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ば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砕流や溶岩流等，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いない。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

1) 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

2) わだ こうじ
北里大学医学部公衆衛生学 准教授

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 μm以下であれば気管や気管支まで到達し，4 μm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ることで，極めてまれだが，じん肺も起こりうるといわれている。

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

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，胸部のしめつけ感，ぜーぜ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 μg/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 μg/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。健康な人でも5ppm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5ppm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り，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℃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5ppm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，現在でも定常的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8m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

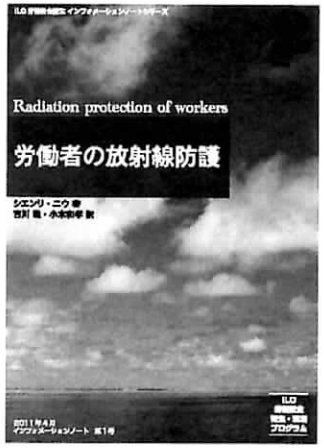
の原因になる。皮膚に炎症や火傷を引き起こす場合もある。火山ガスや火山起源の温泉水には放射性成分であるラドンも少量ながら含まれている。ラドンは肺がんのリスクを高めることが知られており，鹿児島県の桜島火山や鳥取県の三朝温泉の周辺で影響調査が行われている。また，ヒ素は，硫化物として火山岩に含まれることが多く，群馬県の草津温泉や，秋田県の玉川温泉等，強酸性を示す火山性の温泉水に高濃度で含まれることが知られている。ヒ素も中毒症状を示す化学物質であるため，水質汚濁防止法による環境基準等に照らして継続的にモニタリングすることが重要である。

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.



ILO 労働安全衛生インフォメーションノート
第１号

労働者の放射線防護

シエンリ・ニウ 著　吉川 徹・小木和孝 訳

放射線被ばくにより影響を受ける労働者の規模、放射線被ばくを伴う業務、労働者の放射線保護について解説し、関連した ILO の条約・勧告に関する情報を提供。

＜主な内容＞
・放射線と労働の場
・グリーンエネルギーの生産と原子力の利用拡大
・労働の現場における労働者の放射線被ばく
・労働者の放射線保護に関する国際的規制
付録１：電離放射線に対する防護と放射線源の安全のための国際基本安全基準
付録２：労働者の放射線防護に関する ILO 条約・勧告および刊行物

A５判 16 頁　定価：本体価格 200 円＋税

〒 216-8501
川崎市宮前区菅生 2-8-14
電話：044-977-2121(代)
FAX：044-977-7504
E-mail：shuppan@isl.or.jp
HP：http://www.isl.or.jp/
公益財団法人
労働科学研究所

OCCUPATIONAL ERGONOMICS
WORK DESIGN
第７版

ワークデザイン

健康・安全・快適で効率的な職場を設計する世界の産業人間工学の精華

ステファン・コンズ／スティーヴン・ジョンソン 著
宇土 博／瀬尾明彦 監訳
日本産業衛生学会・作業関連性運動器障害研究会 編

産業医，産業看護師，衛生管理者，安全管理者，衛生工学衛生管理者，
産業衛生技術者，産業歯科保健関係者，福祉関係者，人間工学者，
産業工学関係者，生産設備技術者，プロダクトデザイナー，
学生のための産業人間工学テキスト

1章 技術社会	8章 手持ち工具
2章 マクロ人間工学	9章 制　御
3章 ワークステーションの編成	10章 表　示
4章 オフィスの人間工学	11章 エラーの低減
5章 ワークステーションの設計	12章 安　全
6章 筋骨格系障害	13章 時間の人間工学
7章 マニュアルハンドリング	14章 PTS 法（動作時間標準法）

好評 最新刊

■体裁　A４判並製
■本文　横２段組み　328頁
■定価　参考文献・索引付
本体4,000円＋税

〒 216-8501 川崎市宮前区菅生 2-8-14
TEL：044-977-2121(代)
FAX：044-977-7504
公益財団法人
労働科学研究所
E-mail：shuppan@isl.or.jp
HP：http://www.isl.or.jp/