電極法, 過マンガン酸カリウム消費量は滴定法, TOCは燃焼酸化法, 色度は比色法, 濁度は透過光測定法で測定した. また, 金属類の定量下限値は水道水の基準値及び目標値の1/10の濃度とした.

結 果

測定結果を表1, 2, 3及び4に示す. 測定項目のうち, 測定期間内のデータが全て定量下限値未満であったもの及び数回のみ定量下限値を検出したものは表に記載しなかった.

有害無機物(Cd, Cr, Hg, Se, Pb, As, B, NO_3^- -N)とその他の項目(Zn, Al, Cl^- , Ca, Mg, 硬度, Fe, Cu, Na, Mn, 有機物質, 色度, 濁度, pH)に分けて述べる.

1) 三池・金層水源: 表1 (採水地: 三池キャンプ場)

(1) 有害無機成分 Asは2003年夏以降ほぼ毎月0.001mg/L(水道水質基準値の10%, 以後%値のみを記載)検出した. Seは2003年から2004年に渡り0.001mg/L(10%)検出した. NO_3^- -Nは, 0.9-6.2mg/L検出した. 2003年7月以降濃度が急激に低下した. Cd, B, Hg, Sb, U, Ni, Moは全て定量下限値未満であった.

(2) その他の項目 Feは2003年及び2004年にほぼ毎月検出し, 濃度は0.03-0.15mg/L(10-50%)であった. 噴火直後には三池原水で0.04mg/L検出している. Naは変動が大きく, 14-79mg/L(9-40%)の間で推移した. 2004年6月に最大値を測定した. 硬度は2004年まで水質基準値(300mg/L)を超える濃度であったが次第に減少し, 現在ではおおむね基準値を下回っている. 噴火直後と比較すると, 今回の調査の方が平均で4倍程度濃度が高かった. Cl^- は, 31.5-83.3mg/L

検出した. 噴火直後より濃度が高い傾向がある. 過マンガン酸カリウム消費量は2002年7月に高値を示したほかは0.2-0.3mg/L程度で安定していたが, 2003年5月より変動が大きくなった. TOCは散発的に0.5mg/Lを超えた月があったがおおむね低値であった. 2005年2月は1mg/L程度検出した. pHは 7.2 ± 0.5 程度で2003年以降変動が大きくなっており, 噴火前からの変化は見られない. SO_4^{2-} は高濃度に検出されており, 期間中の平均値は4地点の中で最も高濃度であった. また, 噴火直後と比較しても平均値で20倍高い濃度を検出している. Al, Cu, Mn, Znは全て定量下限値未満であった.

2) 八重間水源: 表2 (採水地: 坪田公民館)

(1) 有害無機成分 Asは金属類の中では検出頻度が高く, ほぼ毎月0.001mg/L(10%)が検出された. NO_3^- -Nは, 0.5-1.1mg/Lであった. Cd, Se, B, Hg, Moは全て定量下限値未満であった.

(2) その他の項目 Feは毎月検出されており, 濃度は0.03-0.40mg/L(10-130%)であった. 2002年度は特に高濃度に検出した. 時間の経過に伴い濃度は低下した. Naは変動が大きく, 11-72mg/L(8-36%)の間で推移した. 2004年6月に最大値を検出した. 硬度は4地点のうちでは最も低濃度であり, 水質基準値を超過することはほとんどなかった. しかし噴火直後の原水⁷⁾(104-153mg/L)と比較すると濃度が高い傾向が見られた. Cl^- は, 17.0-39.9mg/Lであった. 過マンガン酸カリウム消費量は2002年7月に高値を示したほかは0.2-0.3mg/L程度で安定していたが, 2003年5月より変動が大きくなった. pHは 6.5 ± 0.3 程度で測定期間中大きな変動はなかった. SO_4^{2-} は高濃度に検出された. 表には示していないが, 色度は, 2002年から1及び2度が散発的に検出した. 時間が経過するに従い検出濃度が低下した. Al, Cu, Znはすべて定量下限値未満であった.

この地点は硬度, NO_3^- -N, Cl^- , SO_4^{2-} という常に検出される項目において測定期間中変動が少ない特徴が見られた.

3) 南風平水源: 表3 (採水地: 薄木)

(1) 有害無機成分 Asは2002年及び2003年後半から2004年にかけて検出した. 検出濃度はいずれも0.001mg/L(10%)であった. Bは2002年及び2005年に毎月0.1-0.2mg/L(10-20%)検出した. NO_3^- -Nは, 0.8-3.9mg/Lであった. Cd, Pb, Hg, Moは全て定量下限値未満であった.

(2) その他の項目 Feは散発的に0.03-0.10mg/L(10-30%)検出した. Naは変動が大きく, 21-83mg/L(10-42%)の間で推移した. 2004年6月に最大値を測定した. 硬度は数回水質基準値を超過した月があった. また, 噴火直後と比較すると濃度が高い傾向が見られた. Cl^- は, 40.8-109mg/Lで測定期間中の変動は大きかった. 2002年12月から2003年1月の間に変動の平均が低下した. 過マンガン酸カリウム消費量は2002年7月に高値を示したほかは0.2-0.3mg/L程度で安定していたが, 2003年5月より変動が大きくなった. TOCは数回0.5mg/Lを超えた月があったがおおむね低値であった. 2005年2月は1mg/L程度検出した. pHは 6.7 ± 0.7 で, 測定期間中大きな変動はなかった. 噴火直後の7.3より低下している.

SO₄²⁻ は他の地点と同様に高濃度に検出し、塩化物イオンと同じ挙動を示している。噴火直後よりも平均3.5倍高い濃度である。Al, Mn, Znは定量下限値未満であった。

4) 大 路 水 源 : 表 4 (採 水 地 : 神 着 公 民 館)

(1) 有害無機成分 Asは2002年と2003年後半から2004年 mg/L (10-20%) 検出した。Bはほぼ毎月0.1-0.2 mg/L (10-20%) 検出された。噴火直後では原水において定量下限値を超える濃度(0.12-0.21mg/L)が検出していたが、水道水では0.1 mg/Lを超えていなかった。表には示していないが、Niは2003年7月と2004年6月の2回0.002-0.003mg/L (20-30%) 検出した。噴火直後の調査では、原水では基準値を超える濃度(0.013-0.016mg/L)を検出しているが、水道水では検出していない。Cd, Cr, Pb, Hg, Moは定量下限値未満であった。

(2) その他の項目 Feは2002年及び2004年に0.03-0.16 mg/L (10-50%) 検出した。基準値を超えたのは、噴火からあまり時間が経過していない2002年である。噴火直後より徐々に低下していると考えられる。Naは変動が大きく、16-93mg/L (8-47%)の間で推移した。2004年6月に最大値を測定した。硬度は2004年まで水質基準を超える月が多かったが、減少傾向が見られ、現在ではおおむね基準値を下回っている。噴火直後と比較すると濃度が高い傾向が見られた。Cl⁻は、41.8-112mg/L検出した。測定期間中の変動は大きかった。過マンガン酸カリウム消費量は2002年7月に高値を示したほかは0.2-0.3mg/L程度で安定していたが、2003年5月より変動が大きくなった。TOCは2005年2月に0.8mg/L程度検出したのみである。pHは6.7±0.3で測定期間中大きな変動はなかった。色度は、噴火から時間が経過した2004年後半に4回、1度が検出されている。SO₄²⁻は高濃度に検出されており、噴火直後よりも最大3倍高くなっている。また、噴火から時間が経過するにつれて濃度が減少する傾向がみられた。2005年に入ってからには特に低濃度になっている。Mn, Znは全て定量下限値未満であった。

考 察

三宅島では、4ヵ所の地下水を水道水源としているが、その水道水の水質の特徴はそれぞれ異なった。その違いは主に水源を異にしているためと考えられる。火山島の地下水を水源としている水道水の水質は、伊豆大島のように火山の影響と海水侵入の影響を受けていると考えられる¹¹⁾。

今回の調査では、SO₄²⁻及び硬度が全地点において噴火直後より増加していた。三宅島の三池・金層水源、大路水源を水源とする水道水では、pHは4地点中ではそれぞれ6.6-7.7, 6.4-7.0と高かった。SO₄²⁻は、それぞれ66.9-283, 2.9-224mg/Lと幅広かった。これらの地点は、pHが低いとSO₄²⁻は低く、pHが高いとSO₄²⁻も高い傾向がみられた。三池・金層水源におけるSO₄²⁻及びpHの変動を図1に示す。

SO₄²⁻は火山ガス、火山灰¹²⁾による火山起源と海水起源¹³⁾が考えられる。三宅島の火山ガスは、二酸化硫黄、硫酸ミスト、硫化水素等を含み¹⁴⁾、火山ガスが混入すると、地下水のSO₄²⁻の濃度は上昇すると同時にpHは低下する。一方、海

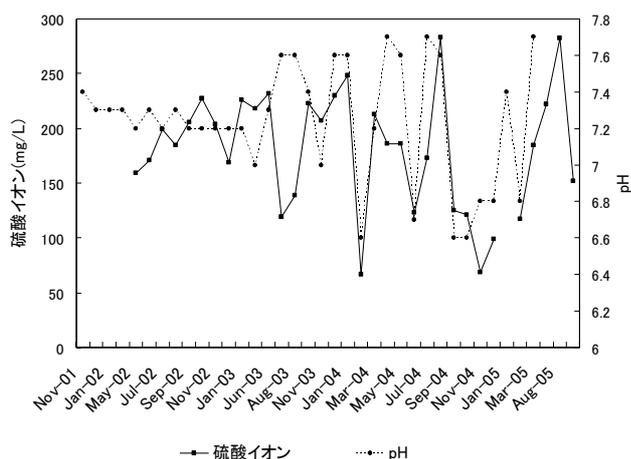


図1. 三池・金層水源におけるSO₄²⁻及びpHの変動

水ではpHは弱アルカリ性(7.8)であり、SO₄²⁻の濃度は陸水と比較して大幅に高い(約2,700mg/L)。三池・金層水源及び大路水源ではpHとSO₄²⁻が連動しているため、SO₄²⁻は火山起源ではなく海水起源が主であり、SO₄²⁻とpHの変動は海水侵入の進退があることが示唆される。また、八重間水源では27-74mg/L、南風平水源でも16.1-201mg/L(日本の河川では数mg/L-数十mg/L¹⁵⁾)と高い濃度を示し、海水進入または火山の影響が推定される。また、4地点の硬度の平均値は171-308 mg/Lと水質基準を超える高い値を示し、海水岩石相互作用¹⁶⁾によるものと推定される。

各水源の特徴を考察すると、三池・金層水源を水源とする水道水のNO₃-Nは2001年11月から増加していたものが2003年5月をピークとして8月以後1/3程度に以後激減している。三池・金層水源におけるNO₃-Nの変動を図2に示す。

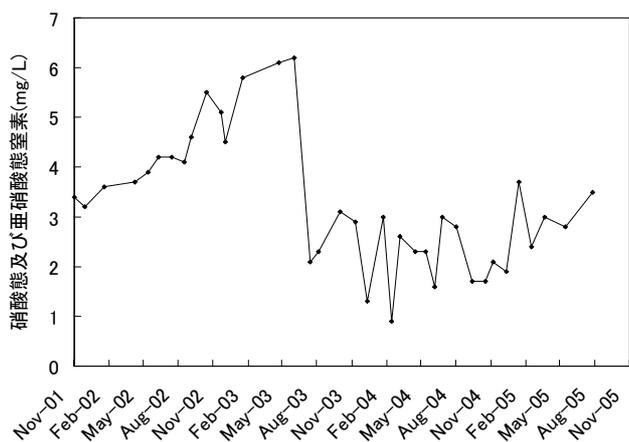


図2. 三池・金層水源におけるNO₃-Nの変動

NO₃-Nは動植物の影響を示す成分である¹⁰⁾が、これが激減したのは、この時期に降灰や火山ガスなどの火山活動により植物が激減したためと推定される。また、噴火直後よりCl⁻濃度が増加しているのは、海水進入が顕著になってきたことを示していると考えられる。

八重間水源を水道水とする水道水はCl⁻, Na, K, 硬度, pHが4地点中最低で、海水侵入の影響は少なく、また、硝酸態・亜硝酸態窒素も4地点中最低ということから生物が少な

い地点と推定される。火山の影響を示すAsとFe(マグマの主成分)が4地点中最高の頻度で検出され、pHが最低であるのは、火山の影響が強いことを示していると推定される。

南風平水源を水源とする水道水は、pHはやや高く、 SO_4^{2-} は16.1-201mg/L、Cl⁻は40.8-109mg/Lと幅広く、高い濃度を示す時期もあり、海水侵入の進退が推定される。しかし、pHと SO_4^{2-} は三池・金層水源、大路水源のように連動している傾向はみられない。噴火直後に比べて硬度が高くなっているのは、海水侵入が活発になったことを示している。Asは2005年2月以後検出されていないのは、火山活動が弱まってきているのではないかと推定された。この地点は、4種類の中では火山の影響が比較的低い水道水と推定された。

大路水源を水源とする水道水は4水源中ではCl⁻, Naが最も高く、これらは海水の侵入を受けていることを示すものと推定される。Bについては、火山起源と海水起源が考えられるが、この水源で検出頻度が最も高いのは、海水起源あるいは海水岩石相互作用によるものと推定される。硬度は噴火直後と比べると減少していた。 SO_4^{2-} が2005年に入ってから低濃度になっているのは、2004年7月よりNF膜ろ過方式が段階的に開始されたことによるといえる。NF膜は孔径範囲2~0.5nmで多価イオンを分離することができる¹⁷⁾ため、硫酸イオンも除去されたと考えられる。

ま と め

三宅島噴火後の2001年から2005年にかけて島民の島外避難から帰島までの期間について、島内の4ヶ所の地下水(三池・金層、八重間、南風平、大路)を原水とするそれぞれの水道水について有害無機成分を中心に調査した。

1. 有害無機成分では、噴火直後ほとんど検出されなかったヒ素が4ヶ所の水源を原水とする水道水から0.001-0.003 mg/L(水質基準の1/10~3/10) 検出され、三池・金層水源、大路水源では検出頻度70%以上と高く、島民帰島時まで検出された。セレンも噴火直後には検出されなかったが、3ヶ所の水源から0.001mg/L(水質基準の1/10) 検出された。三池・金層の水源では検出頻度は30%以上であったが、島民帰島時には検出頻度は低下していた。ホウ素は噴火直後から検出されていたが、その後も3ヶ所の水道水から0.1-0.2 mg/L(水質基準の1/10~2/10) 検出され、大路水源、南風平水源の水道水では検出頻度60%以上と高く、島民帰島直前まで検出された。

2. ヒ素の検出率が高かった三池・金層水源、ホウ素の検出率が高い大路水源を原水としている水道水は、火山活動と海水侵入の影響を強く受けていると推定された。ヒ素と鉄の検出頻度が高かった八重間水源を原水としている水道水は火山活動の影響が強いと推定された。南風平水源を原水とする水道水は、ホウ素の検出頻度はやや高かったがpHが高いことなどから火山の影響が他の水源に比べて低いと推定された。

3. 4地点で硫酸イオンが高濃度に検出された。この起源は主に海水の浸入によるものと考えられる。また、大路水源

を原水とする水道水において2005年から濃度が低下したのはNF膜処理が開始されたことによると考えられる。

4. 4地点の水道水中の無機成分を中心に調査したが、噴火時に比べて各水源地下水への海水侵入が活発となり、一方では三宅島の火山活動は低下している傾向が観察された。現在でも火山活動は続いており、今後も水道水中から火山由来の有害無機成分が検出されると推定されるが、今後さらに噴火活動が活発にならないかぎり、水道水水質がヒトの健康に及ぼす影響はほとんどないと推定された。

謝 辞 三宅島の水質調査資料をご提供いただいた三宅村役場の方々に感謝します。また、本調査を実施するにあたりご協力いただいた福祉保健局健康安全室環境水道課水道係の方々に感謝します。

文 献

- 1) 独立法人 産業技術研究所 地質調査総合センター: 三宅島火山地質図, 2005.
- 2) 宮城磯治, 東宮昭彦, 星住英夫, 他: 地質ニュース, 557, 7-13, 2001.
- 3) 独立行政法人 産業技術総合研究所 HP: http://www.aist.go.jp/RIODB/strata/VOL_JP/vol/163.htm
- 4) 気象庁 HP: 火山活動解説資料(平成 18 年 6 月) http://www.seisvol.kishou.go.jp/tokyo/STOCK/monthly_v-act_doc/tokyo/06m06/320_06m06.pdf
- 5) 高橋正博, 高橋保雄, 中川順一, 他: 東京都衛生局学会誌, 90, 78-79, 1990.
- 6) 大興久美子, 毛利一平, 小川淳, 他: 日衛誌, 51(1), 228, 1996
- 7) 柄本博, 高橋保雄, 小杉有希, 他: 東京衛研年報, 52, 233-239, 2001.
- 8) 三宅村簡易水道施設平面図.
- 9) 東京都福祉健康局健康安全室: 東京都の水道, 平成 17 年度版, 74-75, 2006.
- 10) 上水試験方法, 2001 年度版, 2002, 日本水道協会.
- 11) 柄本博, 関山登, 矢口久美子, 他: 水環境学会誌, 28(12), 759-767, 2005.
- 12) 佐藤努, 町田功, 高橋誠, 他: 地下水技術, 47(11), 15-22, 2005
- 13) 文部省国立天文台編: 理科年表 CD-ROM99, 1999, 丸善, 東京.
- 14) 火山ガスと健康影響に関する Q&A: http://www.h2.dion.ne.jp/~boetu/miyake_gasQ&A.htm
- 15) 平山光衛: 河川水, 日本化学会編, 陸水の化学, 90-91, 1992, 学会分析センター, 東京.
- 16) 中央温泉研究所: 東京都八丈町, 三宅村, 神津島村, 新島村および大島町 温泉基礎報告書, 24-25, 1994
- 17) 岩堀博: 膜分離, 水ハンドブック編集委員会編, 265-266, 2003, 丸善, 東京.

表1. 測定結果 三池・金層水源 (採水地: 三池キャンプ場)

	As	Se	B	Fe	Na	K	Ca	Mg	硬度	NO ₃	Cl ⁻	有機物等	pH	SO ₄ ²⁻
噴火直後 ⁷⁾	nd	nd	nd	0.04	27	2.3	19	7	77	2.9	24.1	1.5	7.4	9.5
2001/11/8										3.4	33.0	0.2	7.4	
2001/12/5										3.2	31.5	0.2	7.3	
2002/1/25										3.6	38.2	0.2	7.3	
2002/4/17										3.7	46.6	0.3	7.3	
2002/5/21	nd	nd	nd	nd						3.9	48.9	0.3	7.2	159
2002/6/17	0.002	nd	nd	nd						4.2	53.5	0.3	7.3	171
2002/7/22	0.002	nd	nd	nd						4.2	52.0	4.2	7.2	199
2002/8/24	nd	nd	nd	nd						4.1	25.3	0.3	7.3	185
2002/9/12	0.001	nd	nd	0.03						4.6	54.2	0.3	7.2	206
2002/10/21	nd	nd	nd	nd						5.5	60.9	0.3	7.2	227
2002/11/29	0.001	nd	nd	nd						5.1	72.1	0.2	7.2	204
2002/12/11	nd	nd	nd	nd						4.5	83.3	0.3	7.2	169
2003/1/25	nd	nd	nd	0.04						5.8	59.6	0.2	7.2	226
2003/5/1	nd	nd	nd	0.04	22	3.4	51	26	233	6.1	65.8	1.3	7.0	218
2003/6/9	nd	nd	nd	0.05	34	3.4	87	26	323	6.2	57.9	0.8	7.3	232
2003/7/21	0.001	nd	nd	nd						2.1	42.6	1.5	7.6	119
2003/8/13	0.001	0.001	nd	nd	20	3.8	79	18	271	2.3	50.5	0.3	7.6	139
2003/10/8	0.001	0.001	nd	0.04	22	4.3	102	23	348	3.1	62.7	3.5	7.4	223
2003/11/18	0.001	0.001	nd	0.05	37	4.2	149	24	471	2.9	58.7	1.3	7.0	207
2003/12/19	0.001	0.001	nd	0.15	35	4.3	104	24	360	1.3	53.5	1.9	7.6	230
2004/1/29	0.001	0.001	nd	0.04	22	5.3	121	27	413	3.0	60.2	2.5	7.6	248
2004/2/21	0.001	nd	nd	0.04	18	3.8	47	16	182	0.9	34.5	2.5	6.6	66.9
2004/3/13	0.002	0.001	nd	nd	30	3.2	92	24	329	2.6	51.6	1.6	7.2	213
2004/4/23	0.001	0.001	nd	0.04	41	4.3	82	24	304	2.3	49.3	0.5	7.7	186
2004/5/21	0.001	0.001	nd	0.03	56	3.4	95	24	334	2.3	48.6	nd	7.6	186
2004/6/14	0.001	nd	nd	0.03	79	7.5	63	31	282	1.6	39.1	nd	6.7	123
2004/7/3	0.001	0.001	nd	0.04	43	4.8	99	29	366	3.0	56.3	nd	7.7	173
2004/8/10	0.001	0.001	nd	0.03	41	4.6	91	24	325	2.8	47.2	nd	7.6	283
2004/9/21	0.001	nd	nd	0.04	40	3.4	64	19	238	1.7	40.9	nd	6.6	125
2004/10/25	0.001	nd	nd	0.04	32	2.1	59	18	223	1.7	38.4	nd	6.6	121
2004/11/15	0.001	nd	nd	0.03	26		43	15	168	2.1	35.6	nd	6.8	68.6
2004/12/19	0.001	nd	nd	0.05	14	1.6	53	17	201	1.9	38.2	0.5	6.8	99.2
2005/1/20	0.001	0.001	nd	nd	26				212	3.7	48.2	nd	7.4	
2005/2/23	nd	nd	nd	nd	40	3.9	58	19	221	2.4	51.0	0.8	6.8	117
2005/3/29	0.001	nd	nd	nd	46	4.6	82	21	294	3.0	55.6	0.5	7.7	185
2005/5/24	0.001	nd	nd	nd						2.8	52.8			222
2005/8/3	0.001	0.001	nd	nd	24	7.2	117	32	426	3.5	58.3			282
2005/11/8	0.001	nd	nd	nd	27	3.8	68	21	256					152
平均値	0.001	0.001	-	0.04	34	4.1	82	23	295	3.3	50.2	1.0	7.2	181
最大	0.002	0.001	-	0.15	79	7.5	149	32	471	6.2	83.3	4.2	7.7	283
最小	0.001	0.001	-	0.03	14	1.6	43	15	168	0.9	25.3	0.2	6.6	66.9
定量下限値	0.001	0.001	0.1	0.03	1	0.7	1	1	1	0.1	0.3	*	-	1.0

* ndは定量下限値未満を示す。有機物質は2004年3月までは過マンガン酸カリウム消費量、それ以降はTOC。定量下限値は、過マンガン酸カリウム消費量は0.2mg/L、TOCは0.5mg/L。

表2. 測定結果 八重間水源 (採水地: 坪田公民館)

	As	Se	B	Fe	Na	K	Ca	Mg	硬度	NO ₃	Cl ⁻	有機物等	pH	SO ₄ ²⁻
噴火直後 ⁷⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001/11/8	nd	nd		0.14	11				119	0.5	24.2	0.2	6.5	
2001/12/5										0.6	23.2	0.2	6.5	
2002/1/25										0.6	26.4	0.2	6.6	
2002/4/17										0.6	27.7	0.3	6.5	
2002/5/21	0.001	nd	nd	0.03						0.5	26.8	0.3	6.4	30.9
2002/6/17	0.002	nd	nd	0.32						0.6	29.7	0.3	6.5	33.6
2002/7/22	0.001	nd	nd	0.08						0.5	26.3	0.5	6.3	30.6
2002/8/24	0.001	nd	nd	0.10						0.5	27.1	0.3	6.2	32.3
2002/9/12	0.001	nd	nd	0.05						0.5	26.8	0.3	6.4	32.5
2002/10/21	0.001	nd	nd	0.05						0.5	28.2	0.3	6.3	35.4
2002/11/29	0.003	nd	nd	0.40						0.5	28.2	0.2	6.4	34.5
2002/12/11	0.001	nd	nd	0.04						0.5	26.8	0.3	6.3	33.5
2003/1/25	0.001	nd	nd	0.06						0.5	27.3	0.2	6.3	33.2
2003/5/1	0.001	nd	nd	nd	33	3.5	37	18	169	0.6	30.5	1.2	6.4	39.0
2003/6/9	0.001	nd	nd	0.03	23	2.9	49	17	191	0.6	27.9	0.6	6.5	33.6
2003/7/21	0.001	nd	nd	0.09						0.6	26.4	1.8	6.6	37.2
2003/8/13	0.001	nd	nd	0.05	19	4.0	53	17	199	0.7	31.3	0.3	6.8	37.5
2003/10/8	0.001	nd	nd	0.07	19	4.0	95	17	308	0.8	36.0	0.3	6.7	45.0
2003/11/18	0.001	nd	nd	nd	29	3.7	72	17	248	0.6	31.9	0.9	6.4	40.3
2003/12/19	0.001	nd	nd	0.03	25	3.5	44	15	171	0.5	32.5	1.9	6.4	41.2
2004/1/29	0.001	nd	nd	0.03	18	4.2	52	16	194	0.7	32.9	1.3	6.4	45.1
2004/2/21	0.001	nd	nd	0.04	18	3.6	40	14	160	0.6	31.7	1.6	6.4	45.2
2004/3/13	0.002	0.001	nd	0.04	22	2.5	41	15	164	0.7	31.5	1.3	6.4	46.5
2004/4/23	0.001	nd	nd	0.04	32	3.4	40	15	163	0.7	29.7	nd	6.3	45.3
2004/5/21	0.001	nd	0.1	0.05	49	2.9	39	16	163	0.7	27.4	nd	6.4	43.6
2004/6/14	0.001	nd	nd	0.04	72	7.0	37	17	164	0.7	27.5	0.5	6.8	45.7
2004/7/3	0.001	nd	nd	0.03	32	3.2	39	16	164	0.7	29.1	nd	6.3	45.2
2004/8/10	0.001	nd	nd	0.03	31	3.1	37	14	150	0.5	17.0	0.6	6.2	31.6
2004/9/21	0.001	nd	nd	0.03	35	2.9	42	14	163	0.7	28.1	nd	6.4	46.7
2004/10/25	0.001	nd	nd	0.04	28	1.6	38	14	151	0.7	27.4	nd	6.4	47.7
2004/11/15	0.001	nd	nd	0.03	25		31	14	134	0.7	26.6	nd	6.5	33.9
2004/12/19	0.001	nd	nd	0.04	16	1.5	34	13	139	0.7	27.1	nd	6.4	36.7
2005/1/20	0.001	nd	nd	nd	21				140	0.7	27.2	nd	6.4	
2005/2/23	nd	nd	nd	nd	35	3.5	31	14	136	1.1	39.9	1.0	6.4	26.6
2005/3/29	0.001	nd	nd	0.03	33	4.2	40	15	160	0.7	28.3	0.5	6.5	57.6
2005/5/24	0.001	nd	nd	0.04						0.7	30.1			59.3
2005/8/3	0.001	nd	nd	0.04	15	4.6	41	15	163	0.7	29.0			65.5
2005/11/8	0.001	nd	nd	0.04	19	3.3	37	14	149					74.3
平均値	0.001	0.001	0.1	0.07	28	3.5	44	15	171	0.6	28.7	0.7	6.4	41.4
最大	0.003	0.001	-	0.4	72	7.0	95	18	308	1.1	39.9	1.9	6.8	74.3
最小	0.001	0.001	-	0.0	11	1.5	31	13	119	0.5	17.0	0.2	6.2	26.6
定量下限値	0.001	0.001	0.1	0.03	1	0.7	1	1	1	0.1	0.3	*	-	1.0

* ndは定量下限値未満を示す。有機物質は2004年3月までは過マンガン酸カリウム消費量、それ以降はTOC。

噴火直後のデータは、この地点は測定値なし。

表3. 測定結果 南風平水源 (採水地: 薄木)

	As	Se	B	Fe	Na	K	Ca	Mg	硬度	NO ₃	Cl ⁻	有機物等	pH	SO ₄ ²⁻
噴火直後 ⁷⁾	nd	nd	nd	nd	39	4.3	40	24	200	1.5	27.3	1.8	7.3	25
2001/11/8										1.5	56.5	0.2	6.9	
2001/12/5										1.4	56.0	0.2	6.8	
2002/1/25														
2002/4/17										1.2	74.4	0.3	6.8	
2002/5/21	0.001	nd	0.2	0.03						1.5	75.3	0.3	6.7	137
2002/6/17	0.001	nd	0.1	nd						1.5	83.8	0.3	6.9	153
2002/7/22	0.001	nd	0.2	nd						1.5	75.8	1.5	6.8	142
2002/8/24	0.001	nd	0.2	nd						1.3	82.1	0.3	6.6	159
2002/9/12	nd	nd	0.1	nd						1.5	76.0	0.3	7.0	144
2002/10/21	0.001	nd	0.1	nd						1.4	75.1	0.2	6.8	97.7
2002/11/29	0.001	nd	0.2	nd						1.1	101	0.2	6.9	201
2002/12/11	nd	nd	0.2	nd						1.1	109	0.3	7.0	195
2003/1/25	nd	nd	0.2	0.03						2.5	40.8	0.2	7.2	27.4
2003/5/1	nd	nd	0.2	nd	29	4.8	55	49	340	2.5	51.0	1.2	7.0	46.6
2003/6/9	nd	nd	nd	nd	31	3.0	42	24	205	2.4	46.3	0.4	6.9	44.8
2003/7/21	nd	nd	nd	nd						2.6	40.9	1.5	7.0	40.2
2003/8/13	nd	nd	nd	nd	23	4.1	48	26	226	2.6	54.6	0.3	7.3	55.4
2003/10/8	0.001	nd	nd	0.05	23	3.9	62	25	257	3.9	59.4	1.6	7.4	62.2
2003/11/18	nd	nd	nd	nd	38	3.7	59	24	247	2.7	54.6	1.3	7.0	56.7
2003/12/19	nd	nd	nd	nd	37	3.7	39	24	194	2.6	52.8	1.0	7.2	65.0
2004/1/29	nd	nd	nd	nd	23	4.4	45	26	218	3.2	55.0	1.6	7.0	69.3
2004/2/21	nd	nd	nd	nd	22	3.9	39	25	199	2.4	50.8	0.6	6.9	62.6
2004/3/13	0.001	0.001	nd	nd	32	2.8	40	25	203	2.5	49.0	1.6	7.0	62.2
2004/4/23	0.001	nd	0.1	nd	55	5.8	69	47	366	1.8	82.8	0.5	6.5	138
2004/5/21	nd	nd	nd	nd	66	3.7	57	37	293	1.9	59.7	nd	6.7	96.4
2004/6/14	nd	nd	0.1	nd	83	7.8	40	36	249	1.8	58.9	0.5	6.8	106
2004/7/3	0.001	nd	nd	nd	47	4.6	48	34	261	2.3	61.2	0.5	6.8	90.7
2004/8/10	0.001	nd	nd	0.10	37	3.8	43	21	194	0.8	25.6	nd	6.5	48.4
2004/9/21	nd	nd	0.2	nd	46	4.1	56	29	259	1.9	71.8	nd	6.7	121
2004/10/25	0.001	nd	nd	nd	53	2.5	48	31	247	2.4	53.1	nd	6.9	81.1
2004/11/15	0.001	nd	nd	nd	38		41	23	197	1.3	42.0	nd	6.6	56.4
2004/12/19	0.001	nd	0.1	nd	21	2.1	51	30	251	1.3	50.4	nd	6.6	71.0
2005/1/20	0.001	nd	0.1	nd	49				327	1.8	71.4	nd	7.1	
2005/2/23	nd	nd	0.1	nd	43	3.9	35	22	177	2.0	50.7	1.1	6.4	44.5
2005/3/29	nd	nd	0.1	nd	48	4.4	38	24	195	2.0	49.5	0.5	6.7	49.1
2005/5/24	nd	nd	0.1	nd						1.7	51.0			16.1
2005/8/3	nd	nd	0.1	nd	25	5.9	44	28	226	1.9	57.8			49.4
2005/11/8	nd	nd	0.2	nd	37	4.7	51	34	266					67.7
平均値	0.001	0.001	0.1	0.1	39	4.2	48	29	243	1.9	61.3	0.7	6.9	86.6
最大	0.001	0.001	-	0.1	83	7.8	69	49	366	3.9	109	1.6	7.4	201
最小	0.001	0.001	-	0.0	21	2.1	35	21	177	0.8	25.6	0.2	6.4	16.1
定量下限値	0.001	0.001	0.1	0.03	1	0.7	1	1	1	0.1	0.3	*	-	1.0

* ndは定量下限値未滿を示す。有機物質は2004年3月までは過マンガン酸カリウム消費量, それ以降はTOC.

表4. 測定結果 大路水源 (採水地: 神着公民館)

	As	Se	B	Fe	Na	K	Ca	Mg	硬度	NO ₃	Cl ⁻	有機物等	pH	SO ₄ ²⁻
噴火直後 ⁷⁾	nd	nd	nd	0.12	35	2.5	45	19	190	1.2	30.8	0.3	6.9	65.6
2001/11/8										1.4	59.5	0.2	6.7	
2001/12/5										1.4	54.6	0.2	6.6	
2002/1/25										1.3	70.2	0.2	6.9	
2002/4/17										1.2	76.2	0.3	6.8	
2002/5/21	0.001	nd	0.2	nd						1.3	80.0	0.3	6.8	154
2002/6/17	0.001	nd	0.1	0.04						1.5	85.2	0.3	6.8	154
2002/7/22	0.001	nd	0.2	0.16						1.5	76.2	1.5	6.5	144
2002/8/24	0.001	nd	0.2	nd						1.4	82.5	0.3	6.8	157
2002/9/12	nd	nd	0.2	nd						1.4	81.3	0.3	6.8	157
2002/10/21	0.001	nd	0.1	nd						1.4	75.4	0.2	6.5	95.4
2002/11/29	0.001	nd	0.2	nd						1.2	94.0	0.2	6.8	183
2002/12/11	nd	nd	0.2	nd						1.1	109	0.3	6.6	193
2003/1/25	nd	nd	0.2	0.04						1.0	112	0.2	6.6	212
2003/5/1	nd	nd	nd	nd	53	3.2	30	24	176	1.4	99.6	1.3	6.8	120
2003/6/9	nd	nd	0.2	nd	54	5.2	87	48	416	1.5	90.6	0.8	6.7	123
2003/7/21	nd	nd	0.2	nd						1.5	82.8	1.7	6.6	114
2003/8/13	0.001	nd	0.2	nd	31	6.9	121	59	545	1.6	97.8	0.3	7.0	190
2003/10/8	0.001	nd	0.2	nd	31	6.7	114	52	501	1.8	97.6	0.9	6.8	177
2003/11/18	nd	nd	0.2	nd	51	5.9	116	47	482	1.6	88.0	1.9	6.6	143
2003/12/19	nd	nd	0.2	0.04	57	6.2	85	50	417	1.2	87.5	1.6	6.4	154
2004/1/29	0.001	nd	0.2	0.03	27	6.8	76	50	396	1.8	80.9	2.4	6.9	143
2004/2/21	0.001	nd	nd	0.06	19	3.8	47	18	191	1.0	49.7	1.6	6.5	75.2
2004/3/13	0.002	nd	0.1	nd	44	4.2	64	42	333	1.9	62.4	1.6	6.4	125
2004/4/23	0.001	nd	0.1	0.08	55	5.8	69	48	369	1.7	80.6	nd	6.5	134
2004/5/21	0.001	nd	nd	nd	64	3.8	53	36	282	1.7	53.6	nd	6.8	95.9
2004/6/14	nd	nd	0.1	nd	93	11.2	53	47	326	1.8	58.3	nd	6.8	104
2004/7/3	0.001	nd	0.1	0.04	53	6.1	64	45	346	1.7	63.1	nd	6.5	103
2004/8/10	0.001	nd	0.1	nd	50	5.8	60	37	303	0.2	107	nd	6.6	224
2004/9/21	0.001	nd	0.1	0.07	59	5.5	68	44	351	1.2	48.9	nd	6.4	83.6
2004/10/25	0.001	nd	0.1	nd	41	2.7	46	24	212	1.4	50.8	nd	6.5	83.9
2004/11/15	0.001	nd	nd	nd	31		38	23	191	1.3	43.3	nd	6.6	56.3
2004/12/19	0.001	nd	0.1	nd	16	1.6	36	18	164	1.2	41.8	nd	6.6	39.0
2005/1/20	0.001	nd	0.2	nd					340	1.8	72.9	nd	6.9	-
2005/2/23	nd	nd	0.1	nd	35	3.4	23	14	115	1.5	50.2	0.8	6.5	3.8
2005/3/29	nd	nd	nd	nd	50	5.0	73	27	295	2.6	60.8	0.5	6.9	155
2005/5/24	nd	nd	0.1	nd						1.5	52.5			2.9
2005/8/3	nd	nd	0.2	nd	21	4.7	29	19	152	1.5	55.9			5.6
2005/11/8	nd	nd	0.2	nd	30	4.0	34	23	178					13
平均値	0.001	0.001	0.2	0.06	42	4.8	59	34	288	1.5	70.5	0.8	6.7	113
最大	0.002	0	-	0.16	93	11.2	121	59	545	2.6	112	2.4	7	224
最小	0.001	0	-	0.03	16	1.6	23	14	115	0.2	41.8	0.2	6.4	2.9
定量下限値	0.001	0.001	0.1	0.03	1	0.7	1	1	1	0.1	0.3	*	-	1.0

* ndは定量下限値未満を示す。有機物質は2004年3月までは過マンガン酸カリウム消費量、それ以降はTOC。