関連総説　シンポジウム

大気環境と室内環境：三宅島の火山ガスと住民の共生を例に

岩　澤　聡　子

防衛医科大学校　医学教育部医学科　衛生学公衆衛生学講座

Atmospheric environment and indoor environment: An example of the coexistence of volcanic gas and residents in Miyakejima

Satoko Iwasawa

Department of Preventive Medicine and Public Health,
National Defense Medical College

抄録

三宅島では2000年６月に多量の火山灰、火山ガスの発生を伴って噴火が始まった。同年９月より全島避難となり、2005年２月に避難命令が解除された。しかし、二酸化硫黄濃度は環境基本法で定める基準を達成せず、村民が火山ガスのリスクを受容し、「火山との共生」を基本とし、帰島可能とする方針となった。毎年の健康診断による検討では、二酸化硫黄曝露により自覚症状の増加を観察したが、呼吸機能検査では影響が明らかにならなかった。（臨床環境 28：５－８，2019）

《キーワード》二酸化硫黄、火山ガス、リスクコミュニケーション、三宅島、脱硫装置

Abstract

The volcanic island of Miyakejima erupted in June 2000 with the generation of large amounts of volcanic ash and volcanic gas. The entire island was evacuated by September of the same year, and the evacuation order was lifted in February 2005. However, the concentration of sulfur dioxide exceeded Japanese Environmental Standards, and villagers accepted the risk posed by volcanic gas. Based on “symbiosis with the volcano,” it became a policy to allow residents to return to the island. In annual health examinations, an increase in subjective symptoms due to sulfur dioxide exposure was observed, but respiratory function tests showed no effects. (Jpn J Clin Ecol 28 : 5－8, 2019)

受付：2019年８月23日　採用：2019年９月26日
別刷請求宛先：岩澤聡子
防衛医科大学校　医学教育部医学科　衛生学公衆衛生学講座
〒359-8513　埼玉県所沢市並木3-2

《**Key words**》sulfur dioxide, volcanic gas, risk communication, the volcanic island of Miyakejima, desulfurization device

大気環境中に存在する物質は、人為ならびに非人為起源に分けられる。非人為物質には、火山性のガスや火山灰などの粒子状物質などがあげられる。

まず、人為起源物質について述べる。大気中には、人間の生活ならびに生産活動により多くの化学物質が放出される。発生源にはボイラーや溶解炉などの固定発生源と自動車などの移動発生源がある。また、粉砕や建築物の解体や崩壊、紫外線との光化学反応、土壌や水からの揮発、火山からの噴出などによっても大気は汚染される。

四日市ぜんそくの教訓などから、日本では、人の健康を保護し、生活環境を保全する上で維持されることが望ましい基準として、大気、水、土壌、騒音について目標を定めており、環境基準と呼んでいる。大気汚染に関わる環境基準として、二酸化硫黄（SO_2）、一酸化炭素、浮遊粒子状物質、二酸化窒素、光化学オキシダント、ベンゼン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、ジクロロメタン、ダイオキシン類、微小粒子状物質について定められている。大気汚染防止法に基づき、大気汚染の常時監視が行われている。平成28年度末現在の測定局数は、全国で1,872局であり、一般環境大気測定局（一般局）と自動車排出ガス測定局（自排局）に分けられる。SO_2、一酸化炭素、浮遊粒子状物質、ベンゼンでは環境基準達成率100％である。これらの物質が環境基準達成率100％となったのは、固定発生源対策として大気汚染防止法に基づき、ばい煙（硫黄酸化物、ばいじん、窒素酸化物等）、揮発性有機化合物や粉じん等の発生施設に対する排出ガス規制等が行われたことによるところが大きいが、更に、自動車等の移動発生源対策として、自動車 NOx・PM 法に基づく局地汚染対策等が実施されたことにより、達成率100％となった物質もある。これらの物質による室内環境の汚染は考えにくい。一方で、光化学オキシダントは一般局0.1％、自排局０％、微小粒子状物質は一般局88.7％、自排局88.3％と達成率が低く、これらは国内における発生要因に加えて、広域的な大気汚染の影響が指摘されており、日中韓三カ国環境大臣会合における合意に基づき、国際的な取組みが推進され、より効果的な対策の検討が進められているところである。

次に、非人為起源の火山性ガスについて、三宅島を例に紹介する。2000年の三宅島雄山の噴火により住民は全島避難を余儀なくされた。複数のガスとエアロゾルが雄山から噴出したが、濃度レベルからは SO_2 が唯一の健康リスク要因であり、噴出が続くために帰島許可ができなかった。様々な経過を経て2005年２月に帰島可となったが、健康障害発生リスクレベルであった。すなわち、リスクマネージャーである行政が「安全宣言」を出して村民を帰島させることは不可能であった。そのため、受容すべき健康リスクおよび健康影響回避のための村民自身が実行すべき行動を提示し，行政責任としての諸安全確保対策を実施した条件下で，「健康リスクを受容して，島へ帰ることの判断を島民ひとりひとりに求める」こととなった[1)]。行政は住民とのリスクコミュニケーションを行った。その結果、島民，教員，役場職員，村議会議員に対し約60回，のべ1,390名程度が参加した[2)]。また、喘息患者等の SO_2 吸入に対する「高感受性者」に対しては、各戸へ脱硫装置の貸与を行い、室内環境の汚染を防止した。

帰島前健康診断および帰島後健康診断の結果を解析した研究[3-8)]を紹介する。小児の呼吸機能はスパイロメトリーで評価した。2006年２月と年11月の測定結果を比較すると、喘息などの既往を持つ SO_2 高感受性小児群でのみ有意な％呼吸機能の低下が観察され[3)]、長期の呼吸器影響が懸念さ

れたことから、小児呼吸器専門家２名をSO_2濃度をブラインドして呼吸機能と気道感受性の判定を行い、その後の解析データとした。呼吸機能を６年間追跡した結果、成長につれて呼吸機能のリカバーが観察され、この期間の年平均SO_2環境濃度2.47～75.1 ppb ではスパイロメトリーで測定できる呼吸機能には影響を及ぼさないことが明らかとなった[4)]。2008年からは、小児でも容易に測定でき、呼吸器炎症の指標として有用とされる呼気中一酸化窒素（FeNO）をポータブル測定器で測定し、FeNO 高値の小児が多いことを見いだしているが、三宅島全体がSO_2汚染地域である故に適切な比較対照群がなく、環境基準を満たす地域での FeNO 測定を実施し比較した。健診前３ヶ月間の平均SO_2曝露濃度22.2 ppb 以下の環境においては、統計学的に有意な影響を認めないことが明らかとなった[5)]。

小児の自覚症状については、SO_2濃度が比較的高い地区（年平均45 ppb）に居住する小児の「のど」、「目」、「皮膚」の刺激や痛みの有症率が、26.7％、26.7％、17.8％で、もっとも低い地区（年平均19 ppb）に居住している小児の有症率、7.8％、9.8％、3.9％より有意に増加していた[3)]。６年間の追跡研究においても、自覚症状有症率は濃度依存性に高い傾向を示し、６年間の健康診断前３ヶ月の平均SO_2濃度が最も低かった地区を reference として有症率の年齢・性・感受性調整オッズ比を求めると、「のど」の刺激や痛み,「目」の刺激や痛みについては30 ppb 超の群で有意なオッズ比を示した[4)]。

成人のスパイロメトリーでの評価では、2004年の帰島前健診と2006年11月の測定結果を比較すると、２年間で呼吸機能が悪化している証拠はなかった[6)]。６年間の追跡研究においても同様の結果であった[7)]。

成人の自覚症状では、「せき」や「たん」の有訴率が、2004年よりも2006年で有意に増加しており、年齢・性別・喫煙状況を調整したオッズ比は、「せき」と「たん」で、1.75（95％信頼区間1.33−2.30）、1.44（1.12−1.87）であった。喘息等のSO_2に感受性が高いと考えられる住民を除いた集団では、慢性気管支炎様症状の有訴率は、2004年に2.1％に対し2006年は4.1％であり、有意に増加していた。「たん」や「のどの刺激や痛み」の自覚症状は、もっとも低い地区と比較して比較的高い地区で有意に増加していた[6)]。６年間の追跡研究においても、自覚症状有症率は濃度依存性に高い傾向を示し、６年間の健康診断前３ヶ月の平均SO_2濃度が最も低かった地区を reference として有症率の年齢・性・喫煙状況・感受性調整オッズ比を求めると、「咳」、「のどの刺激や痛み」,「鼻の刺激や痛み」、「目の刺激や痛み」については70 ppb 超の群で有意なオッズ比を示した[7)]。また、帰島ボランティアを対象とした調査でも、SO_2濃度と呼吸器系自覚症状発生率との間に，明瞭な量－反応関係を認めた[8)]。

これらの研究結果を踏まえ、2013年12月には、三宅村安全確保対策専門家会議より、「帰島前健康診断開始から９年を経て、三宅島島内に於いて救急搬送された患者も無く、高感受性者の増加割合が当初の想定範囲内であることから、全島民を対象とした帰島後健康診断については、成人に限り2013年度をもって終了することは問題ないと判断する。但し、身体の成長期である小児の健康診断に係る継続・終了の是非については、継続審議とする。」という見解が公表された。また、2015年７月には、同委員会で、小児の健康診断も2014年度をもって終了することとされた。本研究は、三宅村の行政医学的プロセスに大きな役割を果たし、火山ガスと共生する三宅島住民（約2,500名）の居住地区制限設定・解除の根拠となる科学的データとなった。

三宅村では、住民とのリスクコミュニケーションや安全確保対策を着実に推進し、健康影響を最小限に抑えることができた。現在でも日本のみならず、世界で火山噴火による被害は続いており、大量のSO_2放出の情報もある。火山のような非人為起源による大気汚染は完全に防ぐことはできない。人との共生を検討する際には、エビデンスの蓄積が重要であると考えられた。

引用文献

1） 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，1-81, 2003

2） 菊地有利子，武林亨，他．三宅島帰島に向けての健康リスクコミュニケーション．日胸疾患会誌　65: 252-260, 2006

3） 岩澤聡子，道川武紘，他．９ヶ月間の二酸化硫黄曝露による三宅島小児住民の呼吸器影響．日本公衆衛生雑誌 57: 39-43, 2010

4） Iwasawa S, Nakano M, et al. Effects of sulfur dioxide on the respiratory system of Miyakejima child residents 6 years after returning to the island. Int Arch Occup Environ Health 88: 1111-1118, 2015

5） Iwasawa S, Tsuboi T, et al. Effects of sulfur dioxide on fractional exhaled nitric oxide concentration in the child residents of Miyakejima island. Asian J Atmos Environ 13: 144-149, 2019

6） Iwasawa S, Kikuchi Y, et al. Effects of SO_2 on respiratory system of adult Miyakejima resident 2 years after returning to the island. J Occup Health 51: 38-47, 2009

7） Kochi T, Iwasawa S, et al. Influence of sulfur dioxide on the respiratory system of Miyakejima adult residents 6 years after returning to the island. J Occup Health 59: 313-326, 2017

8） Ishigami A, Kikuchi Y, et al. Volcanic sulfur dioxide and acute respiratory symptoms in Miyakejima Island. Occup Environ Med 65: 701-707, 2008