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。

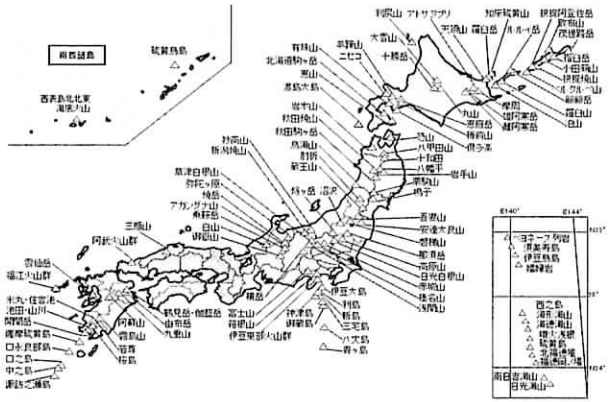


図1　気象庁が定義する日本の活火山（気象庁のホームページ：http://www.seisvol.kishou.go.jp/tokyo/STOCK/kaisetsu/katsukazan_toha/katsukazan_toha.htmlより引用）

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

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，そのために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の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回目は起こりうる健康影響を紹介した。3回目は火山噴火で使われうる呼吸用保護具や，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。

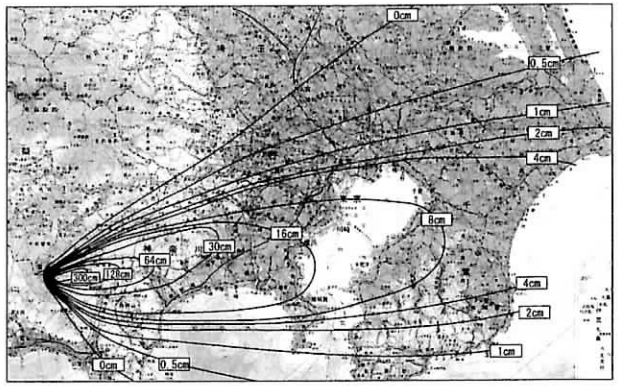


図2　1707年の富士山宝永噴火による降灰分布（内閣府のホームページ：http://www.bousai.go.jp/kazan/fujisan/の富士山火山防災マップの中間報告の項より引用。同ホームページには富士山のハザードマップをはじめとした火山防災対策に関するさまざまな情報が網羅されている。静岡，山梨，神奈川の三県合同の富士山火山防災対策協議会の概要については，http://www.bousai.go.jp/kazan/hunkajihinan/pdf/20130314siryo7-3.pdfで紹介されている。

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った。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，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，火砕流，泥流，岩屑なだれ等，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砕けて発生する現象である。マグマの破砕自体は地下で起き，粉々に砕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砕されることによって，PM2.5に分類される2.5μm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。

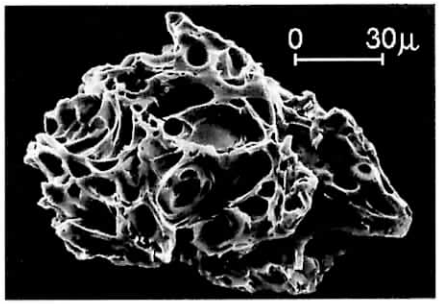


図3 火山灰の電子顕微鏡写真（米国地質調査所のホームページ：http://volcanoes.usgs.gov/images/pglossary/ash.phpより引用）

降灰時の一般的な注意

火砕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い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，屋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屋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でも舞い上がり，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も考慮すべきである。

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）

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。ウォッシャー液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，火山噴火が収まっても，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関しても，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。説明が十分でなかった部分も多いので，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．柊風舎，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

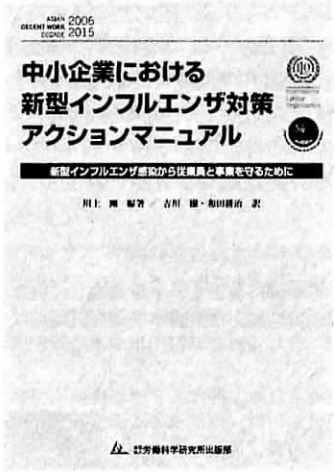
呼吸用防護具を正しく使用して期待される効果を得るために

呼吸用防護具
フィットテスト・
トレーニングブック

第1章　呼吸器感染する感染症と感染経路
　1　感染成立の3要件とその対策
　2　医療従事者が呼吸器感染する感染症と感染経路
第2章　呼吸用防護具の種類と規格
　1　産業保健からみた感染対策
　2　呼吸用防護具の種類と正しい使用法
　［もっと知りたい1］N95 レスピレーターと防じんマスク DS2 の意味
　［もっと知りたい2］感染対策としての電動ファン付呼吸用防護具（PAPR）の可能性
第3章　N95 レスピレーターの正しい使用法とフィットテスト
　1　N95 レスピレーターの正しい使用法
　2　定性的フィットテストをやってみる
　3　マスクフィッティングテスターによる定量的フィットテスト
　［もっと知りたい3］さらに求められる呼吸用防護具の開発

和田耕治・吉川 徹 著
A4判 28頁　定価：本体価格 800 円＋税

新型インフルエンザ感染から従業員と事業を守るために



中小企業における
新型インフルエンザ対策
アクションマニュアル

□チェックポイント1：最新情報を集める
□チェックポイント2：行動計画を策定する
□チェックポイント3：職場での接触機会を減らす
□チェックポイント4：個人でできる感染予防策を奨励する
□チェックポイント5：病気の従業員やその家族を支援する

国際労働機関（ILO）による「職場における鳥および新型インフルエンザプロジェクト」と呼ばれるパイロットプロジェクトで作成したトレーニングマニュアルです。マニュアルは、使いやすく実用的で、説明や記述を含め多様な予防対策に関する行動チェックポイントを紹介しています。

当プロジェクトのトレーニングマニュアルおよびアクションチェックリストの応用・普及は、新型インフルエンザ等によるパンデミック対策をさらに促進するモデルとして役立ちます。

川上 剛 編著　吉川 徹・和田耕治 訳
A4判 20頁　定価：本体価格 1,000 円＋税

〒216-8501 川崎市宮前区菅生 2-8-14
TEL：044-977-2121（代）
FAX：044-977-7504
E-mail：shuppan@isl.or.jp
HP：http://www.isl.or.jp/

労働科学研究所出版部