

調査報告

三宅島雄山噴火後の三宅村中央診療所診療記録からみる労働者の健康状態

宇野秀之¹, 堀口兵剛¹, 大前和幸², 内山巖雄³, 工藤翔二⁴, 香山不二雄¹

¹自治医科大学医学部地域医療学センター環境医学部門, ²慶應義塾大学医学部衛生学公衆衛生学,
³京都大学大学院工学研究科都市環境工学専攻環境衛生学講座, ⁴日本医科大学医学部第四内科学

抄録：三宅島雄山噴火後の三宅村中央診療所診療記録からみる労働者の健康状態：宇野秀之ほか。自治医科大学医学部地域医療学センター環境医学部門—三宅島雄山噴火による全島民避難から4年5ヵ月が経過し、火山ガス噴出量は低減してきたものの、一部の地域では二酸化硫黄（SO₂）濃度が大気環境基準を依然満たしていない。しかし全島民帰島へ向け、滞在型労働者による本格的復興事業が2002年7月から、また島民の一時帰宅型帰島事業が2003年4月から始まった。以前に我々が行った復興事業の労働者検診（2003年1月）、一時帰宅型帰島事業参加島民の症状調査（2003年10～12月）では、SO₂濃度と労働者のピークフロー値及び帰島事業参加者の呼吸器症状との間に明らかな相関関係は認められなかった。SO₂は以前より呼吸器・循環器系への影響が言われており、東京都現地対策本部と三宅村は島内作業員全員に対しての予防対策として脱硫装置付き建物での生活、脱硫用マスク着用の指導、また入島者全員に対し十分な情報提供を行ってきた。今回、我々は2001年6月27日～2004年6月30日までの三宅村中央診療所診療記録を検討したが、SO₂濃度と直接的に関係している症例はなかった。しかし、島内労働者の気管支喘息発作初発の30歳代男性1件で高度な治療が必要であった。また災害避難命令期間中のため調査方法に大きな制約があり、SO₂曝露指標の評価は不十分であるが、島民あるいは島内作業員に対する情報提供として、本調査報告は有用で重要な資料となるであろう。

(産衛誌 2005; 47: 142-148)

キーワード：Mount Oyama, A volcano on Miyake Island, Full-scale return plan, SO₂ concentration, Risk communication, Respiratory and cardiovascular disease

I. はじめに

三宅島は東京から南方約185 kmの太平洋に浮かぶ周囲約38 km、人口約3,800人の小さな島である。三宅島中央、北緯34°04′43″、東経139°31′46″に位置する雄山は標高775 m、である。過去500年に13回噴火しており、20世紀には過去3回、1940年、1962年、1983年に噴火している。今回の火山活動は、2000年6月に地震活動が始まり8月には最大規模な噴火を起こし、溶岩が海岸線まで到達し、居住地区に噴石が落下し、火山灰の堆積量は最大で15 cmを観測した。また余震も衰える気配を見せなかったため、三宅村村長によって災害対策基本法に基づく災害避難命令が発令され、全島民は島外への避難を余儀なくされた。火山ガスの主成分はSO₂で、噴火当初は1日に40,000トン以上ものSO₂を放出し¹⁾、噴煙は14,000 m上空まで到達していた。現在でも1日に3,000～10,000トンのSO₂の放出があり、世界の火山ガス放出総量の10～30%にあたる。因みに世界に約860ある火山のうち10%が日本に集中している。有名な火山のハワイ諸島キラウエア火山の1日放出量は1,000トン程度であり、三宅島雄山の放出量の3分の1以下である^{2, 3)}。

世界でも類を見ない多量のSO₂を放出している三宅島で、2002年7月から島内労働者全員の完全常駐による本格的な三宅島復興事業が始まり、三宅村中央診療所も常駐診療を2001年6月27日から再開した。また2003年4月から島民のための一時帰宅型帰島事業も三宅村によって開始された。避難当初から避難住民の帰島希望の

2005年3月2日受付；2005年5月2日受理

連絡先：宇野秀之 〒329-0498 栃木県河内郡南河内町薬師寺3311-1 自治医科大学地域医療学センター環境医学部門 (e-mail: h-uno@jichi.ac.jp)

声が多く、2002年9月に国、東京都、三宅村役場の担当者および我々を含む学識経験者らで帰島プロジェクトチームを結成し、検討を重ねてきた^{4,5)}。気管支喘息罹患患者ではSO₂吸入による気道抵抗増加⁶⁻⁸⁾あるいは気道狭窄現象⁹⁻¹¹⁾を起こすと言われている。またAmdur MOら¹²⁾は、健常男性に対してマスクによる1~8ppmのSO₂曝露を10分間行い、曝露中に1回換気量減少・呼吸数増加・心拍数増加を示していることを発表している。Skalpe IOら¹³⁾は、製紙工場で発生するSO₂とそれを慢性曝露している労働者の呼吸器症状を調査し、非曝露労働者より呼吸器症状の訴えが多いことを発表している。Witek TJら¹⁴⁾は、気管支喘息と健常対象者を連日1週間40分間の1ppm以下のSO₂曝露をチャンバー内で行い、健常対象者では必ずしも増加しないが、気管支喘息対象者では濃度依存性に呼吸器症状の訴えが増加していくことを発表している。したがって、帰島プロジェクトチームでは健康状態を特に呼吸器と循環器疾患について検討してきた^{4,5)}。

そこで我々は、2003年1月に半年以上三宅島で常駐している労働者から無作為抽出し同意を得た100人の労働者に健康診断を行った。また、2003年10~12月に研究協力の同意を得た一時帰宅型帰島事業の参加島民1,260人へのアンケート調査も同時に行った。この2つの調査で、我々は交絡因子を考え重回帰分析（ピークフロー；PEFR、心拍数、血圧など）および多変量解析（咳・痰・喘鳴などの呼吸器症状や島内の地域差など）を行ったが、SO₂吸入と呼吸器・循環器疾患の発症または増悪との明らかな関連を見つけれなかった。

2004年7月20日に三宅村は帰島に関する基本方針¹⁵⁾が三宅村村長によって公表された。それに伴い、帰島準備に向け帰島を希望されている全島民対象に、帰島プロジェクトチームで作成した個人への感受性を考慮に入れた火山ガスへの感受性基準^{4,5)}を使用して健康診断を行い、その各個人に健康影響評価の情報提供を行った。また2004年には常駐島内作業員数が1,000人弱と急速に増えており、災害避難命令が解除されると今後2,000人前後の島民が帰島されることが想定されている。したがって、島内人口が増えることによって労働衛生面も含め島内医療面またSO₂に対して今までの予防対策で充分であったか、今後新たな予防対策を講じなければならないのかを評価するため、我々は2001年6月27日から2004年6月30日までの三宅村中央診療所の診療記録から受診者の疾患、特に呼吸器・循環器疾患に焦点を当て、大気中SO₂濃度との関連について考察する。

II. 方 法

1) 二酸化硫黄濃度 (SO₂)

大気中SO₂濃度は、東京都の行った調査結果を使用

した。雄山山頂でのSO₂濃度はCOSPEC Vで、各地点でのSO₂定点観測には三宅支庁では100-AH (RIKEN KEIKI, Tokyo, Japan)、それ以外の地区はAPSA-360 (HORIBA, Kyoto, Japan)で蛍光紫外線法により連続測定した。

また、SO₂の短期的影響の目安として、2つの値2ppm、5ppmを使用した⁴⁾。すなわち、気管支喘息患者が発作を誘発する可能性がある濃度を2ppm、健常者が気管支喘息様発作を誘発する可能性がある濃度を5ppmとして管理することとした。

この2つの管理のための濃度は、2ppmはTLV-TWA (Threshold Limit Value-Time Weighted Average; ACGIH)、PEL-TWA (Permissible Exposure Limit-Time Weighted Average; NIOSH)から、5ppmはSTEL (Short-Term Exposure Limit; NIOSH)、PEL-TWA (Permissible Exposure Limit-Time Weighted Average; OSHA)から検討して定められた。

2) 三宅村中央診療所の診療記録

災害避難命令解除前は、診療所では医師1名、看護婦1名、三宅村消防士3名が24時間勤務体制をとっていた。2001年6月27日からの診療再開後、徐々に修復を重ね、検査はCT以外のレントゲン撮影、超音波検査、血液検査、尿検査は可能であるが、診療内容としては基本的に救急対応のみであった。

診療所再開後の診療活動実績は、診療日誌として診療所内コンピュータにより管理されている。診療日誌をもとに3ヵ月毎の患者数を、特にインフルエンザウイルス感染症、呼吸器・循環器疾患に焦点を当て、各疾患別外来受診患者数及び1日当たり平均外来受診患者数を累計した。使用した診断名は、記録された病名をそのまま使用し、科目別に分類した。診療日誌のない日あるいは明確な記載のない日は省いた。3ヵ月間毎の外来受診患者数を記録のあった3ヵ月毎の診療日数で割ったものを1日当たり平均外来受診患者数とした。

診療所受診者は島内労働者と一時帰宅型帰島事業に参加した島民のみであった。島内労働者は、2002年7月から三宅島に常駐出来るようになり、雨の日以外は毎日就労しており、基本的に休憩時間を含め午前8時から午後6時までの最大計8時間の室外作業をしており、宿泊場所から作業現場までの移動は安全確保のため車のみで行っている。一時帰宅型帰島は2003年4月から三宅村によって開始され、参加した島民は、午前8時にバスに乗り宿泊場所より各自の自宅へ行き、家の修復などを行い午後4時に宿泊場所へ戻る。すなわち、参加島民も許された外出時間は8時間であった。

また、診療所に保管されているヘリコプター搬送記録を集計した。重症患者の都内高次機能病院へのヘリコプ

ター救急搬送実績における呼吸器及び循環器疾患患者数を調べた。

3) 予防と対策

三宅村は常時火山ガス濃度を監視し、SO₂濃度が三宅島火山ガスに関する検討会⁴⁾が定めた基準を超えた場合、警報や注意報を出し、島内作業員や一時帰宅型帰島事業に参加した島民に避難施設への避難や脱硫用マスクの着用を求めた。

また東京都現地対策本部、三宅村は、島内作業員と一時帰宅島民全員に対して以下のような取り決めを定め遵守を促した。

1. 緊急時以外の夜間外出は禁止で上記以外の時間は脱硫装置付きの建物に滞在していなければならない。
2. SO₂濃度が2 ppm以上では外出者全員が脱硫用マスクの装着をしなければならない。そのため、三宅島入島者全員は常時脱硫用マスクを持参する。
3. 当方から提供されたSO₂に対する健康影響情報を受け入れ、健康上の安全を保障したわけではないことを理解する。このリスクを受容することを本人が決断してはじめて入島が可能となる¹⁵⁾。
4. 安全確保のため、夜間外出禁止と徒歩での移動は認められない。災害緊急時に備え、最寄りの診療施設や避難場所を確認しておく。

脚注) 脱硫設備とは屋内外の火山性ガス濃度を監視(写真1)し、規定濃度になると警報を発する火山ガス警報システムと脱硫装置からなる。脱硫装置作動時には活性炭を通して外気を室内に取り入れ、室内は陽圧を保つようになっている。

Ⅲ. 結 果

1) 各地点 SO₂ 濃度と労働者の作業分布

2005年2月現在、規制区域は火口周辺の“立ち入り禁止区域”，その外側の“危険区域”，居住禁止で立ち入り制限される“高濃度地区”の3種類に設定されている。三宅島火山ガスに関する検討会報告書⁴⁾によると、居住地区のSO₂濃度測定で、高濃度であったのは“高濃度地区”であった。

就労者の作業場所の分布は、島内一周道路や島内各地区における砂防ダム建設現場であり、基本的に島内全域であった。“高濃度地区”である島東側の三池地区でも大規模な砂防ダムの建設・港の整備などが行われていた。現在でも“高濃度地区”に設定されている三池地区、一部の阿古地区を含む全域で災害避難命令解除前と同様に作業が行われている。そのため、このような職場で労働者は高濃度SO₂吸入曝露を数ヶ月にわたり、変動は大きいがかかりの時間受けていた可能性があった。脱硫



写真1 SO₂監視モニター
上：避難施設内，下：診療所内（2004年9月，著者撮影）

用マスク装着の使用頻度の詳細は不明であるが、SO₂濃度が2 ppm以上では脱硫用マスクの装着を徹底していた。

2) 三宅村中央診療所外来診療記録

2001年6月27日～2004年6月30日までの外来受診患者総数累計は3,396人（男性3,292人，女性104人；島内労働者3,211人，一時帰宅型帰島事業参加島民81人）で、年齢は17～81歳であった。災害避難命令解除と本格的帰島が具体化するに伴って島内作業員人口が増加していた。それにあわせるように外来受診患者総数及び1日当たり平均外来受診患者総数が増加傾向にあった(図1, 図2)。外来受診患者総数と風邪症候群のグラフの増減は図1, 図2とも他疾患とは違う傾向を示しており、2002年，2003年1～3月の外来受診患者総数の増加は風邪症候群の増加に伴うものと考えられた(図1, 図2, 表1)。ここでの呼吸器疾患とは、インフルエンザウイルス感染症を除く気管支喘息と風邪症候群とし、風邪症候群は、気管支炎・細菌性感染に伴うCOPD増悪，咽頭炎・扁桃腺炎，上気道炎・感冒・風邪をあわせたものと分類した。循環器疾患は心不全，不整脈・動悸に注目した。また，緊急性を要する高血圧緊急症など極端な血圧変動例は認めなかった。

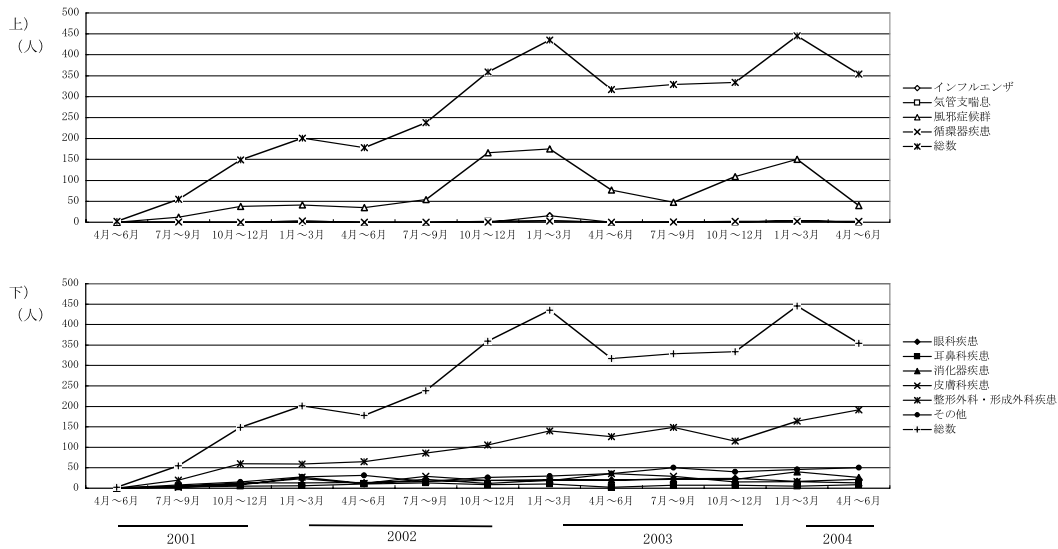


図1 上) 3ヵ月毎の外来受診患者総数(呼吸器・循環器疾患)
下) 3ヵ月毎の外来受診患者総数(呼吸器・循環器疾患以外)

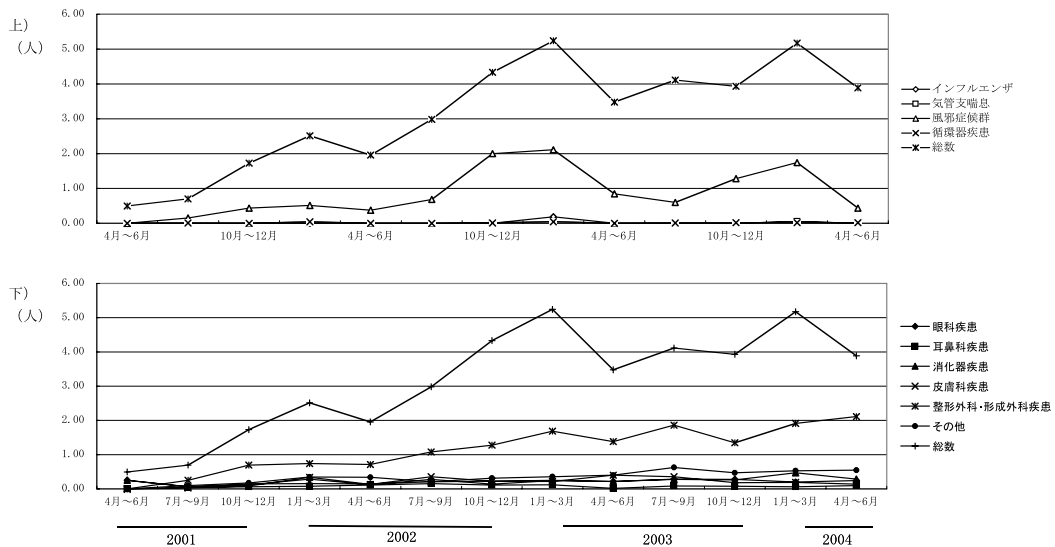


図2 上) 3ヵ月毎の1日当たり平均外来受診患者数(呼吸器・循環器疾患)
下) 3ヵ月毎の1日当たり平均外来受診患者数(呼吸器・循環器疾患以外)

表1 外来受診インフルエンザウイルス感染症, 呼吸器及び循環器疾患患者数(人)

	2001			2002				2003				2004	
	4月～6月	7月～9月	10月～12月	1月～3月	4月～6月	7月～9月	10月～12月	1月～3月	4月～6月	7月～9月	10月～12月	1月～3月	4月～6月
インフルエンザ	0	0	0	1	0	0	0	16	0	0	0	4	1
気管支喘息	0	0	0	3	0	0	2	3	0	1	0	1	0
気管支炎・COPD増悪	0	3	5	3	0	1	4	21	19	4	5	3	6
風邪症候群	0	0	14	14	6	3	11	15	4	28	46	61	15
上気道炎・風邪・感冒	0	9	19	24	29	50	151	139	54	16	58	86	19
心不全	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
不整脈・動悸	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	2	1
外来受診患者総数	2	55	149	201	178	238	359	435	317	329	334	445	354

表2 ヘリコプター救急搬送実績：呼吸器及び循環器重症疾患患者数（人）

人数	合計	島内労働者	一時帰島住民	島外漁師	20歳代	30歳代	40歳代	50歳代	60歳代	70歳代
女性	2	1	1	0	0	0	0	0	2	0
男性	39	34	3	2	3	4	12	12	6	2
合計	41	35	4	2	3	4	12	12	8	2
呼吸器疾患	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
循環器疾患	6	5	1	0	0	0	2	1	1	2

年度	2001	2002	2003	2004	合計
呼吸器疾患	0	0	0	0	0
循環器疾患	2	2	1	1	6
合計	6	15	13	7	41

インフルエンザウイルス感染症では、2002年、2003年冬にインフルエンザ予防接種は希望者に行っており、インフルエンザウイルス感染例は、2003年は16件、2004年は5件と件数は減少しており、診療所からの風邪症候群の情報提供、また診療所での島内作業員に対するインフルエンザワクチン接種などの予防活動により島内作業員の健康に対する意識は上がっているように思われた。閉鎖空間であるための島特有の集団感染も免れていた。

呼吸器疾患では、気管支喘息は“一般臨床医のためのEBMに基づいた喘息治療ガイドライン2004”¹⁶⁾を診断基準として診断した。2004年2月受診の30歳代男性島内労働者1症例が初発の高度な気管支喘息例であり、入院によるβ刺激剤ネブライザー吸入と持続アミノフィリン点滴、ステロイド点滴の治療がなされた。この男性はSO₂の危険性について診療所医師から説明を受け、了承され、都内での継続加療のため離島した。残り9症例は軽度または中等度で外来治療後に帰宅可能な程度であった。治療はβ刺激剤ネブライザー吸入のみ、あるいはそれにアミノフィリン点滴を追加して軽快した。この9症例は以前に気管支喘息の診断を受けていた。COPD増悪は全て細菌性感染が誘因となっており、これを含む風邪症候群は全て抗生剤や抗炎症剤の内服のみで軽快した。

循環器疾患では、心不全の1症例は利尿剤とニトロ化合物の皮膚への貼布のみで軽快した。不整脈は3症例あり、いずれも発作性心房細動で強心剤あるいはIa抗不整脈剤で軽快した。動悸自覚の症例は3件あったが、いずれも診療所で施行した心電図上では正常範囲内であった。

基礎疾患をもつ島内労働者と一時帰宅型帰島事業参加島民は、島内へ入る前から島外の医療機関でよく管理されており、呼吸器・循環器疾患で際だった疾患の増悪例はなかった。

3) 三宅村中央診療所ヘリコプター救急患者搬送記録

2001年6月27日～2004年6月30日までに全部で42件の救急患者搬送用ヘリコプター要請があったが、うち1件は詳細不明であったため、計41件（男性39件、女性2件）で検討した（表2）。平均年齢は50.0歳（25～75歳）であった。41件中、一時帰島事業参加者では4件（男性3件、女性1件）、三宅島への緊急寄港が余儀なくされた島外漁師が2件（いずれも男性）、残りの35件（男性34件、女性1件）は島内作業員であり、このうち循環器疾患は5件であった。この循環器疾患は5件とも急性心筋梗塞であり、いずれもSO₂濃度との因果関係は明らかではなかった。また、島内作業員でない循環器疾患も急性心筋梗塞1件あり、島内作業員同様、SO₂濃度との因果関係は明らかではなかった。呼吸器疾患は全く認めなかった。

呼吸器・循環器疾患以外の緊急性を要する症例は、脳血管疾患、消化器疾患、外傷疾患、眼科疾患、溺水であった。

IV. 考 察

1) 気管支喘息とSO₂曝露

高濃度のSO₂濃度をたとえ短時間でも吸入した場合、気管支喘息を誘発するというのはよく知られた事実である。健康人では5 ppmのSO₂を10～30分吸入曝露すると気道抵抗の増加を示したという報告がある¹⁷⁾。また、気管支喘息では0.40～1.0 ppmのSO₂を3～10分吸入曝露すると同様に気道抵抗が増加すると報告されており⁶⁻⁸⁾、特にSO₂に感受性気管支喘息ではより短時間で気道狭窄が起こるとされている^{10, 11)}。この調査研究では気管支喘息患者数は10症例で、9症例は軽症あるいは中等症で入院治療は必要なかった。残りの1件は高度の入院治療が必要となっただけでなく、初めて気管支喘息の診断名がついた重症例であった。この1件は高濃度地域で働いていたわけでもないため、今まで健康人と言われている人でも、元々SO₂に対して非常に感受性が高い可

能性、あるいは感染が契機となってSO₂に対する感受性が亢進する可能性があると考えられた。

予防対策として、このことより2 ppm以下のSO₂濃度でも臭いを感じたり、呼吸器系の不快を感じたりしたら、短時間でも大気中SO₂濃度が一定レベルに下がるまで、自発的に脱硫用マスクをするよう指導すべきであると考えられる。また、SO₂吸入曝露してから身体への反応が出現するまでに時間がかかることも報告されており¹⁸⁾、臭いや不快を感じたら、その後1～2日は注意深く身体の変化を観察するよう指導することも重要であると考えられる。

2) 循環器疾患とSO₂曝露

SO₂曝露による循環器系への影響では、吸入により心拍数が増加するという報告¹⁸⁾がある。そこで、頻脈性不整脈を誘発する可能性について検討を加えた。不整脈・動悸、あるいはそれに随伴すると思われるものとして心不全に注目して調べた。しかし、全症例とも“高濃度地区”で働いていたこともなく、因果関係は明らかでなかった。また、ヘリコプター救急搬送例は全てSO₂濃度との関連性が明らかでない急性心筋梗塞であり、致死性頻脈性不整脈例も認めなかった。頻度としては低いものの不整脈・動悸は発症しており、SO₂以外の因子との関連が高かったのかも知れない。しかし、個人の感受性が高いため誘発されている可能性も考えられる。そのため、これは今後の研究課題であろう。

3) 労働安全衛生

特定化学物質等による障害とその予防措置でSO₂は、第3類物質に指定されており、健康診断に関しては雇い入れ時ならびに定期的健康診断は義務づけられていないが、第3類物質が漏えいし、労働者がこれらの物により曝露され、またはこれらの物を吸入したときは遅滞なく医師による診察または処置を受けさせなければならない物質である¹⁹⁾。また特定化学物質等障害予防規則ではSO₂は漏えいの防止、床の構造、立ち入り禁止の措置、容器等が定められており、労働安全衛生法では作業主任者の選任、雇い入れ時労働衛生教育が規制されている¹⁹⁾。これらは製造取り扱いにおける規制であり、金属加工工場、パルプ製紙工場¹³⁾などを想定し、工場から外へ拡散しないよう対策が考えられている。しかし、三宅島でのSO₂は拡散しているガスから、いかに労働者の安全を確保するかという点であり、安全対策という面では参考になると思われる。つまり、現場労働者身体への危険性回避という点では共通しており、この点においては参考にすべきであろう。

各作業場所にSO₂作業主任者をおき、島内作業員に対して、雇い入れ時の労働衛生教育、つまりSO₂に対

する十分な情報提供を行い、同意を得てから三宅島入島してもらっている。また、三宅村中央診療所が2001年6月27日の業務再開以降、緊急診断および治療については常時対応してきている。

高濃度地域で働いていない初発気管支喘息重症例が存在したことより、低濃度でも気管支喘息が発症する可能性があり、そのような人ではより低いSO₂濃度でも脱硫用マスクをしなければならぬのかも知れない。またこのような高感受性群が事前に知ることが出来れば、労働時間の短縮や労働場所の変更を考えなければならないのだろう。これは今後の予防対策としての検討課題であろう。

4) 本研究の限界と意義

本研究では、三宅島各地点大気中SO₂濃度を参考にして診療所実績を検討した。しかし、個人々の曝露濃度を測定できなかった。本来は個人々の曝露濃度と健康影響との関係で議論しなければならない問題である。これにより高感受性群の存在、また個人曝露の測定による低濃度曝露と症状の関係を明らかにし高感受性群が脱硫用マスクを装着すべき適切なSO₂濃度を決定することは、今後の検討課題である。すなわち、本調査報告は現時点で得られている情報を報告して、今後の予防対策および研究に資するために行った。また、災害避難命令が三宅村村長によって解除されており、帰島希望者島民全員に対しての三宅島復興プロジェクトチームで作成した健康診断も終了している。今後、島民あるいは島内作業員に対する情報提供として本調査報告は有用で重要な資料となるであろうと考えられる。

謝辞：本研究に御協力頂いた三宅村中央診療所の皆様に深謝致します。

文 献

- 1) Fujii T, Hamaguchi K, Kagiya T, et al. Reports on Volcanic Activities and Volcanological Studies in Japan for the Period from 1999 to 2002. National Committee for Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior, Japan, 2003; 13-18.
- 2) Elias T, Sutton AJ, Stokes JB, Casadevall TJ. Sulfur dioxide emission rates of Kilauea Volcano, Hawaii, 1979-1997. US Geological Survey Open-File Report, 1998; 98-462.
- 3) Elias T, Sutton AJ. Sulfur Dioxide Emission Rates from Kilauea Volcano, Hawaii, an Update: 1998-2001. US Geological Survey Open-File Report, 2003; 02-460.
- 4) 三宅島火山ガスに関する検討会報告書。東京都総務局、内閣府, 2003: 1-81. (URL: <http://www.metro.tokyo.jp/SAIGAI/SAITAI/SHOUSAI/x0d49100.htm>)
- 5) 三宅島民帰島前健康診断に関する検討会報告書。三宅村, 2004: 1-30.

- 6) Linn WS, Shamoo DA, Spier CE, et al. Respiratory effects of 0.75 ppm sulfur dioxide in exercising asthmatics: Influence of upper respiratory defences. *Environ Res* 1983; 30: 340-348.
- 7) Schachter EN, Witek TJ, Beck GJ, Hosein HR, Leaderer BP, Cain W. Airway effects of low concentrations of sulfur dioxide: Dose-response characteristics. *Arch Environ Health* 1984; 39: 34-42.
- 8) Bethel RA, Schppard D, Geffroy B, Tam E, Nadel JA, Boushey HA. Effects of 0.25 ppm sulfur dioxide on airway resistance in freely breathing, heavily exercising, asthmatic subjects. *Am Rev Respir Dis* 1985; 13: 659-661.
- 9) Sheppard D, Wong WS, Uehara CF, Nadel JA, Boushey HA. Lower threshold and greater bronchomotor responsiveness of asthmatic subjects to sulfur dioxide. *Am Rev Respir Dis* 1980; 122: 873-878.
- 10) Balmes JR, Fine JM, Sceppard D. Symptomatic bronchoconstriction after short-term inhalation of sulfur dioxide. *Am Rev Respir Dis* 1987; 136: 1117-1121.
- 11) Horstman DH, Seal Ejr, Folinsbee LJ, Ires P, Roger LJ. The relationship between exposure duration and sulfur dioxide-induced bronchoconstriction in asthmatic subjects. *Am Ind Hyg Assoc J* 1988; 49: 38-47.
- 12) Amdur MO, Melvin WW, Drinker P. Effects of inhalation of sulfur dioxide by man. *Lancet* 1953; 2: 758-759.
- 13) Skaife IO. Long-term effects of sulfur dioxide exposure in pulp mills. *Brit J Industr Med* 1964; 21: 69-73.
- 14) Witek TJJr, Schachter EN, Beck GJ, Cain WS, Colice G, Leaderer BP. Respiratory symptoms associated with sulfur dioxide exposure. *Int Arch Occup Environ Health* 1985; 55: 179-183.
- 15) 帰島に関する基本方針概要. 三宅村, 2004. (URL: <http://www.miyakemura.com/pr/housin/housintop.htm>)
- 16) 一般臨床医のためのEBMに基づいた喘息治療ガイドライン 2004. 協和企画, 2004: 1-26. (URL: <http://www.jaanet.org/medical/guide.html>)
- 17) Frank NR, Amdur MO, Worcester J, Whittenberger JL. Effects of acute controlled exposure to sulfur dioxide on respiratory mechanics in healthy male adults. *J Appl Physiol* 1962; 17: 252-258.
- 18) Braga AL, Zanobetti A, Schwartz J. The lag structure between particulate air pollution and respiratory and cardiovascular deaths in 10 US cities. *J Occup Environ Med* 2001; 43: 927-933.
- 19) 特定化学物質等作業主任者テキスト. 中央労働災害防止協会. 2003. 236-429.

Effects of Volcanic Sulfur Dioxide on Reconstruction Workers and Residents Returning to Miyake Island

Hideyuki UNO¹, Hyogo HORIGUCHI¹, Kazuyuki OMAE², Iwao UCHIYAMA³, Shoji KUDO⁴ and Fujio KAYAMA¹

¹Center for Community and Family Medicine, Jiti Medical University, 3311-1 Yakushiji, Minamikawachi, Kawachi, Tochigi 329-0498, Japan, ²Department of Preventive Medicine and Public Health, School of Medicine, Keio University, ³Kyoto University and ⁴Nippon Medical University

Abstract: Four and half years have passed since Mt. Oyama in Miyake Island erupted. Ambient sulfur dioxide (SO₂) is still above the environmental air standard in parts of the island, even though emission of the volcanic gas has diminished. Reconstruction of life-support infrastructure in the island and safety measures started in July 2002, and a short-term trial stay project for former residents was completed in April 2003 for the total rehabilitation of the island. We conducted health examinations, and questionnaires on clinical symptoms among the reconstruction workers in January 2003, as well as questionnaires on respiratory symptoms among former residents who joined the trial stay, in late fall of 2003. The peak expiratory flow rate and symptoms of the workers and the symptoms of the short-term residents were not correlated to SO₂ concentrations. In addition, we investigated the medical histories of outpatients at Miyake-mura National Insurance

Center Clinic. We could not recognize any cases directly connected with higher ambient SO₂ concentration in the area of the island, but there was a male worker, in his thirties, who suffered an initial attack of bronchial asthma, which required intensive care and treatment. As a general rule, all the workers and the residents are asked to wear gas masks for SO₂ when its concentration is above 2.0 ppm and to stay in the house with desulfuration facilities as a precautionary measure at night. The residents are now well informed about the risks of volcanic gas and preventive measures for adverse health effects. We could not evaluate correlations between SO₂ exposure indices and health effects sufficiently due to the limitation of the field study, but this study presents useful pieces of information as a risk communication for reconstruction workers and former inhabitants to the island. (*San Ei Shi* 2005; 47: 142-148)