

労働の科学
[連載]
2013年68巻6号-2014年69巻1号

火山噴火時に健康を守る

共同編集
石峯 康浩・和田 耕治

国立保健医療科学院 健康危機管理研究部 独立行政法人国立国際医療研究センター
上席主任研究官 国際医療協力局

火山噴火時に健康を守る 1

火山噴火による降灰とその備え

石峯 康浩

はじめに

日本は100以上の活火山を有し、全国各地に温泉がわき出る世界でも有数の火山国である（図1）。しかし、いったん火山が噴火すると近隣地域に甚大な被害が生じることを多くの国民は知ってはいても、ほとんどの人々は自分が火山災害に巻き込まれるかもしれないという認識は持っていないのが実情だろう。

火山災害に対する国民の認識が低いのは、発生頻度が極めて低いという火山噴火の特殊性から止むをえない面があるのも事実である。例えば富士



図1 気象庁が定義する日本の活火山（気象庁のホームページ：http://www.seisvol.kishou.go.jp/tokyo/STOCK/kaisetsu/katsukazan_toha/katsukazan_toha.htmlより引用）

山は、活火山の中でも噴火の可能性が高い火山として、火山噴火予知連絡会が「火山防災のために監視・観測体制の充実が必要な火山（常時観測火山）」の一つに選定しているが、関東一帯に火山灰を飛散させた直近の噴火は1707年であり、300年以上も噴火を起こしていない（図2）。その間、時代は江戸から平成にまで移り変わり、周辺の卓越風の風下側にあたる関東平野には世界有数の近代都市がつくられた。

関東平野を広く厚く覆うローム層が火山灰を起源とすることからも分かるように、首都圏が将来、再び火山灰に覆われるのは地質学



いしみね やすひろ

国立保健医療科学院 健康危機管理研究部 上席主任研究官／日本火山学会防災委員会委員

主な論文：

「火山灰の健康影響——地域住民のためのしおり」IVHHN編・防災科学技術研究所, 2007年(翻訳)。

「火山災害時の情報伝達」ロンドン大学ベンフィールドUCL災害研究センター編・防災科学技術研究所, 2008年(翻訳)。
Sakurajima volcano: a physico-chemical study of the health consequences of long-term exposure to volcanic ash, Bulletin of Volcanology, 74, 2012

「火山噴火時に健康を守る」連載にあたって

共同編集：石峯 康浩¹⁾、和田 耕治²⁾

1)国立保健医療科学院、2)北里大学医学部公衆衛生学

一般市民の多くは火山災害に自分が巻き込まれる可能性を意識していないのが実情であろう。しかし、日本国内には鹿児島県の桜島や伊豆諸島の三宅島など周辺地域に影響を与えるながら活動を続けている火山が存在する上、東日本大震災を引き起こした巨大地震が火山噴火を誘発する可能性があると指摘する専門家もいる。世界有数の火山国であるわが国に住む我々には、これまで以上に火山噴火が起きた際の対応を検討しておくことが求められている。

交通網や情報ネットワークが高度に発達した現代都市が、大規模な火山噴火でどのような影響を受けるかについては専門家でも予測できない部分が多い。しかし、小規模噴火に対しては、十分な知識さえ身に着けておけば個人レベルでの対応で危険を回避できる可能性が高く、そのため利用できる呼吸用保護具等の選択肢も最近の技術の進歩により確実に増えている。

上のような現状を踏まえ、本連載は、突発的な火山噴火に遭遇した際や火山灰の清掃作業時に個々人が健康を守るために科学的知見をまとめることを目的に、8回のシリーズとして企画した。

本連載が想定する読者は、火山噴火に伴って周辺地域から避難する人々や、火山活動の影響を受ける地域に暮らしながら火山灰の除去などをを行う人々である。噴火口の直近で救援活動を行うレスキュー・ワーカーなどに関しては、個別の噴火の特殊性に応じて、その都度、対策委員会等で注意深く検討することが不可欠であるため本稿では対象としない。

連載の初回となる今回は、そもそも火山とはどのようなものであるかについて最低限の情報をまとめた。2回目は起これうる健康影響を紹介した。3回目は火山噴火で使われる呼吸用保護具や、実際に噴火が起きた場合に重要となる火山灰の清掃作業時の留意点などを示した。4回目は、すでに火山の噴火を長年経験している鹿児島県での取材を通して明らかとなった良好な事例や活動を紹介した。5回目から7回目までは日本や世界を代表する呼吸用防護具のメーカーより自社の製品やこれまでの火山噴火の際の経験を執筆いただいた。最終回となる8回目では全体をまとめた上で、今後の検討課題を示した。

本連載が火山災害の軽減に寄与すれば幸いである。

的に見て確実である。それにもかかわらず、たまたま20世紀中には国内の火山活動が総じて静穏だったなどの要因が重なり、火山噴火への備えを全く考慮しないまま開発が進められてきた。このような状況は首都圏だけの問題ではなく、日本全体において、ほぼ同様であるといえる。

しかし、火山活動が静穏な状態がいつまでも続くとは限らない。岡田（2011）¹⁾や藤井（2011）²⁾等、複数の専門家が指摘しているように、東日本大震災を引き起こしたのと同

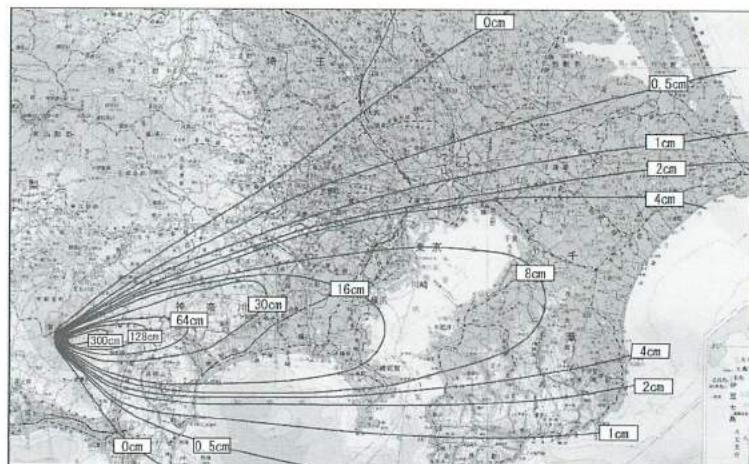


図2 1707年の富士山宝永噴火による降灰分布（内閣府のホームページ：<http://www.bousai.go.jp/kazan/fujisan/>の富士山火山防災マップの中間報告の項より引用。同ホームページには富士山のハザードマップをはじめとした火山防災対策に関するさまざまな情報が網羅されている。静岡、山梨、神奈川の三県合同の富士山火山防災対策協議会の概要については、<http://www.bousai.go.jp/kazan/hunkajihinan/pdf/20130314siryo7-3.pdf>で紹介されている。）

規模（マグニチュード9）以上の巨大地震は、近隣火山の噴火を誘発する傾向があることが知られている。そのため、われわれは、最近、被害想定が見直された地震や津波だけでなく、噴火災害に関しても、これまで以上に十分な知識を持ち、着実に備えを進めていくことが今、求められている。

実際、富士山では、東日本大震災を受けて、行政としての噴火対策を見直すこととなつた。これまでにも2000年に火山活動に関連すると考えられている地震（低周波地震）が頻発したことをきっかけに防災マップの整備が進められていたが、2012年に静岡、山梨、神奈川の3県が初めて合同で「富士山火山防災対策協議会」を発足させ、2013年度には富士山が噴火した場合の火山灰の広域影響等について検討することとなっている。このような動きに合わせて、一般住民レベルでも火山噴火に対する備えを再確認しておくことが、火山災害を軽減する上で極めて重要である。

以上のような理由により、連載初回となる今回は、火山に関する基礎的な知識を提供するとともに、火山灰に対する一般的な備えについて紹介する。次回以降は、火山現象の健康影響に関する基礎的な知識や火山噴火時に呼吸器を効果的に守る保護具、鹿児島市における火山灰対策の実例等を順に紹介し、最終回において今後、求められる対策について提言を行う。

爆発的な火山噴火と火山灰

火山噴火を一言でいえば、マグマ（地下深部で溶けた岩石）が地上に噴出する現象である。とはいえる、マグマの噴出やそれによって引き起こされる火山現象には、溶岩流、火碎流、泥流、岩屑などれ等、さまざまなタイプがあり、それぞれのタイプごとに災害の形態やそれに対する備えも異なる。火山噴火に伴って地震や津波、地殻変動等の地学現象が引き起こされることも多い。本文では全てを網羅す

ることは困難であるので、ここでは日本で遭遇する可能性が最も高く、かつ最も広範囲に影響が及ぶ傾向が強いと考えられる爆発的な火山噴火と、それに伴う降灰現象についてのみ簡単に解説する。それ以外の各火山現象については、下鶴（2003）³⁾やロッシ他（2008）⁴⁾等の一般向けの火山の解説書を参照していただきたい。

爆発的な火山噴火とは、地下深部の高圧下でマグマ中に閉じ込められていた水蒸気や二酸化炭素が地下浅部に上昇することで減圧・発泡し、急激に体積を増加させることでマグマ自体が粉々に碎けて発生する現象である。マグマの破碎自体は地下で起き、粉々に碎けたマグマが火山灰となって火口から噴出する。大規模な噴火では、この火山灰がマグマの熱で生じた上昇気流に乗って上空10km以上の成層圏にまで達する。これが噴煙である。噴煙中の火山灰がゆっくりと地面に降り注ぐのが、降灰（「こうはい」もしくは「こうかい」と読む）である。

火山学的には2mmよりも細かいものを火山灰、2mm以上64mm未満は火山礫、64mm以上は火山岩塊と区別されている。これらは単純な大きさだけによる分類であるが、飛散による分布範囲は大きく異なる。火山礫や火山岩塊は周囲の風の影響をあまり受けずに放物線状の飛跡を描いて火山周辺に落下することが多いが、火山灰は上空の風に乗って風下側を中心に広範囲に流される。この点において、火山灰の降灰現象は、影響範囲が火山近傍の10km程度に限られる他の多くの火山現象と対照的である。

火山灰は、“灰”と呼ばれているが木や紙の燃えかすとは全く異質なものであり、窓ガラス同様、二酸化ケイ素を主成分とする物質である。そのため固くて鋭利な表面を持ち、家具や電化製品に付着すると細かい擦り傷を付けることとなる。

典型的な火山噴火では、1mm程度のサイ

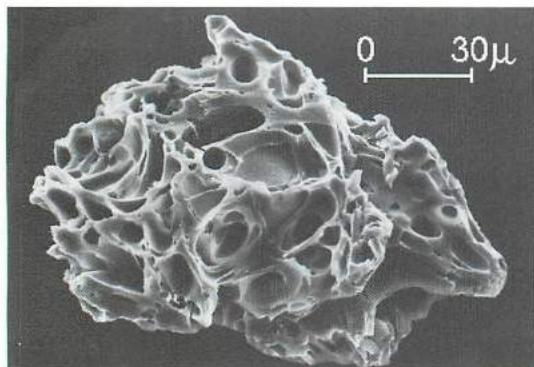


図3 火山灰の電子顕微鏡写真（米国地質調査所のホームページ：<http://volcanoes.usgs.gov/images/pglossary/ash.php>より引用）

ズの火山灰が重量比的には最も多い。しかし、火山灰には図3のように泡状の空隙が多数あるスポンジ状の構造をしているものが多く、その泡と泡の間の数 μm 程度の厚さの壁の部分が破碎されることによって、PM2.5に分類される $2.5\mu\text{m}$ 以下の火山灰も相当数、含まれることになる。このサイズの粒子は、火山灰においても肺の奥深くまで入り込むことができるため、健康への影響が大きいと考えられている。

降灰時の一般的な注意

火碎流や溶岩流に対しては安全な場所に避難するのが唯一の対策となるので、これらの現象が発生する恐れがあるとの情報を得た際は、いつでも避難ができるように準備を行い、必要に応じて迅速に避難するように心がけるしかない。

爆発的な噴火の場合、火山の近傍では大きな岩片（火山礫や火山岩塊）が降ったり、空振と呼ばれる大気の急激な圧力変動が起きたりして、建物の窓ガラスが割れる危険性がある。そのため、窓ガラスには近づかないようにする注意が必要である。活火山付近の病院や学校などの公共施設では、前もって飛散防止用のフィルムを張り付けるなどの対策を検討することも重要である。桜島火山の噴火では火口から5km以上離れた場所で4cm程度の火

山礫が降下して自動車のフロントガラスが割れたという事例があるので、車中にとどまる際にも注意が必要である。

火山礫や火山岩塊が降っている状況では噴火が収まるまで屋外に出ないことが鉄則である。火口から10km程度以内では火山礫や火山岩塊が降る可能性を常に考慮し、火山灰しか降っていないように見える場合でも必ずヘルメットを着用する。胴体や手足についても赤熱した火山礫等から十分に防護できる衣服（できれば消防士用の防火服と同等のもの）を着用する等の対策を行うことを心がけたい。

火山礫や火山岩塊が届かない範囲では火山灰への備えが対策の中心となる。爆発的な火山噴火が発生すると火山の風下側に噴煙がたなびき、火山噴火が起きた爆発音等を全く感じない遠方でも周囲が真っ暗になって火山灰が降下する場合がある。火山灰は空中を浮遊している間に十分冷やされる上、落下速度も遅いため、地上に降り注ぐときには、浴びても、やけどやけがをする恐れはない。火山灰と同時に火山ガスが流れてくることが多いため硫黄の匂いを感じることが多いが、火山ガス濃度も健康に影響を及ぼすほどには高くなことがほとんどである。このため、火山灰によって急性の深刻な人的被害が出ることはないと考えてよいので、火山灰が降り始めたときには落ち着いて行動することが最も重要なである。

降灰に気づいたときに屋外にいたら、建物や車の中等、安全を確保できる場所になるべく早く避難する。火山灰は短時間、吸い込んだ程度では健康に影響を及ぼすことはないが、口や鼻に入ると非常に強い不快感があるので、マスクやハンカチ等で鼻と口を覆うことをお勧めする。

降灰中はなるべく屋内にとどまり、テレビやラジオ、インターネット等で噴火の状況や防災対応に関する情報を集めるようにすることが望ましい。コンタクトレンズと目の間に

火山灰が入り込むと角膜に傷を付ける可能性が高く危険なので、コンタクトレンズはできるだけ早くはずす。降灰中はドアや窓の開け閉めは可能な限り避け、室内に火山灰が入り込まないように注意する。衣服や靴底に付着した火山灰を室内に持ち込まないようにするため、建物に入る前には上着を脱いで軽くはたいたり、靴底をマットでふき取ったりする。細かい火山灰は小さな隙間からでも室内に入り込むので、ドアや換気扇等の隙間や通気口には目張りをする等の対策をすることも考慮したい。

火山噴火の可能性があるという情報を事前に入手できた場合には、しばらく外出できなくなることを想定して、自宅に十分な水と食料を確保する。ラジオや懐中電灯、医薬品、防寒具などの防災用品も準備しておくことが望ましい。また、マスクやゴーグル等の保護具や、ほうきやシャベルなどの火山灰用の清掃用品も準備しておくと便利である。子供がいる場合には、おやつや室内ゲームなど、彼らが長時間、室内で快適に過ごすことができるような準備も重要である。

パソコンやカメラ等の電子機器・精密機器は、内部に火山灰が入ると故障することが多いので、どうしても使う必要があるもの以外は、密封できるビニール袋などに収納しておく方が好ましい。また、火山灰で下水が詰まってしまう可能性があるので、可能ならば降灰中には雨どいや配水管を排水溝からはずしておくなどの処置をしておく。

清掃時の注意

火山灰は雨や雪と違って、地面に降り積もった後も自然に川に流れていくことはないので、風が吹いたり自動車が通行したりするたびに何度も舞い上がり、長期間、周辺地域に滞在し続ける。そのため、火山噴火が収まったら、日常生活に戻る前に住民の手で清掃作業を行う必要がある。地面がアスファルト

やコンクリートで覆われている都市域では特にその傾向が強い。

火山灰の除去作業をする際には、防じん効果が高いマスクを着用する。清掃作業時にはコンタクトレンズの使用は避ける。屋外を清掃する前には、じょうろやスプリンクラーで火山灰を軽く湿らせて、火山灰の飛散を抑制する。こうすることで火山灰へのばく露を抑制できる上、一度、清掃した場所に火山灰が再び侵入することを防止できるので作業効率も向上する。ただし、火山灰が大量に水を含んで重くなると作業負担が大きくなるので、濡らしすぎには注意する。

屋根の上の火山灰の除去が必要な場合は、可能な限り建設業者等の専門技術を持つ作業員に依頼する。足場を組む、命綱を着用する等の十分な安全対策を取った上で、落下事故に十分気を付けながら複数人で作業を行うことが望まれる（図4）。カーポートやビニールハウスは比較的、少量の火山灰が積もっただけで倒壊してしまう危険性があることを十分に認識する必要がある。これらの構造物については、水をまきながらの清掃は、屋根にかかる荷重を増大させてしまうので避けた方がよい。

屋内の清掃作業では、濡らしたモップか雑巾を利用して、火山灰が空気中に巻き上がらないように心がける。エアコンや暖房機器のフィルターは特に丁寧に清掃するか、もしくはこまめに交換を行う。換気扇のような火山灰を巻き上げる装置の周りも徹底的に清掃を行う。パソコンなどの電子機器を清掃する際には、火山灰を掃除機で吸い取るか、圧縮空気で吹き飛ばすのが効果的である。

行政レベルでは、ホイールローダーや路面清掃車、散水車を用いて、道路や学校、公園等の公共エリアの清掃を計画的に進める必要がある。道路の清掃に関しては、路側線（道路上の白線）が明瞭に識別できるようになる程度まで作業を続ける必要がある。また、桜



図4 2011年新燃岳噴火時の屋根の清掃風景（霧島ネイチャーガイドクラブ古園俊男氏提供）

島火山の降灰対策に数十年単位で取り組んでいる鹿児島市等、火山灰の清掃に関する知識や経験が豊富な自治体にアドバイスや援助を求めることが求められる。

自動車に関する注意

降灰中もしくは降灰後には自動車等の運転にも注意が必要である。火山灰が降ると見通しが悪くなる上、道路に降り積もった火山灰で自動車がスリップを起こしやすくなるからである。可能な限り自動車等の運転は控えたい。降灰後の相当期間、車道の端に火山灰が吹き溜まっているので、自転車やバイクは特に注意が必要である。

止むをえず降灰中に自動車を運転する際はヘッドライトを点灯し、速度を抑えて運転する。フロントガラスに積もった火山灰を落とすためにワイパーを使うとフロントガラスに擦り傷を付ける可能性がある。ウォッシャーリキッドを大量に使うことで擦り傷をある程度は抑制できるが、降灰が激しい間に運転をするのであれば一定間隔で自動車を止め、ペットボトル等に入れた水でフロントガラスを洗い流す方がよい。エンジンオイルやエアフィルターなどもこまめに点検し、必要があれば交換するように心がける。火山灰に付着している二酸化硫黄などの火山ガス成分が自動車等の

金属の腐食を早める危険性があることにも注意を払う必要がある。

また、火山噴火が収まても、地面に大量の火山灰が降り積もっている間は自動車が通行するたびに火山灰が巻き上げることで見通しを悪くしたり、歩行者を息苦しくしたりしていることを自覚し、スピードを抑えるなどの配慮を心がけていただきたい。

インフラへの影響

降灰が電力や水道など生活基盤施設（インフラ）に影響を与えることも考えられる。火山灰が湿ると電気伝導性が高くなるので、降雨中に火山灰が降ると送電施設の絶縁機能が失われることで停電が起きやすい。降り積もった火山灰の重みで電線が切れたり、発電所の発電機能そのものに障害が発生したりする恐れもある。停電は人工透析や在宅酸素療法を受けている方々には直接的な生命への脅威となるし、高齢者施設などでは電力に依存する暖房設備の機能が失われるだけで深刻な状況となることを認識し、十分な対策を講じておく。

断水が起きる可能性もある。火山活動に伴う土石流などで水源そのものが破壊されることがあるし、火山噴火に伴う地震や地殻変動によって水道管が破壊される場合もある。国内の上水施設であれば火山灰そのものの混入による水の混濁はある程度まで浄化できると考えられるが、火山ガスに付着しているフッ素等の化学物質の影響で上水の水質基準を満たさなくなる可能性もある。また、火山灰の清掃作業に周辺住民が大量に水を消費しすぎることで水不足になる可能性についても注意が必要である。

電車やバス、飛行機等の公共交通機関についても、見通しが悪くなるなどの理由で運行中止になる可能性が高い。電車は特に線路のポイント切り替え部分が降灰に脆弱な構造をしているため、長期間の運休が予想される。

飛行機もジェットエンジンが火山灰を吸い込むとストップし、墜落してしまう恐れがあるため、噴火が起きると広範囲で運休する可能性が高い。

電話については火山灰そのものが悪影響を及ぼしたという事例は知られていないが、他の大規模自然災害と同様、一度に多数の利用者が電話連絡を取ろうとするために回線がオーバーフローして利用不可能になる輻輳^{ふくそう}と呼ばれる現象が起きる可能性が高い。また、見通しが非常に悪くなるような激しい降灰時には、携帯電話等の電波にも障害が起きる可能性も考慮しておく必要がある。

インフラの復旧にあたる作業従事者は一般市民より以上に長時間、火山灰にばく露される可能性が高いので、それらの従事者に対する十分なケアも必要である。

まとめ

呼吸器を防護するための火山噴火対策に関する連載の第一回として、今回は火山噴火時の一般的な心得の概要を説明した。説明が十

分でなかつた部分も多いので、より詳しい情報に興味がある方は、インターネット経由でダウンロードできるInternational Volcanic Health Hazard Network 作成の一般向けパンフレット^{5,6)}をご覧いただきたい。

謝辞

本文中の火山学的な内容について、神奈川県温泉地学研究所の萬年一剛博士にご助言をいただきました。記して感謝いたします。

参考文献

- 1)岡田義光. 2011年東北地方太平洋沖地震に伴った地殻変動と誘発現象. 科学 2011; 81 (5) : 403-406.
- 2)藤井敏嗣. 噴火誘発——東北地方太平洋沖地震は火山噴火を誘発するか. 科学 2011; 81 (10) : 1034-1035.
- 3)下鶴大輔監修. 火山に強くなる本. 山と渓谷社, 2003 : 199.
- 4)マウロ・ロッシ他. 世界の火山百科図鑑. 栄風舎, 2008 : 335.
- 5)International Volcanic Health Hazard Network. 降灰への備え——事前の準備、事後の対応. 防災科学技術研究所, 2007 : 16.
<http://dil-opac.bosai.go.jp/publication/pdf/prepare.pdf>
- 6)International Volcanic Health Hazard Network. 火山灰の健康影響——地域住民のためのしおり. 防災科学技術研究所, 2007 : 16.
<http://dil-opac.bosai.go.jp/publication/pdf/health.pdf>

火山噴火時に健康を守る 2

共同編集：石峯 康浩・和田 耕治

火山噴火時に 周辺住民に起こりうる健康影響

石峯 康浩¹⁾, 和田 耕治²⁾

はじめに

火山噴火は、火山灰や火山ガス等、普段は身の回りになく、健康への影響が懸念される物質を放出する点で、地震や台風、洪水等の他の自然災害と大きく異なる（図1）。

火山灰や火山ガス等の火山放出物にはく露された場合には、呼吸器系の慢性疾患のある人々を中心に影響が出る可能性があるため、火山放出物の健康影響に関する正確な情報の共有が重要である。

しかし、火山噴火が発生すると、地方自治体等の防災担当は火碎流や溶岩流等、直接的な犠牲者が発生する危険性が高い事象への対応に追われる上、それらの部署にはほとんどの場合、火山に関する十分な知識を持つスタッフがない。そのため、火山活動による中・長期的な健康影響への注意喚起への配慮が十分になされない可能性がある。

このような状況を回避する一助となること



図1 新燃岳噴火によって噴出する噴煙や火山灰
(2011年1月永友武治氏撮影/霧島ネーチャーガイドクラブ古園俊夫氏提供)

を目的として、連載2回目の今回は、火山周辺の市民や、火山灰の清掃に当たる作業者が知っておきたい健康影響の基本情報を紹介する。

健康に影響を及ぼす 主な火山放出物

健康への影響が懸念される主な火山放出物は、火山灰と火山ガスである。

火山灰は二酸化ケイ素を主成分とする細かい岩石であり、1 mm前後から数μmまでさまざまなサイズの粒子が混在している。細かい粒子ほど風に乗って遠方まで飛散し、呼吸器や目に入った場合に悪影響を及ぼす恐れがある。

火山ガスの主成分は水蒸気であるが、健康

2)
准教授
北里大学医学部公衆衛生学
科
こうじ
わだ



1)
いしみね やすひろ
国立保健医療科学院
危機管理研究部
研究官
上席主任
健康



に影響を与える物質として、二酸化炭素や二酸化硫黄、塩化水素、硫化水素、フッ素、ラドン等が含まれる。

火山灰も火山ガスも火山の噴火口からの放出率の変動率が大きい上、時間とともに変化する風によって拡散するため、どの地域がどの程度、ばく露するかを予測することは難しい。そのため、噴火時には行政が濃度等の実態を把握できるように迅速に観測体制を整備して、測定結果に沿った柔軟な対応をとることが必要になる。

火山ガスについては、死亡事故が発生するのは火山近くのガス噴出口付近がほとんどなので、本稿が対象としている火山周辺の一般市民や、火山灰の清掃に当たる方々については、有毒ガスへの感受性が高い人々への対策が中心課題となる場合が多いであろう。ただし、三宅島の2000年以降の二酸化硫黄ガス放出のように、居住地区が長期間にわたって健康リスクにさらされる可能性もあるので、この点にも十分に配慮した情報収集が重要である。

1) 火山灰の影響

火山灰の影響を受けやすいのは、呼吸器、目ならびに皮膚である。細かい火山灰が肺の奥深くや目に入ることで急性の症状を引き起こす。一般的には、火山灰のサイズが $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下であれば気管や気管支まで到達し、 $4\text{ }\mu\text{m}$ 以下であれば肺胞に到達すると考えられている。また、二酸化硫黄や塩化水素等のガス成分が火山灰表面に付着している場合には、症状が悪化するケースが多い。

火山活動による健康影響に関する研究や情報発信を行っている国際組織（国際火山災害健康リスク評価ネットワーク：International Volcanic Health Hazard Network）がまとめた火山灰による一般的な急性（短期間）の呼吸器症状を表1に示した¹⁾。呼吸によって大量の火山灰が肺の奥深くまで入ると、健康な人でも、せき

表1 火山灰による呼吸器への影響

- ・鼻の炎症と鼻水
- ・のどの炎症と痛み。乾いたせきを伴うこともある。
- ・数日続くせきやたん、息切れ
- ・喘息または気管支炎の患者における気道の刺激
- ・息苦しさ

の増加や胸の不快感が現われる。細かい火山灰に長年さらされことで、極めてまれだが、じん肺も起こりうるといわれている。

影響を受ける可能性が高いのは、喘息や気管支炎、COPD等の呼吸器疾患や心疾患のある人々である。細かい火山灰粒子は吸い込んだ場合に気道を刺激して収縮させることで呼吸を困難にする。また、吸い込んだ粒子によって気道内面での分泌も多くなり、せきが出たり、息苦しくなったりする。

喘息患者は、発作的なせきや、胸部のしみつけ感、ゼーゼーとした呼吸に苦しむことがある。特に子どもの場合、外で遊んでいる間に火山灰を吸い込み、発作を誘発しやすい。それまでに喘息になった自覚がなくても、降灰後に喘息症状を発症する人もいる。

呼吸器への影響は、大気中の火山灰粒子の濃度、火山灰中の細かい粒子の割合、ばく露の頻度や期間、呼吸用保護具着用の有無等によって大きく異なる。火山灰や付着している火山ガスの組成も関係する。さらに、降雨や風向き等の気象条件によっても火山灰粒子のサイズ分布が変化するため、対応する行政機関では、火山灰濃度や粒径分布をきめ細かく測定し、その結果に基づいて対策を検討することが望ましい。

PM2.5の環境基準は、主に工場排煙等の人為起源の粒子を想定して設定されているが、例えば黄砂の飛来に伴うPM2.5の暫定基準値として、1日平均値で $35\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下が適切な健康保護を図るために維持されることが望ましいとされている。また、環境省の暫定ガイドラインでは、 $70\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える場合に

は外出を控えるように警告するとしている。

目に炎症が生じることも、火山灰の影響の典型例の一つである。火山灰が目に入ると、角膜の引っかき傷や結膜炎が生じる。コンタクトレンズを着用している人は特に注意が必要であり、降灰時には外しておくことが望ましい。目の症状としては、目の異物感や痛み、かゆみ、充血、目やに、涙が出る等がある。

症例としては多くないが、火山灰で皮膚に炎症を起こす人もいる。特に、火山灰の酸性が強い場合に多いといわれている。

2) 二酸化硫黄ガス

活発な火山活動中に健康影響が問題になることが最も多い火山ガスは、二酸化硫黄である。硫酸ミストの状態で悪影響を及ぼす場合もある。喘息等で気管支が炎症を起こし、異物に対して過敏になっている場合は、0.2ppmから0.5ppm程度の二酸化硫黄ガスによって発作を引き起こす危険性がある。健常な人でも5 ppmを超えると気道抵抗が増加したり、目、鼻、のど等の粘膜への刺激を感じたりする。二酸化硫黄ガスは水に溶けやすいため、濡れた布で口と鼻を覆うことで大幅に呼吸器への悪影響を軽減することができる。

阿蘇山では、1990年代に火口付近を見学していた観光客がたびたび中毒事故で死亡した事例が報告されたため、監視体制を整え、二酸化硫黄ガス濃度に応じた立ち入り規制等の対策が講じられている。三宅島でも2000年の噴火以降、大量の二酸化硫黄ガスを含む火山ガスの放出が続き、島内の居住エリアでもたびたび5 ppmを超える二酸化硫黄が観測されたため、2000年9月から4年半にわたって全住民が島外避難を余儀なくされた(図2)。現在では火山ガス放出は減少傾向にあるが、依然として24時間体制で監視が続けられており、高濃度時には警報が発令される等のさまざまな対策が講じられている(表2)。



図2 三宅島の火山ガスを浴びて立ち枯れした樹木と土石流に埋まった建物(2007年5月石峯撮影)。二酸化硫黄ガスは森林や農作物などの植生に被害を与えた後、車両やエアコンの室外機等、屋外にある金属の腐食を促進したりするなど、生活環境にも大きな影響を与える。

表2 三宅島における火山性二酸化硫黄ガスの警報レベル

レベル	5分平均値	意味	回転灯の色
1	0.2ppm	高感受性者への注意報	青
2	0.6ppm	高感受性者への警報	黄
3	2.0ppm	一般市民への注意報	緑
4	5.0ppm	一般市民への警報	赤

3) 硫化水素

温泉地帯で発生する火山ガス事故のほとんどは硫化水素中毒である。火山ガスに含まれる硫黄が水と一緒に存在する場合、温度が高いと硫黄が酸素と結びついて二酸化硫黄ガスとなり、温度が低いと水素と結びついて硫化水素となるからである。硫化水素を含む火山ガスの温度は、ほとんどの場合80°C以下であるといわれている。

硫化水素は、特徴的な卵の腐ったような匂

いがする無色の気体と表現されることが多いが、健康に悪影響が発生するような20ppm以上の高濃度では臭覚が麻痺して匂いを感じなくなる点に注意が必要である。分子量が34で大気よりもやや重いため、風があまりない条件では窪地等に高濃度で溜まる。1,000ppmを超えると呼吸麻痺を起こし死に至る。日本産業衛生学会の許容濃度は5 ppmとなっている。

1971年に草津白根山近くのスキー場で6人が死亡する事故が起きたのをはじめ、箱根、霧島、安達太良山等の活火山近くの温泉で硫化水素中毒による死亡事故が発生している。2005年には秋田県湯沢市の泥湯温泉で同様の中毒で4人が死亡している。

4) 二酸化炭素

二酸化炭素は、多くの火山では、火山ガス中の含有量が水蒸気に次いで多く、噴気口周辺では高濃度で観測されることがある。無色無臭で空気よりも重く、窪地に溜まりやすい。

二酸化炭素ガスは、体積分率で5 %を超えると呼吸が著しく苦しくなり、頭痛、発汗等の症状が現れ、10%で意識喪失、25%を超えると痙攣が起き、数回の呼吸で意識を失い死に至る。

火山活動に伴う最も有名な事例は、1986年にカメルーンのニオス湖で発生した中毒事故である。ニオス湖は火山活動によって生じた深さ約200mの火口湖で、現在でも定常に湖底から二酸化炭素が発生している。湖の底層に高濃度で溶解した二酸化炭素が何らかのきっかけで急激に噴出し、湖の周囲約20キロの範囲に住む住民1,700人が窒息死した。日本の火口湖は、冬の間に表面から強い冷却を受けて対流が発生するため、二酸化炭素の湖底への集積は起きにくいと考えられているが、窪地に溜まった二酸化炭素で中毒事故が発生するという事例は国内でもいくつか報告がある。例えば、1997年に八甲田山で

深さ約8 mの窪地に溜まった火山性の二酸化炭素によって訓練中の自衛隊員3人が死亡した。直後の調査で、この窪地内で13%から16%程度の二酸化炭素を含むガスを噴出する穴が見つかっている²⁾。

5) フッ素

フッ素は水に溶けやすく、飲用水の水質に影響を与える危険性がある。コンゴ民主共和国のニーラゴンゴ火山が2003年に噴火した際には、雨水の集水槽でのフッ化物濃度が最大でWHOガイドライン(1.5mg/L)の18倍に当たる27mg/Lに達していたという報告がある。アゾレス諸島(大西洋に浮かぶポルトガル領の島々)のファーナス火山周辺住民にも歯のフッ素症が多いといわれている。国内でも、フッ素が火山噴火によって水質基準の値を超える可能性が最も高い成分の一つであるといわれている。

羊や牛等の家畜への影響はより顕著である。フッ化水素が混ざった火山灰の堆積した地域では、干草を食べた家畜に中毒症状が発生するといわれている。1995年のニュージーランドのルアペフ火山の噴火では数千頭の羊がフッ素症で死亡し、1783年のアイスランド・ラキ火山の噴火で20万頭以上の家畜が死亡した事例もフッ素中毒が原因だと考えられている。

6) その他の噴出物

上に述べた主な健康影響因子以外にも、塩素やラドン等、火山放出物にはいくつかの有害物質が含まれている。これらの直接的な健康影響に関する研究はあまり進んでいないが、火山活動の活発化等により今後、環境基準を超える事態も発生する可能性があるので注意を払う必要がある。

塩素は、二酸化硫黄同様、火山ガスの主成分の一つで、水に溶けやすく強い酸性を示す。目やのど等への刺激があり、せきや呼吸困難

の原因になる。皮膚に炎症や火傷を引き起こす場合もある。火山ガスや火山起源の温泉水には放射性成分であるラドンも少量ながら含まれている。ラドンは肺がんのリスクを高めることが知られており、鹿児島県の桜島火山や鳥取県の三朝温泉の周辺で影響調査が行われている。また、ヒ素は、硫化物として火山岩に含まれることが多く、群馬県の草津温泉や、秋田県の玉川温泉等、強酸性を示す火山性の温泉水に高濃度で含まれることが知られている。ヒ素も中毒症状を示す化学物質であるため、水質汚濁防止法による環境基準等に照らして継続的にモニタリングすることが重要である。

おわりに

火山周辺の住民や火山灰の清掃作業等に従事する労働者は、火山灰そのものによる呼吸器や目への影響だけでなく、火山ガスの影響にも十分に注意を払う必要があることを理解しなければならない。次稿では具体的な対策を概説する。

参考文献

- 1) International Volcanic Health Hazard Network. 火山灰の健康影響. 地域住民のためのしおり. 防災科学技術研究所, 2007 : 16.
<http://dil-opac.bosai.go.jp/publication/pdf/health.pdf>
- 2) 平林順一. わが国に起こっているガス災害の現状. 日本集団災害医療研究会誌 1997 ; 3 : 11-17.

火山噴火時に健康を守る 3

共同編集：石峯 康浩・和田 耕治

火山噴火時の 生活や火山灰の片付けに必要な対策

和田 耕治¹⁾, 石峯 康浩²⁾

第2回（前稿）では、火山噴火によって周辺の住民や火山灰の片付けに関わる者に起こりうる健康影響を概説した。本稿では具体的に火山灰が降っている際の生活と降った火山灰の片付けで必要な対策を紹介する。

降灰した際の生活を守る対策

はじめに、火山が噴火したら降灰の可能性を考え、表1にあるような物品をそろえる。降灰すると数時間から数日間外出が制限される可能性がある。また、電気や上下水道といったインフラも影響を受ける可能性がある。

表2には降灰を想定して家庭や職場で行うことを見た。こうしたこまめな対策の積み重ねが重要である。

表3には、降灰した際のあるべき行動を示した。降灰した際に優先すべき対策は、外出を控えるである。特に呼吸器疾患（例：喘息やCOPD（慢性閉塞性肺疾患））や心疾患を持つ病として持っている方は心がける。また、室内

において空気清浄機を用いることも検討に値する。

しかし、どうしても外出しなければならないこともあるだろう。その際のマスクをどうするかは、その地域でのPM10やPM2.5などの濃度が高いかどうかによる。例えば鹿児島市では、すでに長年の経験で慣れていることもあるだろうが、降灰の片付けの現場ではほとんどが不織布製マスクを使用しているだけで防じんマスクは使われていないようであった。その背景には、大気中の火山灰の濃度が

表1 降灰に備えて準備すべき物品

○火山噴火に特化して必要な物品

- ・食品用ラップフィルム（サランラップなど、電子製品に火山灰が入らないようにするため）
- ・マスク（不織布製マスク、防じんマスクDS1やDS2）
- ・保護めがね
- ・清掃用具（ほうき、掃除機とその交換用ごみ袋・フィルター、ショベル）

○一般的な災害と共に必要な物品

- ・最低3日分の十分な飲用水（1人1日約4リットル）
- ・最低3日分の家族とペット用の十分な保存食
- ・電池式ラジオと予備の電池
- ・手さげランプや懐中電灯、予備の電池
- ・暖炉やストーブ用の予備の燃料（寒い場合）
- ・予備の毛布と暖かい衣類（寒い場合）
- ・家族とペット用の予備の医薬品
- ・救急箱
- ・多少の現金（現金自動支払機や銀行が利用できない可能性あり）

2) いしのみね やすひろ
研究官 危機管理研究部 上席主任
国立保健医療科学院 健康



1) わだ こうじ
准教授 北里大学医学部公衆衛生学



表2 降灰時に家庭や職場で行う対策

- ・ドアや窓を閉める
- ・湿ったタオルをドアのすき間や通気口に置く。すき間風が入る窓にはテープを張る
- ・壊れやすい電化製品にサランラップなどを用いてカバーをして、周囲の火山灰が完全になくなるまでカバーをはずさない
- ・下水がつまらないように、雨どいや配水管を排水溝からはずす。さらに、排水溝もつまらないように、火山灰と水が地面に流れるような状態にする
- ・給水用に雨水収集施設を使っている場合は、灰が降る前にその収集施設とタンクをつなぐパイプをはずす
- ・子どもがいる場合は、学校の防災計画の情報を集めて、屋内でできるゲームや遊びの準備をする

表3 降灰中のるべき行動

- ・パニックに陥らず、冷静に行動する
- ・屋内に留まる
- ・屋外にいる場合は、避難施設（車や建物など）を探す
- ・マスクやハンカチ、もしくは衣服で鼻と口を覆う
- ・火山灰が降り始める前に降灰の情報を得た場合には、職場から帰宅する
- ・仕事中に火山灰が降り始めてしまった場合は、火山灰が降り止むまで屋内に留まる
- ・自分のいる地域のラジオ放送を聞いて、噴火や清掃計画の情報を集める
- ・コンタクトレンズははずす（角膜のひっかき傷を引き起こす危険性のため）
- ・水に火山灰が入っている場合は、沈殿するまで待って上澄みを使う。給水施設に大量の火山灰が混入している場合は、食器洗い機や洗濯機は使わない。飲み水に火山灰が入っていても、味が悪くなれば、たいていの場合は、健康には悪影響を及ぼさない
- ・家庭菜園で作った野菜は食べてかまわない。ただし、食べる前によく洗う
- ・室内で空気清浄機を用いる

高くないことと、表4に示したように気管の奥まで入る吸入性の粉じん（粒径4 μm以下）の割合が少ないともあるかもしれない。火山によって吸入性の粉じんが火山灰に含まれていた量は0.6%から13%までとさまざまである。富士山が噴火した場合では何%が気管支まで吸入しうる粉じんのサイズであるかは、そのときに測定しなければわからないし、当然風向きなどによっても異なる。吸入性粉じんより大きなサイズは通常は鼻毛や口で引っかかるので違和感はあるであろうが、うがいなどによって取り除くことができるし、不織布製マスクで十分に捕捉できる。

実際にPM10やPM2.5の濃度が示されたとしてもどのくらいの濃度以上であれば不織布製マスクでいいのか、それとも防じんマスクが必要なのかといった基準は十分に示されていない。参考までに、表5にはモンセラート火山が噴火した際に検討された防じんマスクの考え方を示した。しかしながら、これについてはさらに検討が必要と考えられている。

防じんマスクDSIやDS2（N95マスク）（技術的な解説は第6回）といったマスクは、産業現場の粉じん作業や医療従事者が使うことが想定されている。なぜなら装着がやや難しく、顔とマスクの間に隙間ができると期待される効果が得られないからである。そのためフィットテストという方法で顔に十分にフィットするかの確認が必要だが、一般の方ができる場はほとんどない。また装着すると呼吸がしづらくなり長時間使うことが難しく、持病のあるような方は特に装着することが難し

表4 火口からの距離と吸入性粉じんの割合

火山	国	噴火の日	火口からの距離	吸入性粉じんの割合 (%)
メラピ火山	インドネシア	1998年7月11-19日	200m	12.7
スフリエールヒルズ火山	モンセラート島	1999年6月5日	4 Km	10.7
桜島	日本	1994年1月1日	4 Km	0.9
エトナ火山	イタリア	2002年11月4日	11Km	1.8
ピナッポ火山	フィリピン	1991年7月4日	20Km	9.8

表5 モンセラート火山におけるPM10濃度と必要な対策

PM10 (μgm^{-3})	アラート レベル	必要な対策
<50	低い	特になし
51-100	高い	呼吸器疾患のある人や以前降灰で症状のあった人は高機能マスクを持っているか確認する
101-300	とても高い	防じんマスクを装着するべきである
301以上	警告	防じんマスクを装着して、曝露を減らすようにさまざまな対策を行う

Occup Environ Med 2002; 59: 523-531

い。しかし、いろいろな状況を想定して自主的な準備をするということであれば選択肢としてあげられる。

装着方法については筆者らの作成したものがYouTube (http://www.youtube.com/watch?v=lGt_qDiD96s) で見ることができる。

花粉症対策としても用いられる不織布製マスク（サージカルマスク）もある程度大きな粒子を捕捉するため作業の時には基本的には装着すると良い。しかし、顔とマスクの間の隙間を減らし、十分にフィットさせるようにする。そしてマスクの効果を過信してはいけない。

火山灰の片付けの方法と健康を守るための対策

火山灰は非常に厄介なもので、家庭や職場のあらゆるところに入り込む。テレビやコンピュータ、カメラなど高価な機器の中にまで入り込んで、故障させることもある。火山灰は一般的な家庭のほこりと違って、とがった結晶質の構造をしているので、ふき取ったり払い落としたりするときに家具や電化製品の表面を引っかいて擦り傷をつける。車のフロントガラスも同様である。

雨天時には、降り積もった火山灰は湿って飛散しにくくなるので、空気が澄んでいることもある。空気が乾燥していると、風や自動車の通過によって火山灰は簡単に巻き上げられ、飛散してしまう。その結果、浮遊している火山灰の量が非常に多くなり、健康に悪影

響を及ぼすほどのレベルに達することがある。

火山灰は、雨と風の影響を受けながら移動していく一方で、草などの植物によって土壤に固定される。しかし、大規模な降灰では、これらのプロセスはゆっくりで、火山灰は人の手で清掃して居住地域から取り除く必要がある。風によって、すでに清掃した場所に火山灰が再び入り込むこともあるため、火山灰は、噴火後、数ヵ月から場合によっては数年にわたって、身の周りに浮遊し続ける可能性がある。

火山灰を除去する時の注意

清掃作業を行う人々は、なんらかのマスクを常に着用する。当然ながら作業は降灰の少ない時間帯に行なうことが望ましい。

細かい火山灰が浮遊している場所では、目の刺激を防ぐため、コンタクトレンズを絶対に使わず、さらに保護めがねを着用する。

積もった火山灰をショベルで取り除く場合は、事前に少量の水をかける。ただし、屋根に積もった火山灰は濡らし過ぎないように注意する。荷重がかかりすぎると家がつぶれる危険性がある。

乾いた火山灰をほうきで掃くと、非常に大量の火山灰を浴びることになるので避ける。また、はしごや屋根の上は、表面が火山灰でとても滑りやすくなっているので、特に注意が必要である。多くの方が火山灰を清掃中に屋根から落下して、亡くなっている。火山灰

の重みがかかった屋根の上に立つということは、自分の体重でさらに余計な荷重をかけているのだということを十分に認識する。屋根の清掃は、火山灰が数センチ以上降り積もる前に行うのが理想的である。できるだけ命綱を利用する。

屋外の清掃の注意

建物や機械、自動車、雨どい、上下水施設に火山灰が入らないように、できるだけの努力をする。機械が火山灰で故障するのを防ぐためにも、火山灰が周囲からなくなるまで器材の電源を切って片付けておく、もしくはカバーなどをして密封する。

厚く積もった火山灰がある程度たまつときは、ショベルを使う。量が少ないときは、穂先が丈夫なほうきが便利である。火山灰は丈夫なビニール袋に入れる。第4回では鹿児島で使われている器材を紹介する。

火山灰の処分方法については行政機関からの指示に従う。特別に処理するために収集するので、通常のごみと分ける必要がある。火山灰を通常のごみと混ぜると、ごみ収集車が故障してしまうことがある。

庭や通りでは火山灰を湿らせて、巻き上がりないようにする。ただし、水は節約することと、水浸しにしてはいけない。清掃作業に水を大量に使うと、公共給水施設の水がなくなってしまう可能性がある。清掃作業の際は、水の利用についての行政機関の指示に従う。

火山灰を排水溝や下水、雨水管に流してはいけない（配水管がつまつて、下水処理施設をいためる可能性がある）。

どうしても必要な場合以外には、自動車を運転してはいけない。車の運転で火山灰が巻き上げられてしまうからである。しかも、火山灰は自動車の故障の原因にもなる。

室内に入る際には火山灰を持ち込まないように、着替えるなどする。

屋内の清掃の注意

カーペットや家具、事務用品、電化製品などは、できるだけ多くの火山灰を取り除くように、その表面に掃除機をかける。

建物や家庭に入り込む火山灰の量は、窓やドアの建てつけや換気口の構造によって異なる上、靴や衣類に付いた火山灰をどれくらい注意深く落とすかによっても変わる。掃除機の中のごみ捨てや掃除、手入れをするときにも、火山灰が余計に撒き散らないように気を付ける必要がある。窓が常に開いている、もしくは窓が最初から無いというような温暖な地域では、一日に何度も屋内の掃除をすることが必要になるかも知れない。また、屋内の清掃は、屋外を十分に清掃した後に行うのが効率的である。

火山灰で汚れた衣類を洗うには、普段以上の洗剤が必要になる。衣類が水の中で自由に動くようあるように、少量の衣類をたっぷりの水で洗う。

コンピュータやテレビ、ラジオなどは、掃除機か圧縮空気を使って清掃する。作業を行う前には、機器の主電源を切る。

エアコンや暖房機器のフィルターも確認する。冷蔵庫の通気口も掃除する。空気の流れを起こして火山灰を再循環させてしまうような部分は、すべて掃除する。特に台所の換気扇は徹底的に清掃する。

子どもは屋内に留まるようにさせて、火山灰が浮遊しているところで遊ばないように指導する。

ペットは外に出さないようにする。もしペットが外に出たら、屋内に入る前にブラシをかける。

床や廊下の掃除には、側面にブラシがついた床面掃除機は使わないようにする。細かい火山灰を空気中に巻き上げてしまう。

火山灰が空気中に漂ってしまうので、圧縮空気の吹き付けや乾いた布での拭き掃除はし

ないようにする。

おわりに

健康を守るために優先すべき対策は、降灰している際は外でないといったことになる。しかし、外出も必要なこともあるだろうし、火山灰の片付けも必要となるであろう。本稿に基づいて生活と健康を守っていただけ

れば幸いである。第5回から第7回において日本を代表する保護具メーカー3社から具体的な保護具などを紹介いただく。

参考文献

- ・防災科学技術研究所. 火山灰の健康影響. 地域住民のためのしおり.
<http://dil-opac.bosai.go.jp/publication/pdf/health.pdf>
- ・防災科学技術研究所. 降灰への備え. 事前の準備, 事後の対応.
<http://dil-opac.bosai.go.jp/publication/pdf/prepare.pdf>

火山噴火時に必要な呼吸用保護具等

鹿児島市及び霧島地域における対策に学ぶ

川島 正敏

はじめに

火山噴火に遭遇した際に、注意すべきことや事前に準備しておくことは何なのであろうか。前回までの連載において、火山灰と火山性のガスによる健康影響や、火山噴火時を想定した呼吸用保護具について説明がなされた。だが多くの人にとって火山噴火とは身近なものではなく、予想される事態を自分自身のこととして想定することはなかなか難しいかもしれない。噴火直後の火口近隣のように特に危険が大きいところに行く必要があるレスキュー隊員などは、普段から訓練されており必要な行動を迅速にとることができるものであろう。しかし、レスキュー隊員でなくとも火口近隣から住民を避難させるべく誘導を行う

であろう自治体関係者や、実際に避難する住民においても、着実な備えが求められているのである。

富士山はわが国を代表する活火山であるが、現在に至る過去300年以上噴火していないなど、火山の噴火の発生頻度は低いことが一般的である。しかし、現在すべての火山で噴火の頻度が低いわけではない。鹿児島県鹿児島市の桜島では2011年に1,355回と記録が残る上で過去最多の噴火があり、2012年にも1,107回記録されている。その桜島周辺にはいくつかの集落がある。また鹿児島市中心部までも10km程度しかなく、人が多く住んでいる近くに活動中の火山がある事例なのである。噴火の記憶に新しいものとして、2013年8月18日に爆発的噴火が発生した。それにより鹿児島市内には多量の降灰があり、公共交通機関が一時運転を見合わせるなどの影響が発生した。桜島は正に現在活動中の火山なのである。立入が禁止されている火口周囲2km以内では、火山れきが降ることや、火碎流の発生がときどき確認されている。桜島周辺の集落や鹿児島市中心部において火山れきが降ることはあまりないものの、噴煙中の火山灰がゆっくりと降り注ぐ降灰現象は年間を通じて頻繁に起こっている。降灰現象がある場合にはどのような対策を考えなくてはならないのか。また降り注ぐ火山灰は、ど

かわしま まさとし

東海旅客鉄道株式会社 健康管理センター 新大阪健康管理室 主任医長

主な論文：

Kawashima M, Wada K, Ohta H, Terawaki H, Aizawa Y. Association between asymptomatic hyperuricemia and new-onset chronic kidney disease in Japanese male workers: a long-term retrospective cohort study. *BMC Nephrology* 2011; 12: 34.

川島正敏、和田耕治、久保公平、大角彰、吉川徹、相澤好治「改良型N95マスク(DS2マスク)のフィットする割合の向上に関する研究」『日本環境感染学会誌』2009年、24号：155-161頁。



のくらい有害で危険なものなのであろうか。火山噴火が身近な出来事である鹿児島市において実際に行われている対策を検証することで、これから起こりうる火山噴火の備えに必要なものは何なのかを考えることができるのではないか。そしてこれは、決して鹿児島市だけの問題ではなく、火山が多く存在するわが国においては多くの地域において、本来検討されなければならない問題ではないだろうか。

火口から遠く離れた地域では、影響を及ぼしうるのはほぼ火山灰のみである。しかし比較的火口に近い地域においては、大量の火山灰や火山れきが数cmから数十cmも堆積することもありうる。富士山が噴火した際には首都圏の広範囲に2~20cmの降灰がある可能性が示されており、火山灰を吸入することによる直接的な健康への影響や、堆積した火山灰を除去する際において何が問題となるのかを考えなくてはならない。2011年には宮崎県の新燃岳において爆発的噴火を起こし、周辺地域に大きな影響を及ぼした。この噴火では桜島と比較して降灰量がかなり多く、近隣の集落では5cm以上の火山性降下物が堆積したところもある。このように噴火による多大な影響を受けた地域で実際に行われた対策を知ることは、これから噴火に遭遇するかもしれない地域の自治体や住民にとって、有効な教材になるものと思われる。本稿では、噴火による火山灰や火山れきに対する対策の実例を紹介し、呼吸器保護の観点から求められるポイントについて検討する。

鹿児島市の降灰除去事業

鹿児島市では、活動火山対策特別措置法第11条に基づき1978年より降灰除去事業を行っている。1978年以前にも、同様のことを独自に行っていた。市内の場所により管轄が異なるが、多くを占めると思われる道路（市道）、宅地などの降灰除去事業については、

道路維持課の管轄となっている。

(1)道路降灰除去事業

鹿児島市を、市街地区、東桜島地区、西桜島地区の3地区に分け、さらに市街地区については92ブロックに分割して行っている。実際の作業として最初に行っていることは、気象台から発表される噴火や風向きなどの情報収集である。これにより、どのあたりに降灰があるのかを予測し、その後職員が実際に巡回を行い目視で降灰状況の把握を行うことにより、降灰除去区域を決定する。道路の路側線（白線）が見えづらくなった場合や（写真1）、道路の火山灰が舞い上がり歩行者や車両の通行に支障をきたすと考えられる場合には、除去作業が必要と判断する。そのような場合とは大体0.2mm前後の降灰量があり、車がスリップする危険が大きくなるといわれている。実際の除去作業は、鹿児島市から委託された清掃会社が行っている。



写真1 白線が見えづらい道路



写真2 路面清掃車（大型）

降灰量の多いブロック、人の多い地域から重点的に行われ、1回の降灰で3日以内に除去作業を完了させている。除去作業には路面清掃車（ロードスイーパー）により火山灰を除去し（写真2），残った少量の火山灰に対して散水車で洗い流して完了となる。降灰量が少ない場合には、散水車のみを使用するときもある。普通の清掃用の車両では、火山灰を巻き上げて収集するパワーが不足することから、火山灰の除去作業には火山灰の除去を念頭に置いた路面清掃車が必要である。また歩道や側溝の火山灰の除去作業においては、手作業で行われるときもある。集めた火山灰は収集量を測定し、土捨場に処分される。

路面清掃車を使用しての作業や、手作業で火山灰を除去する際には、舞い上がった火山灰を呼吸器から吸い込んでしまう可能性があり、ほとんどの作業員は不織布製マスクを着



写真3 克灰袋（こくはいぶくろ）



写真4 宅地内降灰指定置場に置かれた克灰袋

用している。散水してできるだけ舞い上がりないように工夫はされているものの、火山灰は水を多量に含むと重くなり除去作業に支障をきたすことから、大量の散水によって舞い上がるなどを完全になくすことは困難である。路面清掃車の種類によっては、作業中に運転台の内部にも火山灰が入り込んでくるので、ほぼ不織布製マスクは着用されている。しかしながら、実際にどの程度の粉じんに曝露されているかは不明であり防じんマスクの着用の必要性についての評価が求められる。

(2) 宅地降灰除去事業

宅地内に堆積した火山灰で、鹿児島市が指定する宅地内降灰指定置場に搬出されたものについて、収集・運搬・処分を行っている。市街地区6ブロック、東桜島地区1ブロック、西桜島地区2ブロックの全市を9ブロックに分けて行われている。鹿児島市民には、火山灰を詰める袋である「克灰袋」^{こくはいぶくろ}が配布され（写真3），各自が灰を詰めて降灰置場まで持っていくことになる（写真4）。「克灰袋」とは、火山灰を克服するという意味が込められてお



写真5 ケルヒャー社製手押し式スイーパー KM 70/20 C

り、火山灰をいっぱいにつめて約10kgになつても十分に耐えられる素材で作られている。降灰置場は全市で約6,400箇所あり、市から委託された請負業者が1ヵ月に1回程度巡回して収集している。降灰があった際は、収集頻度を高めて行っている。収集された火山灰は収集量を計測され、土捨場に処分される。「克灰袋」は数年で融ける材質により作られているので、火山灰をつめたままで処分することができる。また火山灰を除去するために用いられる手押し式スイーパーが市販されており、学校やスーパー、病院などの多くの施設で備えられている（写真5）。

桜島周辺での降灰の状況

桜島はかつて文字通り「島」であった。1914年の大正大噴火の際に大量の溶岩流が



写真6 大正の大噴火で埋没した神社の鳥居



写真7 有村溶岩展望所の避難壕

発生し、島内に甚大な影響を及ぼした（写真6）。その際の溶岩流により島の東部が大隅半島の垂水周辺につながり、九州と地続きとなつた。もとの桜島の部分は現在は鹿児島市の一部であり、東桜島支所と桜島支所の管轄地域となっている。この両方を合わせた桜島では現在でも約5,000人が居住しており、活発に活動している火山の比較的近くに集落があるという、世界的にも珍しい地域である。

桜島の噴火では、噴煙は高い場合には上空約3,000mにまで舞い上がり、桜島周辺にも火山灰が降下してくる。降灰は毎日のようにあり、多いときには1日に10回から15回も降るときがある。鹿児島市中心部より火口に近いこともあり、大きな噴火の際には、1mm程度の大きめの火山灰が降る時がある。もっと大きい軽石のような降下物はふだんはない。1946年の昭和噴火の際には、昭和火口から4～5km離れた集落である有村に、数cmの火山れきが降った記録がある。また島内の各所に、避難壕が設置されている（写真7）。

降灰は日常的にあるものの、桜島の住民が日常的に火山灰対策としてマスクを使用していることはほとんどない。桜島を訪れた観光客が、ツアーガイドにマスクをしなくてよいのかと聞くことはあるそうだが、ガイドがマスクを常用することはない。口に吸い込むと気持ち悪いことや、目に入ることで痛みを感じることはあるものの、特別体に悪いものとの認識はないようである。桜島周辺の小学校では、日常的な対策としてヘルメットが通学帽とされており、児童の自宅と学校の往復の際に着用している。しかしながらマスク等の配布はされていない。

新燃岳噴火時における宮崎県での降灰の状況

新燃岳は、鹿児島県および宮崎県に位置する霧島連山の中央部にあり、江戸時代や昭和

以降に噴火を繰り返している。2011年にも何回か噴火しているが、1月26日15時すぎの大噴火では大量の火山性降下物があり、近隣の高原町や都城市だけでなく、40km以上離れた宮崎市においても鉄道が止まり、空港は閉鎖されるなど、大きな影響を及ぼした。一説では桜島の降灰量の約50年分が降ったとも言われ、そうであれば桜島の噴火とは比較にならないほどの降灰があったことになる。火山れきや火山岩塊のような大きい火山性降下物は、風向きに関係なく火口周囲に降下する。火山灰など、小さく軽くなるとより遠くまで運ばれ、降下することになる。新燃岳火口から10kmに満たない高原町では、火山灰が5～6cm積もり、軽石も降った。噴火の際には色の濃い噴煙が立ち上り、風により噴煙が流れしていくので、噴煙の下には入らないように避難しなければならない。軽石の降下により車の窓ガラスが割れたこともあった。

高原町で5～6cmの降灰があったことを前述したが、桜島の噴火では降灰が0.2mm前後であることが多いことを考えると、降灰量は甚大であることがわかる。このような降灰時においては、道路での車の通行は相当危険であり、噴火当時スリップや横転した車もあった。降灰量が多すぎることから、鹿児島市で使用している路面清掃車をそのまま使用することはできず、ショベルカーなどの重機で路面の火山灰を大方除去してから、路面清掃車を使用しなければならなかった。富士山が噴火した際には首都圏の広範囲に2～20cmの降灰がある可能性が示されていることから、高原町における降灰の状況と同じような事象が起こるかもしれない。

数cmの降灰があった際には、道路上だけでなく民家の屋根などに積もった火山灰も除去しなければならない。新燃岳の噴火では高原町を中心に突発的に大量的火山灰が堆積したため、個人宅の清掃に困難を感じた住民も多かったが、ボランティア団体が土建屋、建

築屋、塗装屋などの建設業協会からいろいろな支援を受けながら、一人暮らしの高齢者住宅等を中心に行き届いた清掃作業を援助した。火山灰は乾燥している状態では舞い上がりやすいことから、除去作業時には水をまきながら行うことが多い。だが水を含んだ火山灰は固まりやすく、雨どいを詰まらせることもあり、取り替えざるを得なくなったことも多数あったようである。1軒の民家の降灰除去作業を行うのには2時間くらい要し、住人自身で除去作業ができる民家の屋根の火山灰を除去するのに約1週間程度要した。道路や屋根上の火山灰の除去作業には、大きな機械や足場を必要とすることがある。転落等の二次災害の危険もあり、訓練しないまま行なうことは勧められない。

火山灰の吸入による健康影響について

桜島や新燃岳の火山性降下物である火山灰を、短時間吸い込んだだけですぐに健康に影響を及ぼすとは今のところ考えられていない。実際鹿児島市において、降灰対策にマスク着用が必要であるか問い合わせがあることはあるものの、明らかな健康影響があったとの報告や、降灰による何らかの健康障害について問題になったことはこれまでにはない。また高原町など新燃岳噴火で大量の火山灰が降った地域で、呼吸器疾患が増えていると報告されたこともない。火山灰が口や鼻に入ることで不快感が生じることから、それを防ぐためにマスクの着用や、マスクがない場合にハンカチなどにより口や鼻を覆うことは推奨されるものの、呼吸器疾患などが増えているというような根拠は、少なくとも今のところは明らかではないようである。しかしながら、健康影響は数十年単位の長期間を経過して生じることもあり、今後の経過を注視する必要はある。

また呼吸器に対する健康影響として長期的

な影響を考える上では、火山灰の大きさである粒度や、形状や成分について把握する必要がある。火山灰の粒度が10μm以下の小さな粒子(PM10)の火山灰を吸い込んだ際には、肺の奥である肺胞部分にまで到達し、健康影響を引き起こす可能性が指摘されている。粒度がそれより大きい場合には、鼻腔内や気管支周辺で遮られ、肺の奥までは到達しない。桜島の火山灰は粒度が10μm以下の小さな粒子をあまり多く含んでいないと考えられており、これまで健康影響が明らかでないのかもしれない。しかし、富士山など桜島以外の火山において、火山灰の粒度、形状、成分为桜島と同様であるのかそうでないのかについては、実際に火山灰を採集して分析してみないとわからない。そのため、噴火直後に測定を行うことが求められ、呼吸器に対してどのくらい危険であるか、吸入することを防ぐためにマスクの着用が求められるのか、早期に把握して公開される必要がある。

最後に

今回の連載では、桜島や新燃岳の噴火にお

いて、降灰除去など実際に行われたことを紹介した。富士山など日本中の火山が今すぐに噴火するわけではないが、わが国には全世界の活火山の7%が存在するなど、身近に火山があることは覚えておきたい。2013年8月18日の桜島の噴火は全国的なニュースとなり、火山噴火の危険性と備えの必要性を認識された方も少なくないだろう。火山噴火が日本中いたるところですぐに発生するわけではないと考えられるが、比較的身近に火山が存在しているのがわが国であるということは疑いようがない。

これから噴火に遭遇するかもしれない地域の自治体や住民にとって、今できる対策として何が必要であるのかを検討いただき、万一の事態に被害をできるだけ少なくすることが求められるのである。

謝 辞

本原稿は、2013年4月に鹿児島県鹿児島市及び宮崎県えびの市を訪問し、鹿児島市建設局道路部道路維持課、NPO法人桜島ミュージアム、霧島ネイチャーガイドクラブへの取材により得た情報を多く引用させていただいております。深謝申し上げます。

火山噴火時に健康を守る 5

共同編集：石峯 康浩・和田 耕治

火山噴火時に必要な呼吸用保護具等

メーカーの立場から(1) スリーエム ヘルスケア株式会社

片岡 克己

はじめに

火山噴火などによる災害を考える時、危機管理の基礎的な考え方として、どんな時間帯（朝・昼・晩）、時間軸（噴火時、避難時、退避時、復旧時）、季節（風向き、天候や気温）、場所（土地の特性、距離）等々を考えると必要な呼吸用保護具も変化してきます。適切にリスクを勘案し何か一つに頼るのでなく、総合的な対応を考えることが重要です。

本稿では、消防、自衛隊といった災害救助部隊とは異なり、一般市民や自治体、企業、警備関係者、復旧作業者、医療関係者の方々が考慮すべき製品について簡単に説明します。

火山噴火の経験から

噴火口及びその周辺数キロ（目安）は風向きによっては火山灰等に加え、火山性ガス（二酸化硫黄、硫化水素等々）と火山灰が存在する場合があります。



かたおか かつみ
スリーエム ヘルスケア株式会社 安全衛生製品技術部

3M、Vフレックス、マキシム、ライトビジョン、フィルタレット、ノーマッド、スコッチティント、アーマーキャストは3M社の商標です。

このエリアでは火山性ガスと火山灰に対応した防毒マスクを必要とし、やむをえず近づく場合（警戒・警備・誘導等）は防毒マスクとともに携帯型ガス検知器を装備してください。

過去の災害事例では、防毒マスク用の吸収缶選定に戸惑う、正しく装着できないといったことが言われていました。

3Mではこれらの対応として、あらかじめマルチガス用吸着材（吸収缶）とろ過材を一体化した低価格な使い捨ての防毒マスクを開発してきました。

アルミパックされ有事の際には戸惑うことなく防毒マスクが装着でき、安心して避難行動や活動ができるだけでなく、オプションで重要な眼を保護するアイシールドも用意されています。

噴火口から離れた場所や時間が経過した場合は火山灰が問題になり、避難や復旧作業時の火山灰対策が問題になります。

火山灰を吸入しないためには防じんマスクを装着するとともに、眼の保護が重要となります。

防じんマスクについては、装着対象者を考慮すると、高性能で呼吸が楽、低価格なもの、備蓄スペースを節約できることが重要になります。

また、四六時中マスクを装着しているわけにはいかないので、避難時の自宅の強化、復旧作業時の適度な湿潤化、インフラ防護の資材なども重要となります。

【火口近接地域向け】

防毒マスク（ろ過材付き）：噴火から完全終息までの間は、避難時や火口付近での災害対応者（警戒・警備・誘導等）に使用していただく製品です。

- ・ **3M™ 防護マスク 4279 <マルチガスタイプ、一体型>**（仮称・発売予定品）



主な性能（社内試験値）

平均粒子捕集効率	Nacl	99.9%
試験濃度1000ppmでの使用可能目安時間		
硫化水素	平均実測値	350分
シクロヘキサン	平均実測値	106分
塩素	平均実測値	160分
二酸化硫黄（亜硫酸ガス）	平均実測値	65分
アンモニア	平均実測値	139分

【火山灰降下地域向け】

防じんマスク：避難時、災害対応時、復旧時には一般市民、ボランティアから作業者までほぼ全ての人が防じんマスクで呼吸を保護するために装着が望まれます（※火山性ガスが存在しない場合に使用）。

- ・ **3M™ Vフレックス™ 防じんマスク 9105J-DS2**
 - ・ **3M™ Vフレックス™ 防じんマスク 9102J-DS1**
- 2面折畳み蛇腹構造でコンパクトながら使用時には大きく広がり、その蛇腹構造から会話時や顔の動きに追従し漏れ込みを抑えます。
- 従来品に比べ息苦しさも約60%改善され呼吸が楽なマスクとして認知されています。
- 平均漏れ率が0.6%*1と密着性に優れているのも特徴の一つで、女性をはじめ小顔の方々のために、スマールサイズも用意されより密着性の

向上に寄与しています。

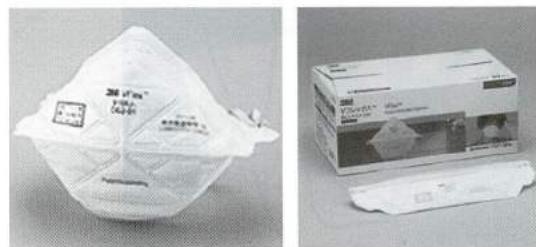
しめひもは滑りにくいゴムを採用しゴムが滑るといった問題を低減しています。

マスクを外す際にはタブ機能で有害物質附着部分を触ることなくリスクを低減に寄与しています。

また備蓄品としても従来品よりも保管スペースが少なく済みます。

*1 3M™ Vフレックス™ 防じんマスク 9105J-DS2における平均漏れ率

	9105J-DS2	9102J-DS1
粒子捕集効率（平均値）	98.2%	97.2%
吸排気抵抗	14Pa	16Pa
質量	10g	10g



【呼吸用保護具（マスク）以外の保護具】

保護メガネ（ゴーグル）：避難時、災害対応時、復旧時には全ての人に眼を保護するために装着が望されます。

降灰時や作業時にはコンタクトレンズ使用者は矯正メガネに変更することが想定されます。

ゴーグルは矯正メガネをしたまま装着でき、密着性も良いことからゴーグルの装着が推奨されます。

- ・ **マキシム™ ゴーグル 40671-00000**

眼の保護に必要なゴーグルです。

インダイレクトベンチレーションより曇りを抑え、接顔部にはソフトな熱可塑性エラストマーで快適な装着感を実現したゴーグルです。

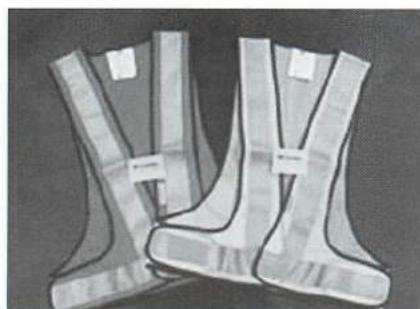


・ **3M™ ライトビジョン™ LED クリップライト**

火山灰の影響で明かりが必要な時に、めがね、帽子やヘルメットなどにワンタッチで簡単に装着・取り外しができるLEDライトで、存在確認や手元を照らします。



・ **3M™ 高視認性反射ベスト SVP-02シリーズ**
反射材付きベストで、避難時の安全性を向上させます。



【個人防御以外の対策】

個人防護とともに考慮すべきは、一時的なシェルターとなる家庭や事務所、避難所などの防御性を考慮することです。

火山地帯では家庭内にも灰が侵入し清掃回数が増えているケースもあります。

【建屋・家庭の環境防御】

・ **フィルタレット™ 空気清浄フィルター**

マンションなどの気密性が高い建屋には空気を取り入れる給気口があり、そこから火山灰などの粒子が建屋内に侵入してくる可能性があります。

フィルタレット™ 空気清浄フィルターは静電気を永久帶電した纖維で微粒子をキャッチし、火山灰等が部屋に侵入することを抑制します。



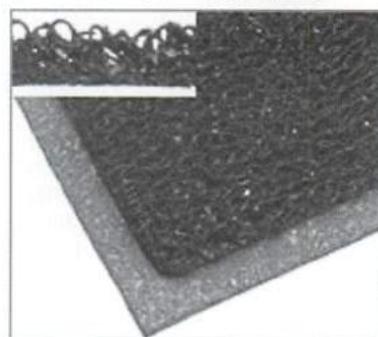
【給気口セット内容】

カバー(1コ) ベース(1コ) ハイグレード
フィルター(2枚)

・ **3M™ ノーマッド™ マット エキストラ・デューティ**

靴底などに付着した火山灰などを建屋内に持ち込まないようにするのも対策の一つです。

3M™ ノーマッド™ マット エキストラ・デューティはコイルが太く耐久性の高いアウトドア用のマットで、コンビニエンスストアやホテルの入り口に敷かれているのでご存知の方も多いのではないでしょうか。



・ **3M™ イージートラップダスター**

火山灰処理では散水が難しく、火山地区では、3M™ イージートラップダスターが使用されており好評を得ています。

3M™ イージートラップダスターはユニークな粘着剤入り不織布が、小さな紙くず、髪の毛はもちろん、砂粒までも簡単にキャッチして逃がさず、簡単・スピーディーに清掃作業を行えます。



【減災・安全】

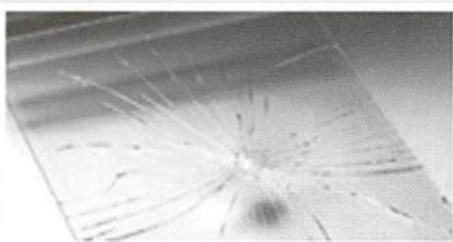
火山噴火時の震動や比較的小さな火山礫による避難路阻害、二次災害を抑制するために、事前に対策をとることで減災が期待できます。

・3M™ スコッチティント™ ウィンドウフィルム 飛散防止フィルム

飛散防止フィルムは、危険なガラス片の飛散を防ぎます。

火山噴火時による強い震動や衝撃（空振含む）、強風などにより割れたガラスは、鋭い破片となって飛び散ります。破片が直接当たる被害だけでなく、避難経路への散乱や踏んでしまうことによる二次被害も懸念されます。万一の時に備えて事前に施工し、その時に備えます。

耐貫通性能の高いフィルムでは飛散防止の機能に加えて、安全性の向上や侵入抑止に効果があります。



防災・安全(飛散防止)

・3M™ 落下抑制テープ [書棚用] GNシリーズ

火山噴火時の震動で、本棚からの落下物でケガをしたり避難通路を塞がれる場合があります。このテープを書棚の前端に貼るだけで地震によるファイルや本の落下リスクを低減できます。



【インフラ対策】

建屋の延焼防止やガス漏れ、水漏れ対策等も大切な予防策の一つです。

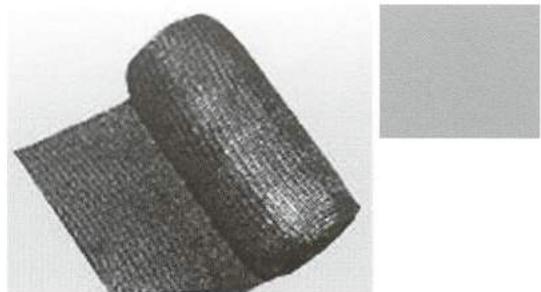
インフラの代表といえる、水道・ガス・電気は供給の維持が重要ですが、災害時の速やかな復旧も大切なポイントとなります。

一方で災害下の完全復旧には時間がかかる場合もあり、簡便な手法による応急処置や事前の対策が有効です。

・3M™ アーマーキャスト™ 補修・補強テープ

水道、ガスなどの、管路やケーブル、その他構造物等の応急補強や恒久的な補強など、多目的な補強に使える包帯状の補修・補強材料です。

伸縮性をもつガラス繊維テープにポリウレタン樹脂を含浸させたこの製品は、水に濡らして巻くだけ補修・補強が可能となります。また、3M™ 強力自己融着シリコーンテープHDTと組み合わせることで、管路の止水等にも利用できます。



・3M™ ファイヤーバリアー 延焼防止システム

建屋内のケーブル貫通部やダクト部分からの延焼を食い止めるシステムを既存建屋に施工することにより、火山爆発時に発生した火災の抑制や遅延効果が期待できます。

シーリング材

延焼防止用
水密性熱膨張
シーリング材
3000WT



延焼防止用
シリコーン
シーリング材
2000+



コーク(液状)

ハイパリアーコーク FB



コーティング材 CP-25WB



パイプシーラー FB

マット

マット M20A
セラマット

マット M20



紙面の関係上、3M製品の一部のみをご紹介いたしました。

各組織の事業継続マネージメントや事業継続計画と合わせ事前のリスク評価を行い、適切な対策を実施していただき、被害を容認できるレベルまで落としていただけるように心より願っております。

火山噴火時に健康を守る 6

共同編集：石峯 康浩・和田 耕治

火山噴火時に必要な呼吸用保護具等

メーカーの立場から(2) 株式会社重松製作所

蔵野 理一

はじめに

火山ガスに対する避難用の呼吸用保護具は、火山活動によって発生する有害物質である火山灰や二酸化硫黄、硫化水素などの有毒ガスを、フィルタや吸収缶でろ過除去し、清浄な空気を装着者に提供します（図1参照）。

2000年9月、火山噴火のため全島避難となった三宅島では、2005年2月に全島避難が解除され、島民の方の帰島が始まりました。帰島に際しては、火山ガスの放出が続いているため、避難マスクなどの呼吸用保護具を装着する必要がありました。

帰島が始まった2005年には、消防・危機管理用具研究協議会／一般財団法人日本消防設備安全センターによって、火山ガス用を含む避難用ろ過式呼吸用保護具の規格（CFASDM004）が制定されました。

この規格に従い、一般の方が、火山ガスである二酸化硫黄や硫化水素などから避難するときに使用する、呼吸用保護具が開発されました。また、火山ガスに対しては、一般産業で使用さ

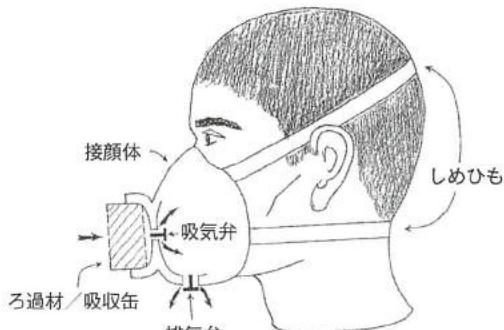


図1 ろ過式呼吸用保護具（動力なし）の構造

れている亜硫酸ガス（二酸化硫黄）用や硫化水素用の防毒マスクを使用することもできます。

火山ガス用の避難用吸用保護具の開発に当たっては、一般産業用や救出作業用の呼吸用保護具のように訓練された方が使用されるのではなく、マスクを使われた経験のない、一般の方々が使用されることを考慮する必要があります。また成人のみならず、乳幼児を含む子供たちについても考える必要があります。

今回、これらの避難用の呼吸用保護具や防毒マスクについてご紹介します。

また、堆積した火山灰の除去作業などのように、火山ガスは存在しないものの、空気中に浮遊する火山灰の吸入を防ぐためには、産業用の防じんマスクが有効です。特にPM2.5や鳥インフルエンザ対策で注目されている、使い捨て式防じんマスクについて紹介いたします。



くらの のりかず
株式会社重松製作所 研究部 部長

ガスマスクの装着基準

「三宅島火山ガスに対する安全確保に関する条例」では、二酸化硫黄濃度に応じてガスマスクの装着の行動基準が表1（詳細は、条例を確認ください）のとおり決められており、村民らはガスマスクを常時携帯することが義務づけられました。

なお、この条例でいうガスマスクとは、二酸化硫黄濃度を緩和する機能を有するマスクとなっています。

避難用ろ過式呼吸用保護具の規格 CFASDM004

避難用ろ過式呼吸用保護具の規格では、火山ガス用としては、二酸化硫黄および硫化水素に対する除毒能力（使用時間）の違いによって、LL型（45分以上）、L型（30分以上）、M型（15分以上）およびS型（5分以上）の4種類に区分されています。

主に表2に示す項目が決められています。

以下に、火山ガス用の避難用ろ過式呼吸用保護具について紹介いたします。

表1 二酸化硫黄濃度の段階に応じたガスマスク装着の行動基準

二酸化硫黄ガス濃度の段階	高感受性者		要援護者		一般	
	屋外	屋内	屋外	屋内	屋外	屋内
レベル1 (0.2ppm以上 0.6ppm未満)	装着	せきなどの 症状があれ ば装着		せきなどの 症状があれ ば装着		
レベル2 (0.6ppm以上 2.0ppm未満)	装着	避難等		せきなどの 症状があれ ば装着		せきなどの 症状があれ ば装着
レベル3 (2.0ppm以上 5.0ppm未満)	装着	避難等	装着	せきなどの 症状があれ ば装着	装着	せきなどの 症状があれ ば装着
レベル4 (5ppm以上)	装着	避難等	装着	避難等	装着	避難等

表2 火山ガス用の避難用ろ過式呼吸用保護具の性能（詳細は規格を確認ください）

項目	性能		備考
	マスク及び面体付電動ファン具		
漏れ率 (%)	6.0未満 (接顔体を除く)		有害物質がマスク内に漏れこむ最大の割合を示します。
吸気抵抗 (Pa)	350以下		呼吸のしやすさを示します。
排気抵抗 (Pa)	80以下		
除毒能力※1	L L型：45分以上 L型：30分以上 M型：15分以上 S型：5分以上		同じガス濃度なら、除毒能力が長いほど、使用時間が長くなります。
NaCl粒子捕集効率 (%) ※2	95以上		粉じんをどれだけ除去するかを示します。

※1：二酸化硫黄375ppmまたは硫化水素500ppmに対する性能です。

※2：NaCl粒子の粒径分布の中央径0.06～0.1μm、濃度50mg/m³以下。

1) EM-VG15 (写真1)



写真1 EM-VG15

最新の火山ガス用の避難用ろ過式呼吸用保護具です。

この火山ガス用の避難マスクは、軽量・コンパクト・安価を特長としています。除毒能力による種類はM型（15分以上）です。

2) ER83-M30 (写真2) およびMF15 (写真3)



写真2 ER83-M30



写真3 ER83-MF15

火山ガスのみならず、テロなどの特殊災害や火災避難にも対応した避難用ろ過式呼吸用保護具です。それぞれ除毒能力による種類はL型（30分）およびM型（15分以上）となります。

防毒マスク

防毒マスクは、本来、産業用に使用されるものですが、火山ガスに対して使用できるものがあります。防毒マスクは、吸収缶で有害ガスをろ過しますが、対応するガスごとに吸収缶を選定する必要があります。ガスの種類によっては、

厚生労働省が実施する国家検定に合格する必要があります。また、国家検定以外でもJISで性能が決められているものがあります。



写真4 防毒マスク（亜硫酸ガス・硫化水素用）

火山ガスである二酸化硫黄および硫化水素に対しても、亜硫酸ガス用（国家検定品）や硫化水素用（JIS品）を使用することができます（写真4）。

子供用のマスク

1) 乳幼児用電動ファン付呼吸用保護具(写真5, 写真6)

ガスマスクでは自力呼吸が難しい乳児および幼児用に開発されたものです。

火山ガスを吸収缶でろ過し、電動ファンで毎分約150Lの清浄空気を乳幼児が被る透明なフードに送風するものです。乳幼児は呼吸抵抗を感じることなく清浄な空気を呼吸できます。また、送風をされる清浄空気が絶えずフードからあふれますので、火山ガスの侵入を防ぎます。

火山ガスを除去する吸収缶が2個取り付けられており、50ppmの二酸化硫黄に対して、30分の能力（吸収缶1個当たりの流量が毎分80Lの場合）を有しています。

2) 保護マスクセット小学校低学年用(写真7)

小学校低学年用の保護マスクです。顔の小さい子供に合わせた小さなサイズのマスクです。夏休みに三宅島に一時帰島する小学生のために開発されました。

乳幼児用電動ファン付呼吸用保護具の吸収缶と同じものが1個取り付けられており、50ppmの二酸化硫黄に対して、100分の能力（吸収缶



写真5 PAPR (乳児用フード)



写真6 PAPR (幼児用フード)



写真7 保護マスクセット小学校低学年用



1個当たりの流量が毎分30Lの場合)を有しています。

防じんマスク

防じんマスクは、防毒マスク同様に、本来、

産業用に使用されるもので、厚生労働省が実施する国家検定に合格しています。防じんマスクには取り替え式と使い捨て式があります(写真8および写真9)が、使い捨て式は、取り替え式に比べ、軽く、安価、外観が軽快である等の理由で、一般の方々にも使用しやすく、常時携帯しやすいように工夫がされています。

使い捨て防じんマスクの性能は、国家検定規格で表3のとおり決められています。

捕集効率が高いほど粉じんの除去性能が良くなります、その分息苦しくなります。

火山灰に対しては、個体粒子を想定しているDS1およびDS2で十分対応が可能です。また、アメリカのN95規格に適合しているマスクも火山灰に対して使用可能で、95%以上の捕集効率を有しています。

終わりに

今回は、子供・乳幼児用を含め避難用の呼吸用保護具、防毒マスクおよび火山粉じん用として使い捨て防じんマスクについて紹介させていただきました。

表3 使い捨て式防じんマスクの性能

区分	試験粒子	粒子 捕集効率 (%以上)	吸気抵抗 (Pa以下)		排気抵抗 (Pa以下)	
			排気弁		排気弁	
			あり	なし	あり	なし
DL3	DOP 【液体粒子】	99.9	150	100	80	100
DL2		95.0	70	50	70	50
DL1	※1	80.0	60	45	60	45
DS3	NaCl 【個体粒子】	99.9	150	100	80	100
DS2		95.0	70	50	70	50
DS1	※2	80.0	60	45	60	45

※1:DOP(フタル酸ジオクチル)粒子の粒径分布の中央径0.15~0.25μm、濃度100mg/m³以下。

※2:NaCl粒子の粒径分布の中央径0.06~0.1μm、濃度50mg/m³以下。



写真8 取り替え式
防じんマスク



写真9 使い捨て式
防じんマスク

呼吸用保護具は、対象物質や作業内容等から正しい選択をすれば、有害物質から身を守るために非常に有効な手段です。しかし、正しく使用しないと危険な場合があります。たとえば酸素欠乏の場合や対象外のガスがある場合です。使用に当たっては、事前に取扱説明書などを十分確認してください。

火山噴火時に健康を守る 7

共同編集：石峯 康浩・和田 耕治

火山噴火時に必要な呼吸用保護具等

メーカーの立場から(3) 興研株式会社

久保 公平

火山噴火による火山灰の降灰や火山性ガスの放出が起きると、避難やその後の復旧、復興作業のための活動には呼吸器の防護が必要となり、次のような状況が想定されます。

- 1 火山噴火時に降灰や火山ガスの影響を受け場合
- 2 火山噴火の場所から距離が遠く、火山ガスの影響は少なく火山灰の影響のみを受ける場合
- 3 火山噴火鎮静後、呼吸器の防護をする対象となる物質が分かっている場合 例：三宅島の帰島

上記のように活動する状況や環境に応じてフィルター付きの防毒マスクや防じんマスクを使用することとなります。自衛隊、警察、消防では活動も異なり専用の装備があるものと思われます。ここでは一般市民や自治体職員に対して使用が想定される呼吸用保護具について紹介します。



くぼ こうへい
興研株式会社 ライフセーフティ
イディビジョン マネージャー

火山噴火時に 降灰や火山ガスの影響を受ける場合

噴火場所に近く火山灰や火山ガスの影響が受ける場合には、その場所からの避難が想定されます。その時は一般市民の方に対しては、避難用マスクとしてライフマスターの使用を推奨します。この保護具は大人用のMFN-15(写真1)と子供用のMFJ-15(写真2)があり、消防・危機管理用具研究協議会による避難用ろ過式呼吸用保護具CFASDAM004の規格に合格しているマルチガス・火山ガス・火災兼用の避難用マスクで、高性能フィルターと種々のガスに対応が可能です(表1、表2)。

ライフマスターは目を保護するためにフードで首から上を覆うようになっており、内側の首



写真1 ライフマスター
MFN-15



写真2 ライフマスター
MFJ-15

財団法人 日本消防設備安全センター評定試験合格(評17-058号)

表1 ライフマスター、HR-09-M60W 防毒性能

試験ガス		ライフケース		HR-09-M60W	
種類	最大許容透過濃度(ppm)	試験濃度(ppm)	時間	試験濃度(ppm)	時間
クロルビクリン	5.0	500	15分以上 (FDG-60W使用時)	1000	60分以上 (FDG-60W使用時)
塩素	塩素1.0 ^{*)} または塩化水素5.0	750		1500	
シクロヘキサン	10.0	1,300		2600	
アンモニア	12.5	1,250		2500	
二酸化いおう	5.0	750		1500	
シアノ化水素	4.7	470		940	
硫化水素	5.0	500		1000	
一酸化炭素	350.0	2,500		—	
ヨウ化メチル ^{**)1}	0.3	100		—	

* 1) 塩素 1 ppm または 塩化水素 5 ppm のいずれかに、先に達した時点を破過とする。

* 2) 当社試験による。

表2 ライフケース、HR-09-M60W 粒子捕集性能

吸収缶の粒子捕集効率	ライフケース	HR-09-M60W
試験流量	85 ℥ / min (2個使用するタイプは個使用するタイプは42.5 ℥ / min)	
試験粒子	DOP粒子 (200mg供給まで ^{**})	
試験濃度	100mg/m ³ 以下	
基準	99.9%以上	99.97%以上

※吸収缶を2個使用するタイプのHR-09-M60Wの場合、試験粒子の供給量は1個当たり1/2の量となります。

周辺に伸縮性のあるフラップが設けられ、有害物質が侵入しにくい構造です。また、ライフケースはアルミパックに包装され、一度開封すると再使用はできないため装着訓練ができません。そのため装着手順を理解してもらうため日本語と英語でのDVDが付属しています。

自治体職員の方々は、一般市民の避難や安全確保のためにその場にとどまつての活動等が想定されます。その場合には、救助隊用ろ過式呼吸用保護具CFASDM 001の規格に合格してい

るHR09-M60W型（写真3）を推奨します。視野の広いアイピースと声を伝えることができる伝声器の全面型マスクで高性能低吸気抵抗の吸収缶FDW-60Wを使用すれば長時間の活動も可能です。性能については表1、表2をご覧ください。

火山噴火の場所から距離が遠く、火山ガスの影響は少なく火山灰の影響のみの場合

降灰の中での避難や降灰の処理での火山灰の吸入を防ぐには、防じんマスクは有効な手段と



写真3 HR09-M60W型



写真4 ハイラック350型



写真5 ハイラック355型

表3 使い捨て式マスク ハイラック 性能

性能	ハイラック350		ハイラック355	
	社内基準値	平均値	社内基準値	平均値
粒子捕集効率	95.0%以上	98.4%	95.0%以上	97.9%
吸気抵抗	50Pa以下	35Pa	50Pa以下	37Pa
排気抵抗	50Pa以下	35Pa	36Pa以下	21Pa

なります。

一般市民の方には、使い捨て式防じんマスクハイラック350型（写真4）または排気弁付のハイラック355型（写真5）を推奨します。使い捨て式のマスクは排気弁なしと排気弁付きに分けられます。使い捨て式での排気弁付きの利点は呼気が排気弁を介して排出されるため、呼気抵抗が低く呼吸が楽で長時間の活動に適しています。

ハイラック350型は、防じんマスクの国家検定規格DS2と米国NIOSH N95の両方に合格しています。また排気弁付きはハイラック355型で国家検定規格DS2に合格しています。性能は表3をご覧ください。

ハイラックの最大の特徴はマスク内側の3D立体接顔クッションとひも調節機能により優れたフィット性を保つことができます。フィット性については後述します。

また、3D立体接顔クッションにより直接顔がフィルターに当たらないため、フィルター面積を100%有効利用でき息苦しさの低減ができます。

自治体職員は長時間また高濃度の火山灰の中で活動する可能性が考えられます。このような

場合は電動ファン付呼吸用保護具が適しております、サカヰ式BL-200H（写真6）を推奨します。このマスクは電動ファンを介して環境中の空気をフィルターでろ過して着用者に清浄空気を供給します。呼吸が楽なだけではなく、面体内が常に陽圧のため、漏れ込みが少なく安全性が高いことが最大の利点です。

BL-200Hは、着用者の呼吸パターンにあわせて送風するブレスリンクタイプで、このブレスリンクシステムは一定送風型と同様の安全性を保つつ、呼吸が楽で軽量小型となり、着用者の負担が軽減されました。また、伝声器を内蔵しているので会話ができ、一般市民の方に指示等を行うことができます。

このBL-200Hは、JIS T-8157に準拠しており、フィルターの等級は、PL100（99.97%以上）で漏れ率はS級（0.1%以下）の性能です。

呼吸器の保護をする対象となる物質がわかっている場合（例：三宅島）

火山ガスの対応は防毒マスクになります。使用する場面を想定すると、亜硫酸ガスが多く排出された三宅島の噴火の時などが参考になります。噴火は落ち着いて帰宅できる状態となりましたが、風向きによっては亜硫酸ガスにばく露



写真6 サカヰ式 BL-200H



写真7 R-5型



写真8 3D立体接顔クッション

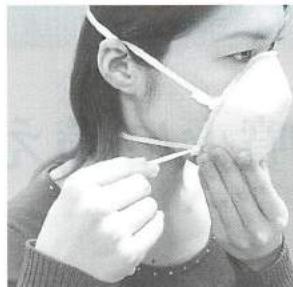


写真9 しめ紐の長さ調整機能



写真10 HR-09のホークリップ構造

する可能性がある場合が想定されます。このような時には、発生する亜硫酸ガス用吸収缶を付けた防毒マスクR-5（写真7）が適しています。

また、火山ガスには亜硫酸ガスのほかに硫化水素、塩化水素等があり、それぞれに対応した吸収缶を用います。しかし、火山性ガスの臭気がするような場所で火山灰の後片付け等をする場合は、吸収缶にフィルターを取り付け使用します。

防毒マスクにも国家検定の規格が存在します。R-5型も防毒マスクの国家検定合格品でJIS T 8152に準拠しています。

フィットの技術

防じんマスク、防毒マスクはフィルターや吸収缶の性能はもちろんですが、フィットがとても重要でマスクが顔と密着しフィットしていないと、性能がいくら良くてもマスク本来の性能は発揮できません。

・使い捨て式防じんマスクのフィット

ハイラック350型とハイラック355型は、3次元曲面によるカーブを持った3D立体接顔クッション（写真8）が顔面との接触面積を十分に確保して密着性を向上させます。また、しめ紐の長さ調整機能（写真9）により装着者の顔に

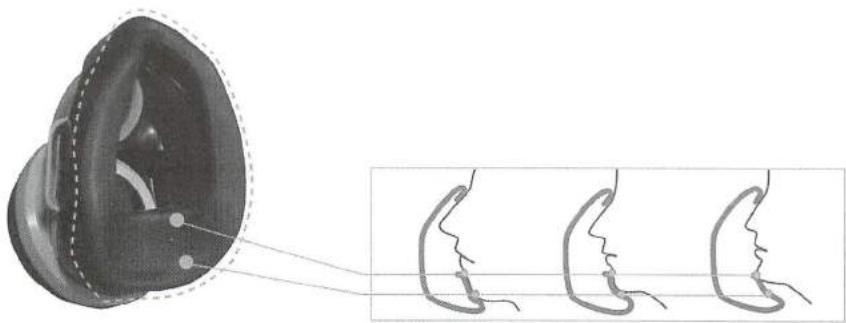


図1 フリーポジションアンダーチン面体のフィットの状態の概念図

痛くなく、しっかりと密着させることができます。

・半面型マスクのフィット

BL-200Hや防毒マスクR-5の面体は、フリーポジションアンダーチン構造（図1）を採用しています。この面体の特長は装着する時には、先に鼻部を適切な位置に決めて、顎を受ける部分は適切なポジションに位置してフィットが得られます。顔の大きい人の場合はアゴ部の接顔部外側を使ってフィットさせ、顔の小さい人はアゴ部の接顔内側を使ってフィットさせます。面体の素材はシリコーンを使用しています。シリコーンは肌荒れしにくく、表情の動きにもしなやかに追随し、安定して装着できます。

・全面型マスクのフィット

HR-09型の面体はホークリップ構造になっています。吸盤効果を生む広く柔軟なリップと特殊カーブの接顔部形状「HAWC」(High Adaptable Wide Concaveの略)を採用。高気密、広視界、軽量を実現しています（写真10）。

火山噴火時に健康を守る 8 〈最終回〉

共同編集：石峯 康浩・和田 耕治

火山噴火に備える

江口 尚^①, 石峯 康浩^②, 和田 耕治^③

はじめに

2013年6月号から始まった連載「火山噴火時に健康を守る」は、今回が最終回である。

日本中に110ヵ所の活火山を有する世界有数の火山国であるわが国では、活発な火山活動が続いている。記憶に新しいところとして、2013年11月20日に小笠原諸島西之島周辺で噴火が確認され、新島が形成された。また、2013年11月30日現在、国内で唯一「噴火警戒レベル」がレベル3（入山規制）（レベル1（平常）からレベル5（避難））に指定されている桜島は、2013年8月18日に、2006年6月に昭和火口の活動が再開して以来初めて火口線上5,000メートルまで上昇する噴煙を観測し、11月も爆発的噴火が50回発生するなど、活発な火山活動が継続している。

約300年前に噴火した後、今まで静かな状態が続いている富士山については、火山活動が活発化した際の周辺地域への影響が甚大

であることが想定され、2012年6月に山梨県・静岡県・神奈川県および3県内の関係市町村ならびに関係機関が富士山火山防災対策協議会を設置し、富士山噴火に備えた広域避難計画を策定中である。その検討の中では、例えば溶岩流が発生した場合には、最大で約75万人が避難対象となる詳細な防災体制の構築を進めている。

わが国は、このように火山に囲まれて生活しているといつても過言ではない状況にあるにもかかわらず、一般市民の多くは火山災害に自分が巻き込まれる可能性を意識していない、という問題意識から、この連載は始まった。

1回目は、「火山噴火による降灰とその備え」ということで、火山灰や火山礫といった噴火によって生じる落下物の性状や、その物理的な性質による清掃時、自動車運転時の注意点や生活インフラに生じる影響について説明がなされた。

2回目は「火山噴火時に周辺住民に起こりうる健康影響」ということで、火山噴出物の物理的、化学的性状は、火山によって大きく異なるために、健康影響については、火山噴火時に、速やかに性状の調査、分析を行い、その結果に基づく対策をとる必要性について説明がなされた。

3回目は、「火山噴火時の生活や火山灰の

①えぐち ひさし
北里大学医学部公衆衛生学
②いしみね やすひろ
国立保健医療科学院 健康危機管理研究部
③わだ こうじ
独立行政法人国立国際医療研究センター 国際医療協力局

片付けに必要な対策」ということで、降灰した際の生活を守るために対策や火山灰除去作業時の注意点について、説明がなされた。4回目は、「火山噴火時に必要な呼吸用保護具等—鹿児島市及び霧島地域における対策を学ぶ」ということで、火山噴火対策の具体的なイメージを持ってもらうために、火山噴火対策の先進地での取り組みを紹介した。

5回目からは7回目は、火山噴火時の対策の基本は呼吸用保護具、との考え方から、日本を代表する呼吸用保護具メーカー3社から、呼吸用保護具にとどまらず、火山噴火時に有用なツールについて説明がなされた。

今回は、このようなこれまでの連載の流れを踏まえた上で、今後の検討課題を示すことにする。

今後求められる備え

火山噴火時の、作業者、地域住民の健康影響の観点からの対策は、海外では、地域住民向けに、「火山灰の健康影響」や「降灰への備え」などの啓発用のパンフレットが作成されるなどの対策がとられている。火山噴火時の健康障害には、呼吸器系の健康障害だけではなく、目の症状や自動車のスリップによる交通事故、降灰除去作業時の転落事故なども含まれる。しかし、日本においては、多くの火山を国内に有するにもかかわらず、被災する恐れのある住民や、降灰除去作業者への、火山灰による健康障害への啓発を含めた対策は、極めて少ない状態が続いている。

2回目の連載で触れたが、火山灰そのものが健康障害を引き起こすことは少ないとわれている。しかし、実際に火山灰を吸い込み、呼吸器系の症状を自覚した住民にとっては不安材料となると考えられることから、十分なリスクコミュニケーションが必要となる。そのため、情報収集、情報発信のための専門家ネットワークの形成などの平時からの準備が不可欠である。また、連載5回目から7回

目で触れているように、呼吸器系の健康障害を予防するために、防じんマスクの着用是有用である。ただし、防じんマスクの着用による効果を十分に得るために、事前にフィットテストやフィットチェックを行うことは念頭に置く必要がある。そのため、できるだけ多くの住民が講習会を受講することが望まれる。

これまでの連載でも触れているように、鹿児島・桜島は、近年、火山活動を活発化させており、降灰量も増加している。また、2011年には霧島山・新燃岳が52年ぶりに噴火して2,500万トンもの火山灰が噴出し、周辺地域では2日間で厚さ10センチメートルを超える火山灰の堆積が観測された。その結果、多量の降灰により公共交通機関の運行に支障がでるなど周辺地域に大きな被害をもたらした。わが国は、火山国であるが、その噴火に対して実際に対策を行い、経験を蓄積している地域は一部の自治体に限られている。そのため、降灰の経験を有する地域の自治体や企業の降灰対策に関する知見を共有できる仕組みを構築し、降灰が予想される地域がより具体的で実効性のある対策を立案する際に、活用できるようにすることが、平時の取り組みとして重要であろう。平時から、知見の共有や専門家ネットワークの構築が、災害直後の迅速な対応に役立つ対策の立案に繋がると考えられる。

今回、健康影響と安全の観点から、平時からの対策と周辺地域への降灰を伴う火山噴火直後に行うべき対策の提言をまとめ、合わせてワークシートを示した（資料1）。本ワークシートは、火山噴火時の対策の検討を行う際に、自治体職員が、関係者と災害対策本部や関連組織での議論の際に用いることを想定している。だれが、いつまでに、何を行ふかを示し、その上で対策が完了した際にはその日を記載することができる。本来であれば、平時からの取り組みとして使用されることが期

資料1 火山噴火時の対策についてのワークシート

(1) 平時からの対策	だれが	いつまでに	実施完了日
1) 地域において、近隣に噴火する可能性のある火山があるかどうかを確認する。			
2) 地域において、近隣にある火山が噴火した場合に、どこに、どの程度の火山灰が降灰量するのか、可能な限り特定する。			
3) 降灰除去作業の経験を有する自治体から、降灰量がどの程度であれば、どのような作業が必要なのか、についての情報を収集する。			
4) 収集した情報をもとに、必要な対策を確認し、優先順位を付けて準備を進める。			
5) 地域において、住民に対して、火山灰の健康影響に関する情報提供を行い、住民の意識の啓発を行う。			
6) 地域において、防じんマスクを確保し、災害直後からすぐに使用ができるように準備する。			
7) 降灰除去作業に当たっては、足場の組み立て等が必要となり、作業になれないボランティアの高所作業は、転落の危険性が伴う。ボランティアに任せる作業内容を、危険性の少ない作業に限定しておく。			
8) 防じんマスクの正しい装着のための教育や、災害直後にできるだけ多くの人に教育を行うためのトレーナーの育成を行う。			
9) 火山の噴火が発生し、大量の降灰が生じた際に、降灰除去作業に関わる業者、労働者（ロードスイーパーの運転手、ガードマン、降灰処理場での作業者等）を地域であらかじめ想定し、必要な防護策が行われるかを評価し、必要な改善を行う。			
10) 火山灰の除去作業に関するさまざまな対策を講じるにあたっては、各地域でさまざまな意思決定や指導などが必要となるため、行政、事業者、そして専門家を交えたネットワークを構築する。			
11) 自治体、事業者だけでなく、警察、消防、自衛隊など災害後にすぐに出動して救助などを行う労働者に、火山灰の防護に関する教育を行う。			

(2) 災害直後に行うべき対策	だれが	いつまでに	実施完了日
1) 火山噴火後に必要となる火山灰の除去に携わる業者を対象に、必要な防護の教育と徹底を速やかに行う。また、警察、消防、自衛隊などでも防護の教育、現場での徹底を確認する。			
2) ボランティアに対して、降灰除去作業の注意事項、遵守事項について短時間で教育を行うようとする。			
3) 防じんマスクを被災地に届けるルートを速やかに優先的に確保し、必要な人に提供できるよう全力を尽くす。加えて、現場での防じんマスクの適正使用の徹底について、マスクメーカーの協力も得ながら行う。			
4) 地域の代表的な場所や降灰量の多い地域において作業環境測定士などの協力を得ながら、火山灰ばく露のリスクを評価し、必要な対策を結果に基づいて更新する。			
5) 地域において平時より作ったネットワークで行政、業者、専門家による対策の評価や意思決定を行う。平時からのネットワークがない場合には直ちに確保し、地元で得られない場合には日本産業衛生学会、日本作業環境測定協会、日本労働安全衛生コンサルタント会などの専門家集団に依頼する。			
6) ボランティアがかかわる作業を評価し、火山灰にばく露されるような作業を行っている場合には必要な対策を指導、徹底する。			

待されるが、災害に対するさまざまな備えを行うなかで優先順位が上がらなければ、災害直後から、本来は平時に準備しておくべきことを、同時並行で行う必要がある。また、ワークシートの作成の際には、地域でのネットワークや、外部支援の可能な専門家と連携が必要となるだろう。

専門家（火山学者、土木工学者、産業保健専門職等）への提言

- (1) 火山学者、土木工学者、産業保健専門職などの専門家は、それぞれの所属する学会において、火山噴火時に生じうる健康影響への関心を高めるようにする。
- (2) 火山噴火時の対策を立案する上で必要な専門家（火山学、土木工学（防災、災害対策）、産業保健等）を選定し、専門横断的な人的資源、技術、施設・設備などの情報（データベース）整備を行う。
- (3) 火山灰の防護に関するさまざまな対策を講じるにあたっては、各地域でさまざまな意思決定や指導などが必要となるため、行政、事業者、そして専門家を交えたネットワークの必要性を行政に働きかける。
- (4) 特に火山灰除去作業に従事する人々が、火山灰を吸引することによる呼吸器系の障害や、火山灰が目に入ることによる視覚障害などの健康被害を受けることのないよう、火山灰による健康影響について適切な知識とばく露予防策を広く国民に浸透させるうえで必要となる調査、研究を行う。
- (5) 火山灰除去作業者の、火山灰ばく露に関する知見がないことから、平時に個人ばく露モニタリング等を行い、適切な保護具の着用についての知見を提供する。
- (6) 火山灰の組成は、火山によって異なることから、噴火が生じた場合には、組成が迅速に把握できるように、環境モニタリングに関するガイドラインを作成する。また、実際に噴火が発生した際には、火山灰の組

成を早急に分析して確認する。

行政（社会）への提言 (火山噴火による降灰が予測される地域)

- ①火山灰ばく露リスク評価のために
 - i) 繼続的に火山灰の環境モニタリングを行う。
 - ii) 地域ごとにどの程度の降灰量があるのかを可能な限り想定する。
 - iii) 地域の代表的な場所や降灰除去作業現場において作業環境測定士などの協力を得ながらばく露のリスクを評価し、必要な対策を結果に基づいて更新する。
 - iv) 上記の火山灰に関するリスク評価を進めにあたっては、火山灰の知識を持った調査員の養成が必要である。
- ②リスクを周知するために
 - i) 火山灰の健康障害、ばく露防止対策などの基本的な知識を普及するためにパンフレットやポスターを活用する。
 - ii) 地域、ボランティア団体、学校などで、例えば、防じんマスクの使い方講習などと併せて、リスク教育とリスク低減のための協議を行う機会を提供する。
- ③火山灰除去作業におけるリスク低減のために
 - i) 平時より自治体や業者で防じんマスクを確保・備蓄し、災害直後から一般市民を火山灰のリスクから守るために使用できるよう準備する。また、防じんマスクを被災地に届けるルートを速やかに確保しておくことも重要である。
 - ii) 防じんマスクが正しい装着できるように教育を行う。防じんマスク D S 2 やN95マスクについては事前にフィットテストやフィットチェック（ユーザーシールチェック）の教育も必要であることから、平時よりトレーナーの育成などを行う。トレーナーの

育成のための講習会や適正使用の教育にあたっては、マスクメーカーの協力を得ることも有効な手段である。

- iii) 降灰を伴う火山噴火が発生した際に、降灰除去作業に関わる業者などを地域で予め想定し、必要な防護策が行われうるかを評価し、必要な改善を行う。
- iv) 事業者だけでなく、警察、消防、自衛隊など災害直後に救助活動を行う労働者に、火山灰の防護に関する教育を行う。また、ボランティアに対しても必要な対策を指導、徹底する。
- v) 火山灰除去作業によるボランティアによ

る災害を予防するために、想定される作業について、リスクアセスメントを行い、可能な限り対策の立案を行う（例：屋根からの転落事故が頻発することが予測されることから、不慣れなボランティアには、高所作業をさせないように徹底する）。

- vi) 地域において火山噴火時のリスクコミュニケーション手段として機能する行政、業者、専門家によるネットワークを構築し、対策の評価や意思決定を行う。行政単独でのネットワーク構築が困難な場合には、火山学や産業保健、環境測定などの専門家の依頼を検討する。