

C-01-2004

YIES Conference Report

山梨県環境科学研究所国際講演会2003 報 告 書

火山災害の軽減を探る

平成15年度

山梨県環境科学研究所
国際講演会2003実行委員会

C-01-2004

YIES Conference Report

山梨県環境科学研究所国際講演会2003

報 告 書

火山災害の軽減を探る

平成15年度

山梨県環境科学研究所
国際講演会2003実行委員会

は　じ　め　に

日本には多くの活火山が知られていることは、今さら申し上げるまでもありません。このうち、2000年の三月には、北海道の有珠山が噴火し、その年の八月には三宅島の火山活動が活発化しました。そして富士山の直下での低周波地震が一時期ひんぱんになったのは、同じ年の秋でした。

富士山は日本のシンボルとして多くの人に親しまれ、古来から多くの絵画や詩にも詠われてきています。富士山は、どの方角からみても美しく、神々しく、また清々しいものとされてきました。ところが最近、富士山が活火山であることが俄かにクローズアップされるようになりました。もちろん、今直ぐに噴火する兆候はほとんど認められないということですから、必要以上の心配は無用ということのようです。しかし、いずれ噴火する山であることなど、多くの人にとって考えが及びませんでした。

一方で、かつて富士山の噴火があったからこそ麓には平坦な地形が広い範囲にわたって形成され、多くの人々の生活の舞台を提供することもでき、また山麓には多くの湧水が分布しています。さらに、富士五湖などには景勝地として観光客が訪れています。富士山はわれわれの生活の場所であり、いろいろな影響をわれわれに与えています。これらは火山の恵みであり、富士山の噴火活動なしには考えられません。富士山が過去に活発な活動を繰り返されたことなど、現在の静かで雄大な姿を示す富士山からは想像することが困難です。ところが、富士山噴火につき、その活動史を歴史科学的にみた場合、何回も噴火したことは間違いないことのように。しかも、どうやら火山としての富士山は、まだ若々しい山であることも、一般に認識されるところとなりました。

富士山と共に生きていくためには、富士山が活火山であることを認識し、火山としてわれわれにもたらす恵みの面を理解するとともに、一方で火山として活動した場合に備え、何をなすべきかを考えておく必要があります。その点では富士山の場合、噴火の周期が比較的長いものですから、富士山の麓に住む者にとって、噴火を経験したことがないために他の火山から学ぶことが重要となります。この視点からも、今回の防災科学技術研究所との共同による国際講演会を開催できましたことを喜びとします。この講演会を通して、富士山と共生していくために、日本の他の地域における火山災害の経験はもちろん、海外の火山災害の対処の方法についても広く知り、将来に有効に生かされることを願うものです。

2003年12月

山梨県環境科学研究所所長　入　来　正　躬

目次

はじめに

有珠山噴火を振り返って

岡田 弘（北海道大学理学部） 1

フィリピン、ピナツボ火山の体験

Christopher G. Newhall（米国地質調査所） 3

富士五湖湖底から探る富士火山

興水 達司（山梨県環境科学研究所） 5

富士山の低周波地震

鵜川 元雄（防災科学技術研究所） 9

九州の活火山の防災対策

小林 哲夫（鹿児島大学理学部）13

富士山のハザードマップ

荒牧 重雄（東京大学名誉教授）15

富士山の火山災害軽減について

池谷 浩（助砂防・地すべり技術センター）18

あとがき

有珠山噴火を振り返って

北海道大学理学部 岡 田 弘

かつて国際学会でイタリアを訪ねた折りに、17世紀のベスビオ山の噴火記録を示す石碑を紹介されました。噴火一ヵ月後に大理石に刻まれ、今も大事に保存されている数世紀前の彼方から届いた無言のメッセージは、各国の火山学者に感銘を与えました。この例を始めとして、私たちが2000年有珠山噴火で試みた減災対策の背景には、環境や文化の異なる諸外国、例えばイタリア、フィリピン、インドネシア、コロンビア等における科学者・現地住民・防災行政担当者達の長年の様々な工夫から学んだことも大きな礎になっていると思います。

2000年有珠山噴火は小規模なものでした。しかし、噴火位置が人間活動に近接していたために、社会的なインパクトはとても深刻でした。有珠山西麓に加え、大観光地である洞爺湖温泉の裏山の金毘羅山付近の、合わせて二ヶ所で噴火活動がありました。マグマ活動は幸い五ヶ月で終息しましたが、小規模な噴出活動はその後も約一年間継続しました。合わせて約60個の火口が開き、西麓では最大で約80m程度隆起し、2000年新山が形成されました。

有珠山噴火としては小規模で、しかも二十世紀で四回目の噴火だったため、地元では事前から噴火に備えた準備が進んでいました。しかしながら、それでもなお危険な側面もありました。最初の噴火で大量に噴出した岩塊が、3つの道路や住宅地、幼稚園、畑地めがけて沢山落下しました。もしも予知情報を生かした事前避難がなかったら、これ等の道路では避難を急ぐ車両の渋滞で大変危険な状況に遭っていたでしょう。

また、噴火後に明らかにされた手記や報道ビデオによれば、火口近くで噴火に遭遇した様子は、地獄絵寸前の危険に直面した状況を伝えています。真っ黒な噴煙が頭上に覆いかかり、噴石がまるで真夏のスコールのような音で落ちていました。今でこそ死傷者がゼロと言われますが、実際にはひとつ間違えれば大変な惨事がもたらされた側面もあった噴火で、ぎりぎりのところでの減災の達成だったわけです。

2000年有珠山噴火はどう予知されたかにつき、噴火直前からの推移を簡単に振り返ってみましょう。先ずステップ1で、火山性地震の深夜の増加に対して、一番レベルの低い火山情報で防災関係者に注意を促しました。これが噴火の4日前の深夜でした。その直後、地元住民から消防署への「変な地震を体感する。前の噴火のときと似ており心配だ」という通報がありました。われわれ研究者も噴火への確信を一層深め、気象台や道庁や地元自治体の防災関係者と情報の共有化に努めました。有感群発地震に対応して、注意報としての臨時火山情報が公表されました（ステップ2）。予知連緊急幹事会を経て更にステップ3の臨時火山情報が28日昼に公表され、公式に「噴火の発生する可能性があり、火山活動に警戒が必要」と歯切れの良い表現で警戒の必要性を関係機関に伝えました。これにより、縦割り関係機関が非常に動きやすくなりました。さらに前兆地震が活発化し、いつ噴火してもおかしくない状況になったとの判断から、噴火の2日前に警報である緊急火山情報が出されました。その日の夕方、北海道庁防災会議の火山専門委員会が現地で開催されました。地元の3首長も特別に参加し、関係者のコミュニケーションが図られました。この直後に、道庁と3首長の協議で一斉避難指示体制が確立しました。

一方、国（内閣府）も有珠山現地連絡調整会議を現地の伊達市役所内に立ち上げました。これは、阪神淡路大震災の反省を生かし、有能な国の縦割り制度を有効に束ね、地元を強力に支援できる国の機構を現地に作り、減災対策に臨みたいという強い意向があったためでした。その後、地震は減少しましたが、地殻変動

が進み、噴火切迫を告げる二回の警報の後に、3月31日13時07分噴火開始となったわけです。

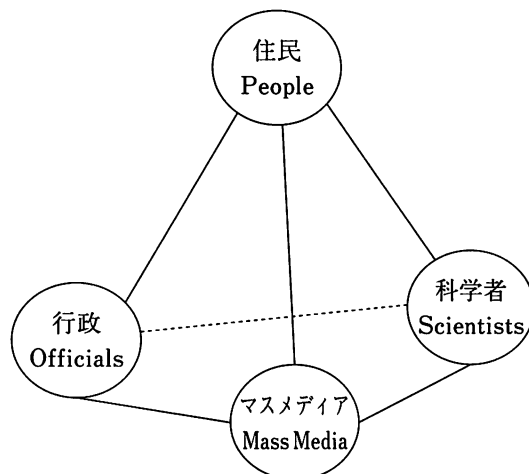
噴火開始直後は、国の現地対策本部で専門家としての減災助言に努めました。危険域の拡大とそれに伴うハザードマップ見直しへの助言を参考に、内閣担当官の指導の基に地元行政担当者は、避難区域の拡大や避難対策などを検討しました。例えば、JRの救援列車作戦による虻田町住民の緊急大量避難の試みが行われました。似たような作戦は、既に北海道南西部の駒ヶ岳噴火で昭和4年に行われたことがあり、それが参考になりました。

一方、噴火が段階的に激しくなる中で、研究者は噴火の状況をマスコミや関係行政官へ対策本部で解説しました。もちろん、刻々と変化している状況では、調査・解析など十分ではない状況でしたが、映像が対策本部へリアルタイムで中継されていたことは、「火砕流は発生しなかった」など、重要な情報を素早く現地で共有することを可能にしました。

20世紀の最後の四半世紀に海外で取り組まれてきた、噴火予知と減災における一定の成果は、大きな参考になりました。火山噴火発生時における観測情報に基づく、科学者・行政・マスメディア・住民の間の理想的なコミュニケーションのあり方に学び、有珠山噴火の機会に減災情報の共有化をめざしました。そして、その大切さが実感できました。このコミュニケーションが理想的な場合には、緊急時にいい知恵がスムーズに出てくる可能性が高いわけです。

有珠山噴火をはじめ、国の内外の事例も含め、従来の火山災害の際に対策が効果的にいくためには、火山学者が科学的に理解しているだけに留まらず、災害に遭うかもしれない住民を、行政・マスメディアと連携して、どう行動するかが鍵になります。しかも、噴火に至る前から、この準備をある程度進めているかどうか重要なポイントになると思います。このような社会的な関係を図1に示すように、「減災のテトラヘドロン（正四面体構造）」として表現することができます。

次の世代の子供たちに地球との共生の文化として、火山や地球の営みをもっと知ってもらう教育・文化活動もますます重要になってきています。多角的な減災文化の創造は、いざと言うときに減災のテトラヘドロンを機能させるもっとも確実な近道であろうと思っています。



災害当事者である住民、場合によっては災害弱者の観光客、それを支えるのは、自然の理解者であるはずの科学者、防災施策の行動力を持つ行政、および啓発と情報を受け持つマスメディアである。部分的な機能だけでなく、全体の機能を常に考えておくことが減災達成の基礎である。科学者は全体の仕組みや機能を評価しやすい立場にすることが多い。予知と減災の成功例や失敗例をこの考えにもとづき検討してみよう。

図1 減災のテトラヘドロン（正四面体）構造

フィリピン、ピナツボ火山の体験

米国地質調査所 Christopher G. Newhall

はじめに

美しい富士山の麓に来ることができまして嬉しく思っております。本日はフィリピンの国立地震火山研究所および米国地質調査所の二つの研究機関を代表して講演することになりまして、私は大変光栄に存じます。私が講演するフィリピンのピナツボ火山は富士山ほど美しくありません。その理由は、ピナツボ火山は今までに何回も噴火して、そのために山の表面が壊されているからであります。

火山活動

1991年の噴火の状況を以下に説明しますが、その時点における過去の噴火史を振り返ってみますと、最も新しい活動が今から約500年前ということですから、この火山は噴火の周期が長く、そのためにいったん噴火すると大噴火になるという特徴を備えた火山といえます。1991年の三月には、先ず小さな地震が発生しました。その後、北東から南西方向に断裂が認められ、そこに水蒸気爆発が発生し亜硫酸ガスが含まれ、その量は一日に500～5000トン程度のものでした。また、富士山の地下でも認められている低周波地震も、ピナツボ火山で記録されました。

火山警戒情報の発信

このような状況で、われわれは単純な警告システムを情報発信しようと考えました。具体的には5段階の危険レベル（0～5）を設定しました。火山危険度の不安定の度合いを5段階のレベルに分け、5月13日にこの警報システムを使い始めましたが、その時点でレベル2になっていました。レベル2の背景には、マグマの貫入が考えられたからです。6月5日には、レベル3に上がりました。これは、あと二週間以内で噴火が起こると予測されるものでした。そして、6月7日にはレベル4に引き上げました。これは24時間以内に噴火が起きる可能性がある、ということです。そして、6月7日～9日には実際に噴火が開始しました。しかし、その時点での噴火は爆発的な噴火ではなく、溶岩ドームの盛り上がりの段階でした。この6月9日に至って警戒情報のレベルを5に引き上げました。この時には、かなりの火山灰も降るようになり、さらに6月12日には大規模な爆発も認められています。

住民の避難行動

この火山活動の推移の中で、多くの住民の避難行動はレベル4の警告が出された時点に始まりました。その後、大規模な火山活動になるにつれて、住民の避難が大部分実行されました。この際の大規模な爆発性の火山活動の程度は、日本列島においても、この十年くらいの間には、しばしば認められる程度のものでした。しかし、91年のピナツボ火山の場合には、この活動は序の口にあたる程度であり、その後もっと大掛かりの激しい火山活動が認められることになりました。6月14日の最大の噴火に至る過程で、低周波地震の数も増加の傾向を示しました。そして、最大規模の噴火の際には衛星からも、直径500kmの噴煙が認められました。結局、噴火によって山頂部が崩壊してなくなり、新しいカルデラが形成されました。また降灰は激しく分厚く積もり、特に人口密集地において深さ10～15センチメートルも積まりました。それから、火砕流も非常に多く発生し、峡谷もすっかり埋まり、深いところでは200メートルの深さの峡谷まで埋まりました。

ハザードマップ

ちなみに、噴火の前にわれわれが公表したハザードマップと実際の噴火によって認められたものを比較してみますと、火砕流、火山泥流などの予測域と実際の分布が良い一致を示していました。ところで、500年も眠っていたピナツボ火山が、何故眠りから覚め、91年に噴火したかについて考えてみますと、もちろん100%これが理由であるとは言いきれませんが、噴火の前年の90年に100km東北に位置するルソン島にマグニチュード7.8の地震の発生が、この噴火と関連があるのではないかと考えています。私たちは、この地震に誘発されてピナツボの火山活動がもたらされたと推測しています。この地震によって断層が生じ、これによりピナツボ火山の地下の地殻が断層のズレにより圧縮応力を受け、その結果地下から玄武岩マグマが押し上げられ、これが上昇し火山体に前から存在した石英安山岩に混じり、そして、この混合物が上昇しそれが最初の溶岩ドームとして噴出してきたもの、と考えています。そして、その後にこの溶岩ドームを突き破ってもたらされる規模の大きな噴火は、まるでシャンペンボトルからコルクを抜いたような効果があったと考えられます。

一方、この噴火が最大規模になる前に8万5千人が非難を済ませていました。科学者の非難警告に対し、疑う住民もいました。このような住民への非難の説得のひとつに、火山測候所の場所を火山から離すことを試みましたが、これは極めて効果的でした。残念ながらこの噴火に関連して400人が亡くなりましたが、その多くは噴火による火山灰の重みに耐えかねて屋根が倒壊して、下敷きになったものです。ただ、噴火前にとりわけ火砕流のもたらされると予測された地域に住んでいた約10000人の命は、このハザードマップのおかげで尊い命が救われたことになります。やはり、ピナツボ火山からわれわれが学んだこととして、火山災害の軽減を行っていくことや、軽減のための効果を発揮するためには、科学者と一般住民が仮に警告が空振りになっても良いと考え、その警告を生かし、警告に従って行動に移すことだと思います。

火山噴火後の対策

さらに、噴火活動はもちろんです。噴火が終わった後にもたらされる火山性泥流については、長期間にわたってしかも経済的なダメージの大きさからも、その被害については深刻な問題となります。具体的には、火山の周りに貯水池や湖があった場合、またカルデラがあった場合にも、その水が被害を大きくすることになります。被害の及ぶ面積も大きく、火口から遥かに離れた地域までになり、その影響が現れます。とりわけ、火口の淵にある柔らかい堆積物は、いったん洪水などの湖からの水が出ると、急速に洗い流され周囲を浸食することになり、大きな被害をもたらすことになります。そこで、われわれはこのような柔らかい堆積物は早めに流し終えたいと考えました。2000年の後半になり、湖の水を排水することによって、われわれは柔らかい堆積物につき20メートルの厚さの量を洗い流すことができました。この排水の作業の際にも、下流域の3万人の住民たちには念のための非難をしてもらいました。ただし、この排水路から水を流すことだけでは、柔らかい堆積物を全て除去することはできませんでした。ところが、2002年の7月に台風がきて大雨が降りましたので、これにより湖の水が一気に溢れ、残りの柔らかい堆積物を流してくれたので、今はこの柔らかい堆積物にまつわる泥流の危険はなくなっています。

科学者はこの10～12年にわたって、火山泥流について警告を発してきました。火山性泥流の警告は、いまひとつ噴火についての警告や警報ほどには成功は収めていないのかも知れませんが、それでも多くの人の命を救うことができ、また一般の人々を安全な場所に非難していただくことができるようになったものと考えています。

以上で私の講演は終わりますが、御静聴ありがとうございました。

富士五湖湖底から探る富士火山

山梨県環境科学研究所 興 水 達 司

はじめに

富士山の構造を三階建てに見立てて表現することがある。一番下にある小御岳火山が活動をはじめ、その小御岳の中腹で約十万年前に噴火を開始したのが富士山である。その後の噴火活動の過程で、約一万年前におおむね現在の姿になったと考えられている。もちろん、その後も激しい噴火は繰り返されているが、江戸時代の宝永四年（1707年）の噴火を最後に、現在に至っている。

以来、富士山は静寂な時を送っていると考えられてきた。しかし、2000年十月に山頂の北東側、地下十数^キも付近を震源とする低周波地震が活発化し、改めて富士山が活火山であることを、思い知らされたところである。

いずれ噴火することは確かであるものの、それがいつ、どのあたりにどのようにやって来るかを、的確に予測することは容易ではない。将来の噴火に備え、富士山の微妙な動きを監視しながら、その活動の歴史を明らかにし、富士山の活動の癖を理解しておくことが大切である。

富士山の地下に眠っている情報

そもそも富士山の成り立ちは、故津屋博士による第二次世界大戦をはさんだ三十年以上の精力的な調査・研究で、初めてその全体像が明らかにされた。博士は、小御岳火山は富士山の一部ではなく、愛鷹山などと同時代の古い火山とした。そして、小御岳火山の上にできた富士山の活動を、その噴出物の年代から古富士火山、新富士火山の二時期に分けた。さらに、山体の表層に分布する溶岩の大部分は新富士時代のものであり、その新富士火山活動については、溶岩類を旧期、中期、新期に分けた。これらの新富士期に先行する富士火山の活動によってもたらされたものは、一括して古富士期として扱われている。

なお、古富士期の噴出物の多くは、殆どが山体に隠れているため、その露出は東では御殿場付近に、西では白糸の滝、富士宮付近などに限られる。そのため、富士山の噴火史、とりわけ古富士時代を含めた噴火史を正しく理解するためには、富士山地域においては野外調査のみならず、トレンチやボーリング調査が有効な手段となる。

富士山、とりわけ富士山北麓側におけるボーリング掘削は、地下水や温泉開発等の場合以外のいわゆる学術ボーリングとしては、従来の成果として山中湖や鳴沢村の報告が知られている。山中湖の場合、湖底中央部付近の最深部において、約2.5メートルの湖底堆積物を採取し、約2500年間の環境変遷が論じられている（遠藤ほか、1992など）。鳴沢村では、標高1200mの地点に防災科学技術研究所が富士山の火山活動を観測するために、地震計等を設置する目的で201mの掘削を実施した。その際に得られた試料から、岩相・岩石学的特徴の記載に加え、全岩主成分及び微量元素の分析が行われている（宮地ほか、1995）。その報告の中で、具体的な放射年代の測定はなされていないものの、記載岩石学的特徴をよりどころにして、得られたボーリ

ング試料の基底の年代として、古富士火山末期まで遡としている。これ以外にも最近、富士山スバルライン沿いの四合目付近において、防災科学技術研究所の地震計等の計器類の埋設のためにボーリングコアが、また北麓側の滝沢林道沿いなどにおいて、東京大学地震研究所による調査及び火山観測の計器類の埋設に係るボーリングコアが、それぞれ採取され解析が試みられている。また、富士山ハザードマップ作成の基礎資料のためのトレンチ調査も北東麓の忍野村で行われている。

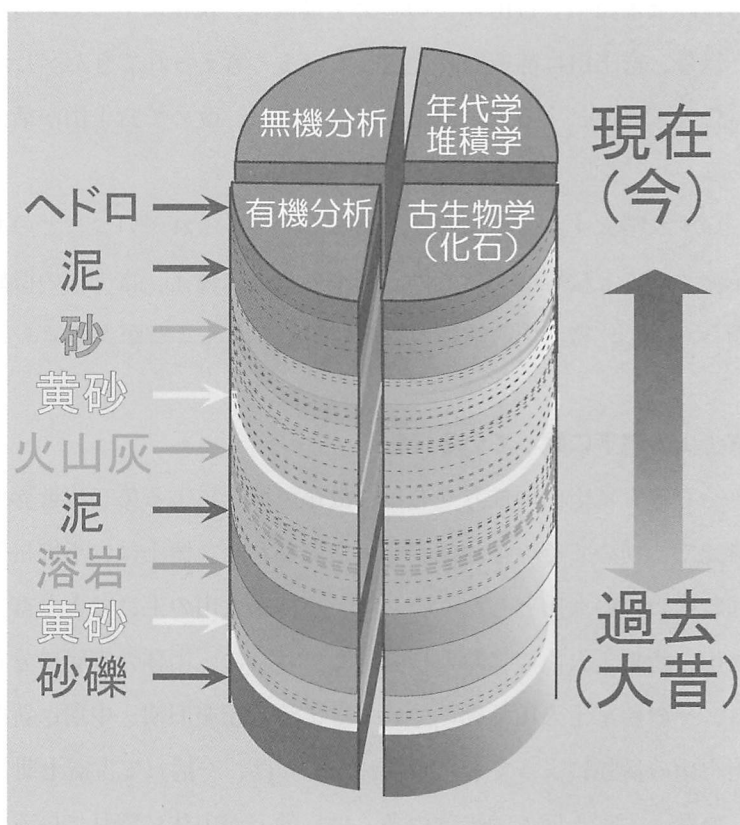
このように、ボーリング等を材料にした場合、富士山の地下構造や詳細な形成史等の解明の上で有効な情報が得られる。

富士五湖湖底ボーリング掘削

富士山の活動があったからこそ、山麓の富士五湖も誕生した。ところが、今から千～二千年前にほぼ現在の湖の姿になったことを除いては、富士五湖の形成時期や変遷については不明な点が多い。これら湖形成に関する未解決の問題をはじめ、湖周辺の環境変遷の問題についても解明を志し、われわれはこの数年間に、山中湖と河口湖の湖底、そしてさらに本栖湖の湖畔から、地下数十～二百メートルのボーリングコアを採取した。これら試料中には、東アジアの環境変遷に関する情報も記録されており、歴史科学的な視点から解析すべき多くの問題が含まれている(図1)、その詳細については別の機会に報告する。

山麓の湖から得られたこれらコア試料中には上記の情報はもちろん、以下に述べる過去の富士山の激しかった活動の情報も、具体的にとらえられた。確かに富士山の過去の活動を詳しく知ろうとする場合、山腹においてボーリング掘削した方が、富士五湖などの山麓において実施した場合に比べ、より多くの噴火の記録を把握できる可能性は高い。しかし、山腹の場合には噴出の後、一度堆積したものがその後の噴火で流されたり、あるいは噴出物が柔らかい場合にはその後の降雨・降雪などで泥流として移動することもあると考えられる。このようなケースも考慮して、私は可能な限り山麓に位置する富士山北麓に発達する五湖の湖底を調査対象にしようと考えた。湖の堆積物の場合、特別な場合を除いて、下位より上位に向かって歴史的に古い時代から新しい時代に、順に重なっている。しかも一度堆積したものが別の場所に移動すること、極端な場合以外にはあり得ない。確かに、山腹において記録される噴火が、必ずしも全て山麓の湖にまで及ぶことはないという欠点は否めない。しかし、山麓の湖周辺は現在もかなりの数の人間が生活する舞台になっており、こ

湖底堆積物の各種分析概念図



のような場所における将来の噴火の影響を、過去の富士山の噴火から検討しようと考えた場合、われわれが進めてきた富士五湖のボーリングコア試料からもたらされる情報の有効性は極めて高いものと考えられる。

富士山の過去の噴火活動歴

富士山の活動については約一万年前あたりを境にして、それ以前を古富士、それ以降を新富士のステージに一般的に区分されている。新富士、古富士のそれぞれの時代に活動した噴出物や堆積物の分布を見た場合、古富士時代の多くは新富士の溶岩や火山噴出物に覆われている。そのため、古富士時代の噴出物や堆積物が地表で確認できるのは、富士山の東麓や南麓の一部に限られることは既に述べた通りである。

われわれ地球科学研究室では、山中湖、河口湖、本栖湖でボーリング調査を行ってきた。その結果、陸上部の調査・観察から得られない情報が、ボーリングコア試料から明らかにできた。しかも、富士山の噴火の活動様式や噴火の影響が、富士山頂からの方角によってその特徴に違いのあることが捉えられた。それぞれのボーリングコアの構成の詳細は、興水・内山（2002）に述べたが、以下に簡単に特徴を紹介する。

本栖湖の調査は、東岸湖畔において約170m掘削し、試料の基底付近に挟まる数mの堆積物の年代値等から判断して、概ね二～三万年前以降の情報が得られたと考えられる。このコア試料中には、多数の溶岩層が確認され新富士時代のみならず、その多くが古富士時代のものと判断される。

一方、富士山頂から北東～東北東に位置する山中湖の湖底から得られたボーリングコア試料には、富士山起源の火山灰（スコリア）が多数介在している。コア試料中の火山灰のうち最も表層部に近いものは、今から300年程前の宝永の噴火によるものである。湖底から約14m程下のスコリアが一万二千年前になり、古富士のステージの活動になる。これ以前にも富士山起源のスコリアの活動が山中湖コア試料には頻繁に認められ、この時代から富士山の活動が活発であったことが読み取れる。しかも、山中湖付近においては、一万年前よりも前から現在にわたり、富士山噴火のうち火山灰の影響が多く認められる、という特徴が把握できた。

河口湖は、富士山頂からは概ね北の方角に位置する。この河口湖湖底からわれわれは約90mのボーリングコア試料を採取し、その基底部付近の年代は約四万年前に遡る。この中に、古富士時代の約一万五千年前と約二万年前に大きな溶岩流があったとみられる痕跡が確認できた。また、富士山起源の降下火山灰（スコリア）もコア試料中には認められるものの、前述した山中湖の試料に比べ極めて少ない。

以上のように、湖底堆積物をボーリングコア採取し解析することから、陸上部の調査からは容易に観察できない古富士の時代の情報を、いずれの湖からも知ることができた。しかも、それ以降現在にわたる時代の試料の解析から、北西方向には溶岩活動の具体的な影響が、また東側にはその影響が乏しく、むしろ富士山起源の降下火山灰の影響が認められることが確認できた。河口湖の位置する北側には火山灰、溶岩層が混在しており、方角によって富士山の噴火の現れ方や影響に違いがある。このことは、最近内閣府が中心になり作業を進め、その完成が近い富士山のハザードマップに示される富士山噴火の特徴とも矛盾しない。ハザードマップの作成に際し、最近二千～三千年間の富士山噴火の情報を中心とし、詳細な検討を行ってきている。これに対し、われわれがこの数年間にわたって湖底堆積物から検討してきた内容の特異性としては、調査ポイントが湖およびその周辺に限られる、という制約はあるものの、富士山噴火の長期にわたる情報が記録さ

れている試料を材料にしている点が上げられる。この観点から明らかにされた富士山噴火の方向による特徴や影響等の特徴が、ハザードマップの成果と大きな矛盾のないことは既に述べた通りであるが、この事実は富士山噴火の活動様式の方向による特徴という面では、ある程度長期にわたり同じ傾向を示すという捉え方ができるのかも知れない。

富士山の噴火に備え、長期間にわたる活動の特徴を確かにするのみならず現状の富士山の動きを常時把握することは極めて重要であるものの、われわれ山梨県環境科学研究所はこの点については不十分な状況にある。そこで、最近新規に忍野村に地震計を設置し、防災科学技術研究所の協力を得て、低周波地震を含むデータの情報把握が可能になる方向にある。

いずれにしても、富士山の麓に位置するわれわれの研究所としては富士山の火山に関する知見や自然の仕組みを理解することに努めるとともに、その成果を地元の住民にとって役に立つ情報として発信できるように努めたい。

富士山の低周波地震

防災科学技術研究所 鶴川元雄

1. はじめに

火山噴火は、火山の地下にあるマグマの貯蔵庫（マグマ溜まり）からマグマが上昇して、地上に到達したときに発生する現象です。ですから火山が活動しているかどうかを調べるためには、人の診断に聴診器を使うように、火山内部の動きを知ることが必要です。このためには微小な振動を測ることのできる高感度の地震計が役に立ちます。

1980年頃から東海地震や関東地震の研究のために富士山の近くにも高感度の地震計が配置されるようになりました。今から20年ほど前、この地震計に変わった地震が時々観測されることに地震の研究者が気づきました。この変わった地震は、大きさと分類すると高感度の地震計でなければ観測できない微小地震といわれるものです。もちろん人が感じることはありません。この地震と普通の地震との違いは、地震波の揺れ方にあります。

普通の微小地震を地震計で観測すると、1秒間に10回から20回の振動（10Hz～20Hzの振動）が10秒～30秒くらい続きます。一方、富士山のまわりの観測点で記録された地震は、その振動の周期が0.2秒から1秒くらいと普通の微小地震より長いという特徴があります。このようにふつうの地震に比べて振動の周波数が低い地震を「低周波地震」と呼んで区別しています。富士山で観測された「低周波地震」と「普通の微小地震」の地震波形を図1に較べました。この2種類の地震の違いは一目瞭然です。

観測された富士山の「低周波地震」を分析すると、富士山の直下、10kmから20kmの深さで起こっていることがわかりました。「低周波地震」は富士山だけで観測されるものではありません。噴火をしている火山の火口近くの浅い場所でしばしば発生することがよく知られています。このため火山活動の活発化を示す地震と考えられています。富士山で観測された「低周波地震」は、地震の起こっている場所（震源）が深いので、よく知られていた噴火に関する低周波地震とは違うものですが、火山活動と関係していることは間違いありません。富士山の地下は、
今も活動していることが低周波地震の発見で明らかになりました。

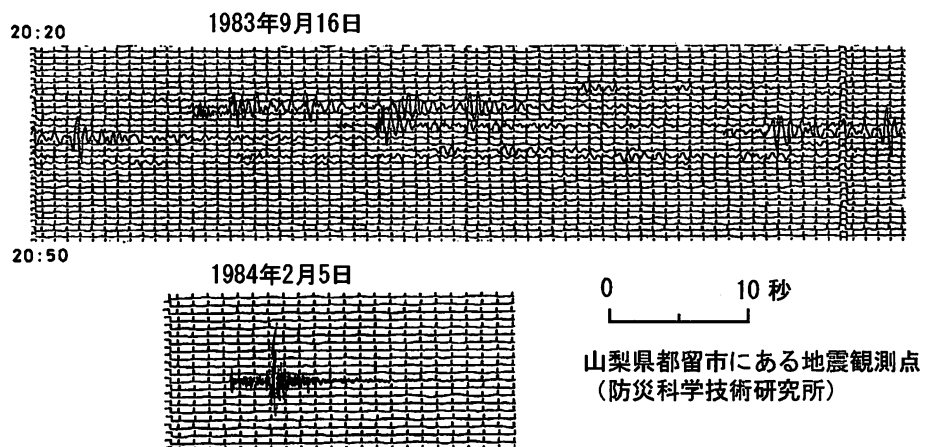


図1 富士山の低周波地震（上段）とふつうの地震（下段）の波形比較

2 2000年～2001年の活発化

富士山の低周波地震は、単発的に発生するのではなく、起こるときには数分～十数分の間に低周波地震が連発するという特徴があります（図1）。連発的に発生すると地震の振動が重なってしまうので、地震そのものの回数を正確に数えることができません。このため連続的に発生する低周波地震の一連の振動を1回の活動と数えることにします。

富士山の周りでの地震観測が始められた1980年からの低周波地震の数を調べてみると、多い年や少ない年があるのですが、平均すると1年間に十数回発生していることがわかりました。ところが有珠山、三宅島と噴火の相次いだ2000年の10月

頃から低周波地震の数が増え始めました。図2に毎月の地震数を1980年から示します。2000年8月から2001年7月までに約300回の低周波地震活動が発生しました。これは2000年7月以前の過去20年間に発生した低周波地震活動数とほぼ同じ回数です。2000年後半から2001年前半の富士山直下の地震活動は、過去20年の実績から言って、異常な状態だったことは間違いありません。

低周波地震の震源を決めると、富士山の山頂のやや北東、深さ15kmを中心にした領域に集中します。図3に低周波地震が活発化する以前の期間（1995年4月～2000年7月）の震源と活発化した期間（2000年8月から2001年7月）の震源を比較しました。震源に大きな違いはなく、同じ場所で地震活動が活発化したことがわかります。

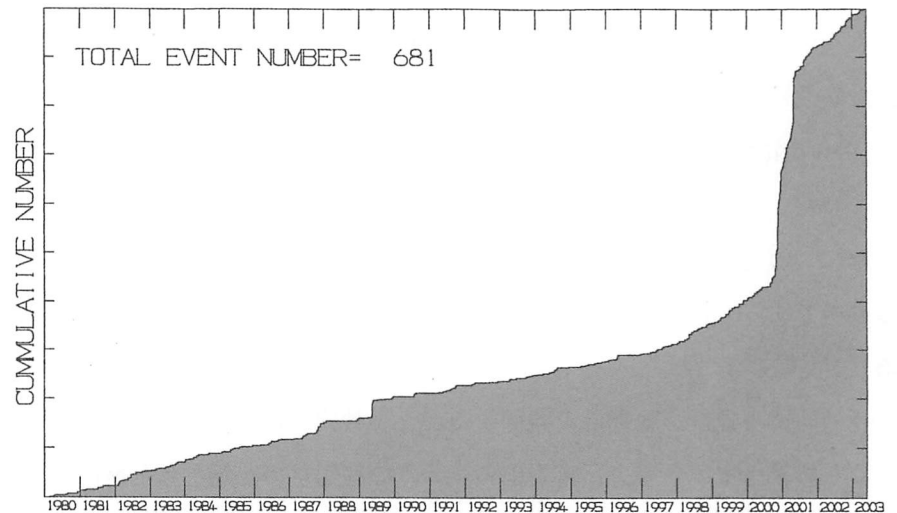


図2 富士山の低周波地震活動の累積発生数（1980年～2003年5月）

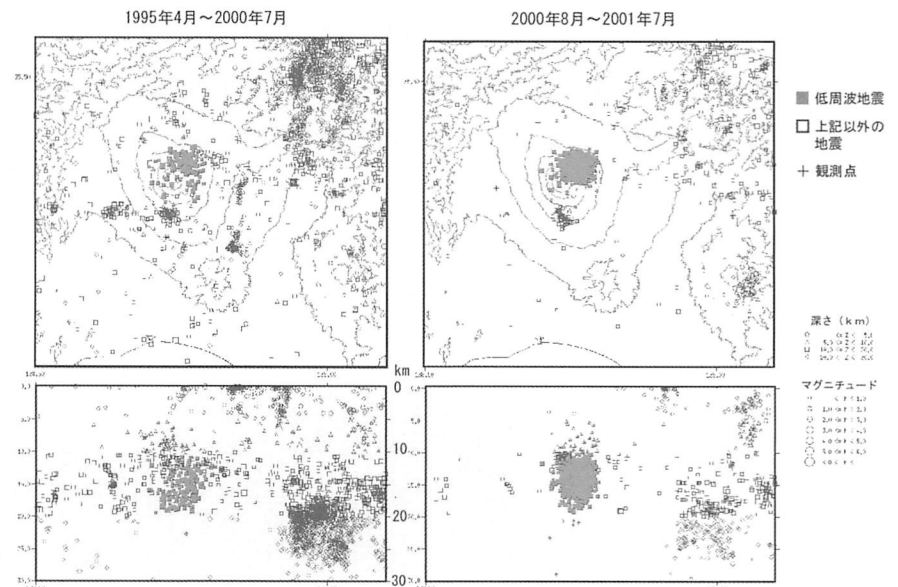


図3 富士山周辺の震源分布。赤い記号で低周波地震の位置を示す。左は活発化前（1995年4月～2000年7月）、右は活発化を含む期間（2000年8月～2001年7月）。

3 低周波地震の発生原因

富士山の低周波地震の発生原因はまだ解明されていません。低周波の地震波を放出するのでふつうの地震とは何かが違うのですが、その違いと特定できていません。地球で発生する地震の99%以上は断層によって引き起こされています。すなわち堅い岩盤に力がかかって、ついに岩盤に亀裂が入り、亀裂を挟んだ岩盤の両側が急激なずれを起こして地震波を放出します。この亀裂のことを断層と言います。亀裂がずれる速さはほぼ一定の値なので亀裂の長さが長くなると低周波の地震波が放出されるようになります。このため、ふつうの地震から放出される地震波の振動数はある規則に従います。

ところが低周波地震はこの規則からはずれています。亀裂の食い違いがゆっくり進行しているのかもわかりません。あるいは亀裂の食い違いではなく、マグマが亀裂を押し広げようとしているからかも知れません。低周波地震の発生するメカニズムは解決していませんが、富士山で発生しているような深い場所で起こる低周波地震は、日本のみならず世界中の火山地域で起こっていることが、ここ10年間にわかってきました。日本では岩手山や三宅島など20火山以上で報告されています。海外でもハワイでは古くから知られていましたが、1990年以降にフィリピンのピナツボ火山等10地域以上で報告されています。

これらのほとんどは噴火と関係なく発生しています。そのなかに少数ですが、ピナツボ火山のように大噴火直前に活発化した例や、1998年に火山活動が活発化した岩手山のように地下のマグマの上昇に同期して活発化した例もあります。噴火の後に活発化したアラスカのスパー火山のような例もあります。発生機構は未解決ですが、火山の深いところで発生する低周波地震は、地下深部でのマグマの動きと関係して発生していることは確かでしょう。このことから2000年後半から2001年前半にかけて活発化した富士山の低周波地震は、富士山の地下でマグマが今も活動していることを示している証拠と考えられます。

4. 富士山の火山観測

富士山のようにふだん地表の火山活動が見られない火山を観測するためには、地下の火山活動を調べる必要があります。どのような観測が有効なのかを考えてみましょう。

マグマが地下から上昇してくると、図4に示すように岩盤が破壊する地震が多数、発生します。これは群発地震と呼ばれるもので、噴火活動など火山活動の活発化したときには必ずといってよいほど観測される地震活動です。

マグマがさらに浅いところまで上昇してくると浅い低周波地震や連続的な振動である火山性微動が発生し始めます。このような地震活動の発生する仕組みは火山によって異なったり時期によっても違ったりすることもあり、まだわからないことが多いのですが、地震活動は間違いなく火山活動の良い指標です。

地震観測と並んで重要なのは地殻変動の観測です。図4に示したようにマグマが岩盤中を押し分けて上昇してくると、周りの岩盤は変形します。例えば火山体が膨張することもあります。このような岩盤の変形、すなわち地殻変動を捉えるために傾斜計やひずみ計が1980年代から使われてきました。1990年頃からこれらに加えて変位（地面の移動した長さ）を直接観測できるGPSが加わりました。これらは有珠山や三宅島などの噴火で火山体の変形を検出する重要な観測項目でした。

富士山でも地震観測と地殻変動観測が重要と考えられています。このため低周波地震が活発化する前まで

に、山頂から15km以内に約10カ所の地震観測点と4カ所の傾斜観測点が設置されて、常時連続観測を行っています。低周波地震の活発化した後、観測強化が進められ、これまで手薄だった山腹に地震や傾斜、あるいはGPSを観測する設備の設置が現在進められています。観測網の整備が進むと地下のマグマの動きをつかむことが容易になります。噴火予測の技術水準は、まだまだ実用化するには長い時間がかかりそうですが、現在のレベルで解ることもあります。火山災害軽減のために、不確かさを含む予測情報をどのように発信すれば役に立つか、今後も検討が必要です。

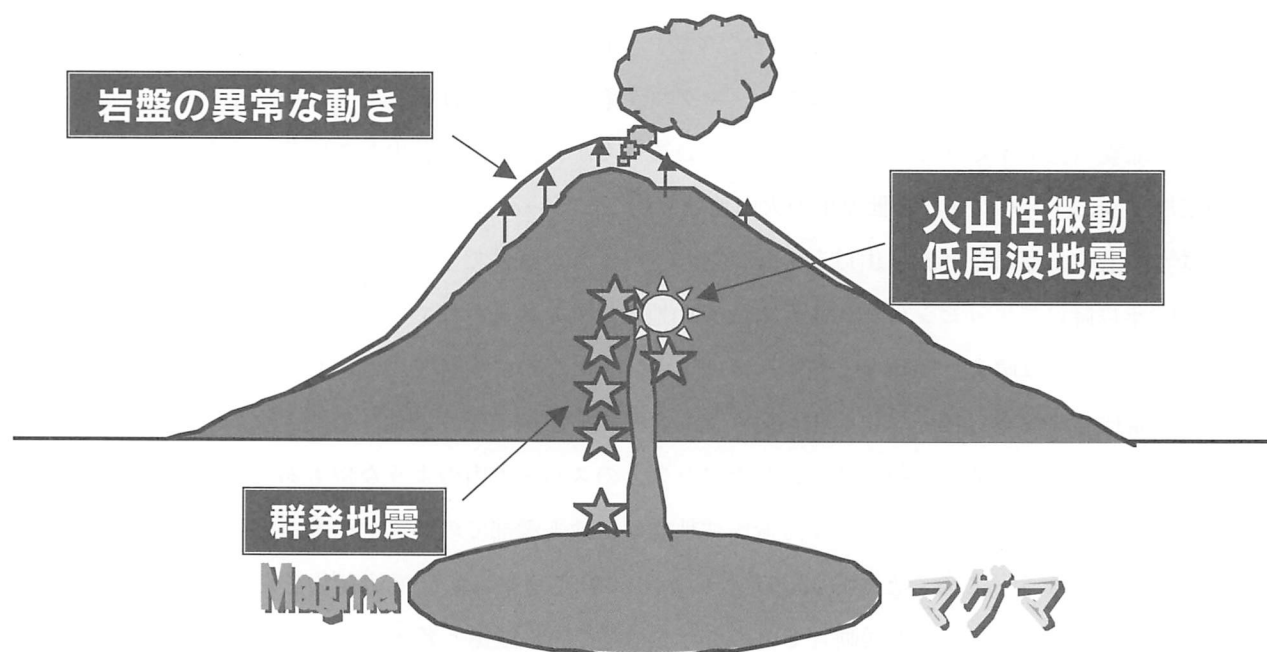


図4 マグマの上昇に伴って発生する現象

九州の活火山の防災対策

鹿児島大学理学部 小林 哲 夫

はじめに

活火山の定義が改正されたため、九州から沖縄にわたる地域では19の火山・火山群が活火山と認定されるようになった。そのうち阿蘇・雲仙・霧島・桜島の4火山には大学の火山研究所があり、常時観測を行っている。それ以外の火山でも、薩摩硫黄岳は噴気活動が盛んであり、また諏訪瀬島も頻繁に小噴火を繰り返している。しかしそれらの火山は離島にあるため、常時の火山観測は行われていない。上記した以外の火山は、現在はそれほど活動的ではないため、定期的、あるいは臨時の火山観測が行われているにすぎない。しかし現在は活動的でない火山であっても、将来的には噴火を再開する可能性を十分に秘めている。そのためそのような火山に対しては、将来の噴火にそなえた火山防災マップを作成しておき、いざという時に不要な混乱が生じないような対策を講じておくことが最も重要と考えられる。九州の多くの火山においてはすでに防災マップがつくられているが、今回は南九州から南西諸島に連なる火山の防災対策・防災マップの現状と課題について報告する。

桜島火山の防災対策

桜島火山には多くの噴火記録が残されている。なかでも大噴火として最も知られているのは大正噴火（1914年）であろう。大規模な軽石噴火に始まり、その後流出した溶岩は南東側の海峡を埋め立て、桜島を大隅半島と陸つづきにしてしまった。それ以前にも安永噴火（1779年）や文明噴火（1471年）が大噴火として知られており、これらは3大噴火と呼ばれてきた。このような大規模な噴火では、まず軽石の噴出（プリニー式噴火）に始まり、火砕流の発生および溶岩の流出で終わるという共通の変化パターンを示している。1200年前の天平宝字噴火（764年）も、このタイプの噴火として認知されるようになった。

火山防災を考える場合、大正噴火から多くの教訓を学び取ることができる。大正噴火は予知の失敗例として扱われることが多く、島内に残る「桜島爆発記念碑」には、当時の測候所の不手際が非難されている。確かに噴火直後の避難は混乱を極めたようである。死者は58名と報告されている。しかしそのなかには、噴火の最中に鹿児島市側で発生した大地震（M7.1）による死者35名が含まれている。それゆえ噴火による直接の死者は20余名である。噴火の規模が大きかったわりには、死者が少なかったといえることができる。当時の桜島は鹿児島湾に浮かぶ孤島であり、本土に避難するには船に頼るしかなかった。

なぜこのような悪条件の下でも、死者が20余名ですんだのであろうか？まず第1の理由は、噴火に先立つ前兆地震で大多数の住民が恐れをなし、自主的に避難を始めていたことがあげられる。第2は過去の噴火についての伝承である。135年前に発生した安永噴火（1779年）でも、噴火直前の群発地震、井戸からの熱水のふき出し、海水の変色など、顕著な前兆現象があった。噴火に先立つ異常現象が後世の人々に伝承されていたものと考えられる。

桜島火山において、もし将来、大正噴火クラスの噴火が発生するならば、過去の事例にもあるように、必ずや顕著な前兆現象を伴うものと考えられる。現在は島内にも近代的な観測施設があり、そのような大噴火の前兆を見逃すことはありえないであろう。また毎年1月には全島あげての避難訓練が実施されており、大噴火に対する備えは一定レベル以上であることは確かである。しかし問題点も残されている。それは現在公

表されている防災マップ（1994年）は、大正噴火クラスの大規模噴火を想定したものであり、現在進行中のブルカノ式噴火については記述されていないことである。

1955年に始まった現在の山頂噴火活動は、激しい爆発を伴うブルカノ式噴火であり、現在（2003年末）までに7600回の爆発が記録されている。全国的にみても非常に珍しい現象のように思われるが、桜島火山の過去の噴火史を検討すると、このような断続的なブルカノ式噴火は過去にも繰り返し発生していたことが確認されている。現在の山頂噴火では、多量の降灰があり、時には海岸付近にまで大きな噴石を落下させる。灼熱の噴石は火災を発生させることもあるが、幸いなことにこれまでに死者はでていない。そのことが逆に住民（県民）を噴火に慣れさせてしまった側面もある。しかし仮に爆発が事前に予知されたとしても、どこに、どのような被害が生じるかを正確に予測することは不可能である。それゆえ、よりきめ細かな防災対策を検討しなくてはならないであろう。

南九州・トカラ列島の火山の防災対策

南九州地方の火山防災マップは、まず桜島火山（1994年）、ついで霧島火山（1996年）でも作成された。その後、1999年には、鹿児島県防災会議により「鹿児島県地域防災計画（火山災害対策編）」という防災手引書が作成された。ここには上記した霧島・桜島火山のほか、薩摩硫黄島、口永良部島、中之島、諏訪之瀬島の防災対策が検討されている。しかしそれ以降に活火山の認定をうけた口之島と悪石島は対象とはなっていない。

このうち桜島および霧島火山の防災マップは10年ほど前に作られたものであり、最近の成果を考慮した再検討が求められている。池田カルデラや開聞岳火山を含む指宿火山地域は、九州でも火山活動の激しい地域であるにもかかわらず、いまだに防災マップが作成されていない。火山活動についての総合的な検討を行うとともに、早急な防災マップの作成が求められている。

一方、離島においては、規模の大きな噴火が発生した時には、いかに速やかに避難するかが最重要な課題となる。小規模な噴火では、噴石と泥流の被害が第一に懸念されるが、それ以外にもどのような噴火現象が発生しうるのか、またどのような影響が生じるのかをきめ細かに表示し、対策を講じておく必要があろう。

今後の課題

鹿児島湾は火山構造性地溝の一部であり、南の湾口付近には阿多カルデラ、また北の湾奥には始良カルデラが存在している。さらに北方の内陸部には加久藤カルデラが、また湾口の南方海域にも鬼界カルデラが存在している。これらカルデラの後火山活動として誕生した霧島火山（加久藤カルデラ）、桜島火山（始良カルデラ）、薩摩硫黄岳（鬼界カルデラ）などは現在でも非常に活動的である。また始良カルデラの北東部を占める小型の若尊（わかみこ）カルデラと指宿火山地域にある池田カルデラも活火山と認定された。阿多カルデラには後火山活動はないとされているが、池田カルデラは阿多カルデラの後カルデラ火山とみなすことも可能である。また海底地形図（海上保安庁）をみる限り、湾口付近には明瞭な火口地形が認められ、またそれ以外にも小規模な火山体が点在しているようである。それゆえ阿多カルデラの後火山活動についての見直しも必要であろう。

鹿児島湾は鹿児島と南西諸島を結ぶ重要な航路となっており、万一、海底火山が活動すれば、離島の経済に重大な影響を及ぼすことになる。若尊・池田両カルデラが活火山に認定されたのを機会に、鹿児島湾全体の火山活動の評価を行うべく、海上保安庁の方々と協議しているところである。

富士山のハザードマップ

東京大学名誉教授 荒 牧 重 雄

2000年10月から11月と2001年5月の2回、富士山直下で「低周波地震」が群発した。火山性の低周波地震の実体はまだ解明されていないのだが、経験的には、マグマの活動に関係が深いらしいというのが、火山研究者の間のコンセンサスである。これがマスコミの知るところとなって、騒ぎが大きくなった。このころはまだ、有珠山と三宅島の噴火が進行中であり、雲仙普賢岳の災害などの記憶も新しく、富士山周辺の自治体の関係者各位も、この際前向きに富士山噴火の防災他作を考えるべきであるとの意見を持たれるようになった。

国（担当は内閣府）もこれを受けて、県知事、市町村長、国務大臣レベルの「富士山火山防災協議会」を2000年7月に発足させ、同時に作られた「富士山ハザードマップ検討委員会」に諮問を行った。「ハザードマップ」を作ることが委員会の主要な仕事であることはたしかであるが、さらに自治体が策定すべき検討委員会は現在も作業中であり、予定より遅れているが、今年年度末をめどの最終報告書を「富士山火山防災協議会」へ提出する予定である。

富士山はユーラシア、北米、フィリピン海、太平洋の各プレートが角を接しあってひしめいている会合点の近くに位置しているのが特徴であり、火山の特異性もプレートテクトニクス上の特異性と密接に関係していると思われる。事実としてははっきりしているのは、古富士・新富士の活動期10万年間を通じて、マグマの噴出率がきわめて大きかった（ $> 2 \text{ km}^3/\text{千年}$ ）……すなわち噴火活動度が抜群に高かったということである。このことは、将来も富士山で噴火災害が頻繁に起きることが予想されることを意味する。

最近1万年間は、新富士火山の活動期であるが、その内最近約2200年間は、それより前と比べて異なった噴火特性を示す。この時期は山頂噴火が起きていない時期に相当し、第5期と呼ばれる。富士山の将来の噴火を予測するには、最も近い過去の実績を重視するのが合理的であるから、最近約2200年間の実績を最も重要視し、次に過去3200年までさかのぼった実績を考慮することとした。

最近2200年間の噴火活動は、山腹割れ目火口群からの小中規模のスコリア・火山灰噴出と溶岩流出のケースが最も多い。約1500年前頃、北側斜面から火砕流が発生し、高度1100m地点まで到達した。最も新しい噴火は、西暦1707年（宝永4年）に発生した、南東斜面5合目付近に生じた大火口から大量のスコリアを空高く放出する噴火であった。成層圏まで達したスコリアは偏西風に乗せられて江戸まで達し、須走村で2mくらい、横浜で20cm、江戸でも南部は最大5cmの厚さに積もった。火口に近いところでは建物が潰れ、遠いところでも灰砂の除去に手間取って、多くの亡村、飢餓難民、さらに土石流・洪水の大災害が発生した。

もう少しさかのぼって、富士山の第4活動期、約3200年前までに注目すると、山頂火口からの大規模な溶岩噴泉を伴う火砕噴火や火砕流発生、山体崩壊による大規模な土石なだれなどの特徴的な活動が追加される。3200年前までの実績を考慮に入れば、富士山で発現する火山災害のほとんどすべてのタイプを網羅することが出来ると考えられる。

検討委員会は、新富士火山の過去3200年間の噴火活動に基づいて、将来起きる噴火の可能性について評価を行った。図1は既存の火口の位置を示したもので、噴火の規模を小規模（噴出したマグマの量が 0.02 km^3 以下、黄色で示す）、中規模（同 $0.2 \sim 0.02 \text{ km}^3$ 以下、緑色で示す）、大規模（同 0.2 km^3 以上、赤色で示す）に分けて示した。火口の分布は明らかに北西—南東方向に偏っており、地殻上部に加わったこの方向の圧縮応力に

応じて割れ目火口が生じやすいことを示している。

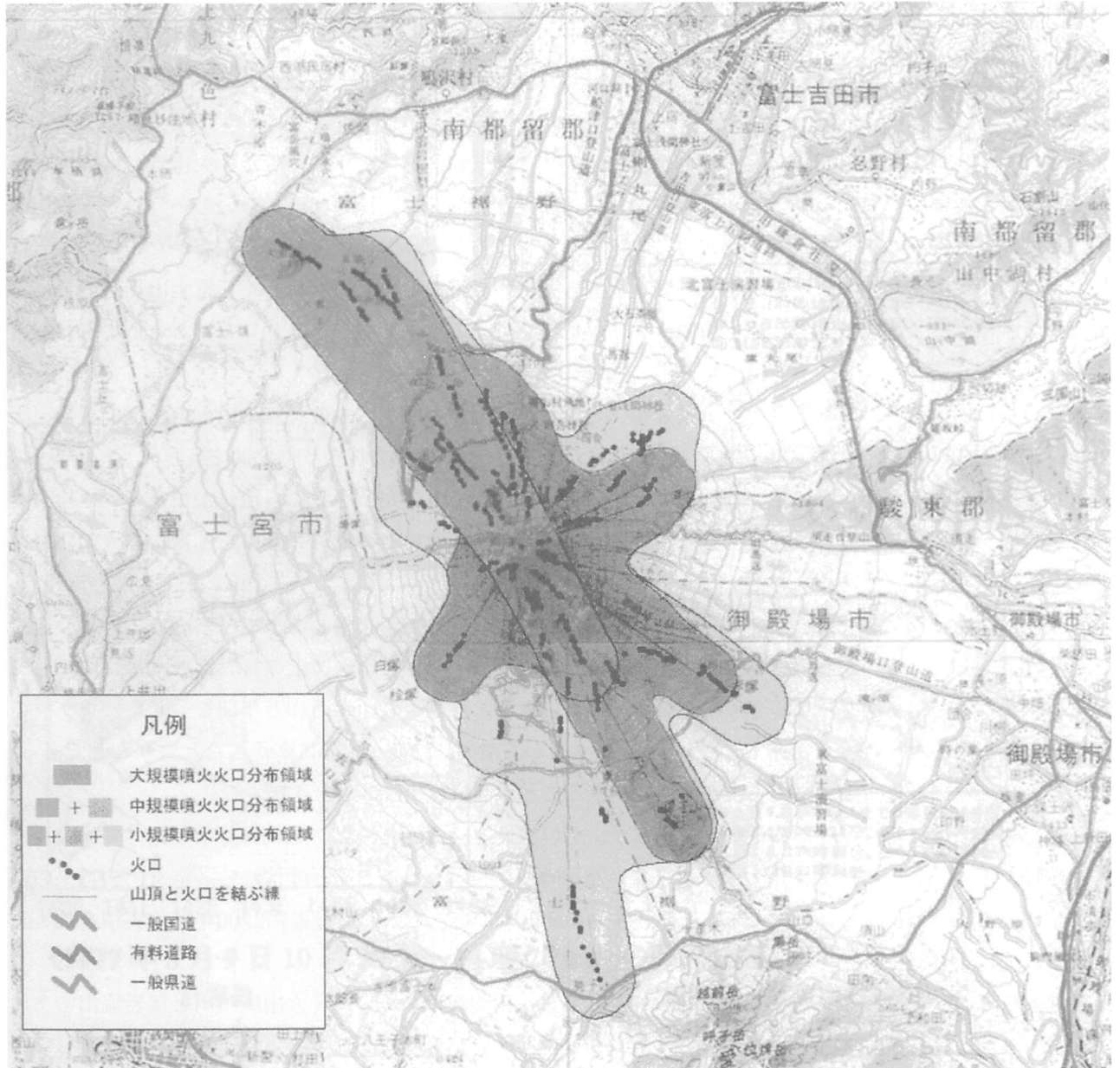


図1 既存の火口の位置（黒点）と予測される大規模（赤）、中規模（緑）、小規模（黄）噴火の火口位置の範囲。

図1をもとにして、たとえば溶岩流についてのシミュレーションを数多く行った。溶岩の粘度、温度、噴出率など適当なパラメータを仮定して、想定された多数の噴火口からの流下状況を計算し、噴火開始後溶岩流がどの距離まで到達するかをまとめた。図2には、噴出開始後2時間後に到達する範囲を赤破線で示してある。同様なシミュレーションを火砕流、融雪時泥流、噴石などについて行った（図2）。この範囲はすべて、最大到達距離を示しており、最大の安全率をとった場合を示している。実際には規模に応じた確率予測を示すのが理想的かもしれないが、その余裕はなかった。これらの範囲を示す図は住民などの避難をあらかじめ計画する場合に基準となりうるものである。

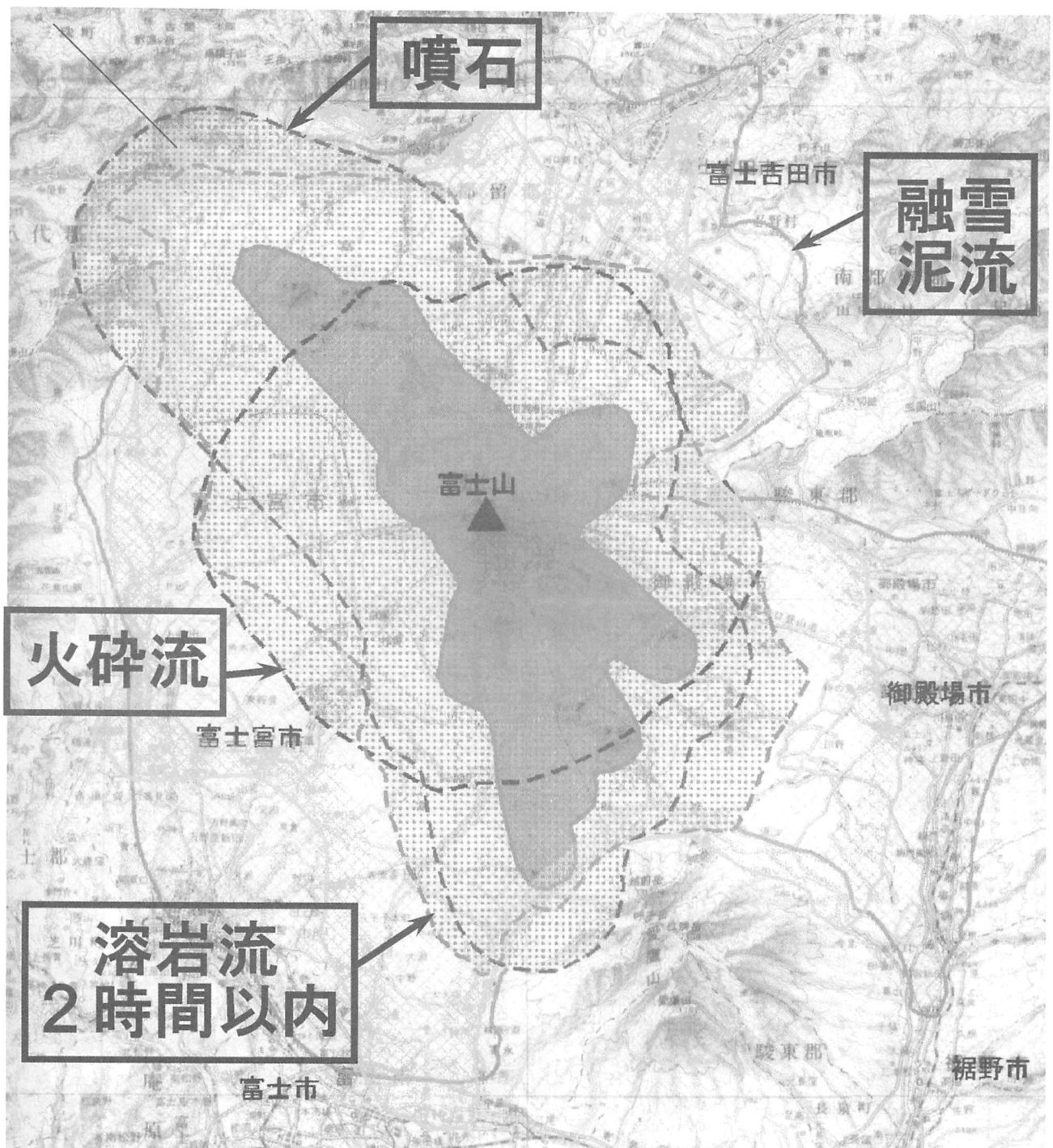


図2 溶岩流、火砕流、融雪時泥流、噴石などの最大到達範囲を示す図。

富士山ハザードマップ検討委員会の作業の中で相当の部分が、噴火災害の防止・減災対策を立案する努力に向けられている。この点では、これまで作られてきた他の火山のハザードマップとは顕著に異なっている。前に述べたとおり、富士山の噴火災害は、多都県にまたがる、広範で大規模なものになる可能性があり、市町村レベルにとどまらず、都道府県レベル、さらに国レベルでの視野をもって、高度の知識・技術の資産を動員して、基本に立ち戻って防災対策を策定する必要があるとの認識に基づいているからである。

富士山の火山災害軽減について

(財)砂防・地すべり技術センター 池 谷 浩

はじめに

災害という言葉は『広辞苑』によると、「異常な自然現象や人為的原因によって、人間の社会生活や人命に受ける被害」と記述されている。すなわち、災害は火山活動だけで生じるのではなく、われわれ人間の生活の場や経済活動の場が存在することにより生じるのである。

火山山麓が恐ろしい地域もしくは人が近づけないところと思われていた時代には、仮に火山噴火活動が始まり、火砕流や溶岩流が流れ下ったとしても災害は生じない。しかし、人口の増加と人間の活動範囲の拡大により、山麓が人間の居住の場となったり経済活動の場となってくると状況は変化する。これら人間生活の場が時代とともに拡大することにより、火山で発生する現象の到達する範囲と人間生活の場との接点が拡大し、結果として火山災害も増加していくことになる。

このように考えると火山災害を軽減するための最も根幹的な対応は、我々人間が知る努力と実行する努力をすることが必要ということになる。まもなく富士山の火山防災に関するハザードマップが公表されることになる。そこで今、富士山の火山災害をどうすれば軽減できるのか皆で考えてみよう。

1. 火山災害の特性を知ろう

火山の恵みに感謝

活火山周辺に住む我々人間がまず知っておく必要があることの第一は、その火山の恵みである。

富士山は黙っていても多くの恵みを我々人間に与えてくれている。この日頃の恵みに感謝することが必要である。

そして、この恵みを生かして、生活するべく、今後とも富士山との共存を願うことが火山防災行動の第一歩となる。そしてまず人間の場の状況をよく知っておこう。例えば避難のしにくい老人、病人、小さな子供さんたち、どこにいるのか、そしてどこにどのように避難すればよいのか、事前の地域情報の共有化はできているだろうか。これらをきちんと確認することから火山防災は始まる。

多様な現象とその特性

次に重要なことは各火山、たとえば富士山でどのような現象が生ずるのか。それがどのように我々の生活に関係してくるのかを知ることである。

火山は噴火様式からして多様である。火山ごとにマグマの性質（珪酸^{けいさん}の含有率やガスの圧力など）が異なるし、ときには同じ火山であっても噴火のたびに発生する現象が異なることがある。

火山噴火により噴出するマグマは溶岩とか火山岩といわれるものになるが、それらの性質も火山ごとに異なっている。それゆえ、噴火にともなって発生する現象もまた多様となる。

直接的に発生する現象としては、火山ガス、火山灰などの降下物、火砕流、火山泥流、溶岩流などがある。他方、地殻変動、火山性地震、空振、津波、山体崩壊や、火山灰等の堆積物に起因する土石流の発生など、間接的もしくは関連して発生する現象による災害も発生している。

これらの現象は、発生する量（移動量）、移動速度、温度などが異なり、同一の現象であっても噴火ごとに性質が異なるなど、人間生活の場への影響度合いも一回一回の噴火で、また各現象ごとに異なる（表－１参照）。そしてこれら多種多様の現象の複数が、一回の噴火で同時期に発生することもある。

このように火山災害は、予知予測が困難で、自然災害の中でもほかの災害とは異なる特性を有する災害といえる。

表－１ 火山現象ごとの噴出物到達距離、噴出物分布面積、速度と温度 (宇井忠英による)

火山現象	到達距離 (km)		分布 (影響) 面積 (km ²)		速度 (m/s)		温度 (摂氏)
	平均	最大	平均	最大	平均	最大	
溶岩流	3～4	>100	<2	<1000	<5	<30	750－1,150
噴石	～2	>5	～10	～8	50～100	<100	<1,000
降下火砕流	20～30	<80	>100	>10万	<15	～30	常温
火砕流・岩屑なだれ	<10	>100	5～20	>1万	20～30	<100	<600～700
火山泥流	～10	>300	5～20	200～300	3～10	>30	<100
火山性地震	<20	>50	>1,00	>7,000	<5,500	<5,500	
地殻変動	<10	<20	～10	100	<10 ⁻⁵	<10 ⁻⁵	
津波	<50	>500～600	<1万	>100	200	>200	
空振	10～15	>800	<1,000	>10万	>300	>500	
火山雷	<10	>100	<300	3,000	12×10 ⁵	12×10 ⁵	
火山ガス・酸性雨	20～30	>2,000	<100	>20万	<15	～30	

多数の犠牲者を出す

火山から発生する多様な現象により、世界各地で悲惨な災害が発生している。特に人命被害がほかの災害に比べて顕著である。

1800年代には、タンボラ火山災害（1815年、インドネシア）で約 9 万 2 千人が死亡したといわれている。このうち 1 万 2 千人は火砕流で、8 万人は飢餓によって死亡している。1883年のクラカトア火山（インドネシア）災害では津波の発生により 3 万 6 千420人が死亡している。このほか火山泥流や土石流により、数多くの人が火山災害の犠牲となった。

1900年代に入ってから500人以上の犠牲者を出した火山災害は12の火山で発生していて、世界 9 力国で合計約 7 万 8 千人が死亡している（『火山の事典』）。このうち、火砕流と火山泥流および土石流による死者が実に98%を占め（表－２）、火山災害はそのほとんどが土砂災害によって起こるといっても過言でないこと

を物語っている。

幸いにも近年は情報の発達により、飢饉や疾病によって多数の死者を出す災害は出ていない。それに代わって死者を多く出す火山災害として、火砕流や火山泥流、土石流など土砂の移動にともなう災害、すなわち土砂災害が顕在化してきている。

表－2 1900年代に発生した火山災害の死者数
(死者500人以上のもの、『火山の事典』朝倉書店に筆者が一部加筆修正)

火 山 名	国名・地名	年	主な加害因子		
			火砕流	土石流 泥 流	
ス ー フ リ エ ー ル	セ ン ト ビ ン セ ン ト	1902	1560		
モ ン プ レ	マ ル チ ニ ッ ク	1902	約 29000	約 400	
サ ン タ マ リ ア	グ ァ テ マ ラ	1902	6000		
タ ー ル	フ ィ リ ピ ン	1911	1330		
ケ ル ー ト	イ ン ド ネ シ ア	1919		5110	
メ ラ ピ	イ ン ド ネ シ ア	1951	1300		
ラ ミ ン ト ン	パプアニューギニア	1951	2940		
ヒボックヒボック	フ ィ リ ピ ン	1951	500		
ア グ ン	イ ン ド ネ シ ア	1963	1900		
エ ル チ チ ョ ン	メ キ シ コ	1982	> 2000		
ネバドデルルイス	コ ロ ン ビ ア	1985		25000	
ニ オ ス 湖	カ メ ル ー ン	1986			> 1700

災害が長期化する

台風や集中豪雨の災害継続時間はせいぜい2、3日から長くて一週間というところであるし、地震動は長くて数分というところであろうか。これに比べて火山災害は数ヶ月から年単位となるような長い期間継続することが多い。

たとえば1988年の十勝岳の火山災害では、美瑛町白金地区の人々は約4ヶ月間避難生活を送ったし、1991年から始まった雲仙普賢岳の災害では、2000日を超える避難生活が行われた。

現在、全島避難をしている三宅島の島民の島外避難もすでに3年が過ぎている。
このように、長期間災害が継続すると、生活面でいろいろな問題が生じる。たとえば、数日間ならそのままにしておいてもよい農作物も数ヶ月放っておくと枯死してしまう。家畜などの生き物はもちろん一日たりとも放っておくわけにはいかないし、避難所で牧畜業ができるかということこれも難しい。家で商売をしている人はもっと大変である。まったく仕事にならないことがある。そこで火山災害を考慮した土地利用や生活の

糧の選択と対応が必要となる。

また火山災害はほかの災害に比べて人々の精神的負担がより大きい災害といえることから、心のケア等、住民の精神的負担に対応する対策を日常考えておく必要がある。

2. 富士山の火山災害を回避、軽減させるために実行しよう。

ハザードマップを知ることからはじめよう

ハザードマップには発生が予想される現象とその影響区域が明示されている。どのような条件のときに図のような危険性が生ずるのか、マップ作成の条件や現象の性質（流れの速度、温度など）も一緒に知ることが重要。特に行政関係者だけでなく住民も知る努力をすることが必要である。

また富士山周辺は我が国有数の観光地であることを考えると観光客に対しても安全であることをきちんと説明するシステムが必要となる。そのためにもハザードマップを公表し、観光客にも理解してもらう必要がある。

火山情報を共有化しよう

火山情報は住民が避難する際のトリガーとして特に重要である。そこでどのような現象や状況が避難のトリガーとなりうるか火山のホームドクターと行政、住民がわかりやすい火山情報を皆で共有化できるようにしておくことが必要である。

役割を分担して火山災害を軽減しよう

火山災害はいざという時だけ何とかすればという考えではその被害を軽減することはできない。火山噴火活動をしていないいわゆる平常時からの対応が重要である。地域の安全を構築するのはハード対策である。しかしこの対策には時間がかかる。一方、ソフト対策のシステム作りも一朝一夕では無理である。これらハード、ソフト両面の対応を平常時から行政、住民それぞれ役割を分担して実行することが必要である。住民も全てを行政にまかせるのではなく、自分のやれることは自分でやることが重要である。

そして、そのためには、行政の中にもまた住民の中にも防災のリーダーとなる人材を平常時から育成しておく必要がある。

火山地域に住む心がまえを持とう

富士山麓に住む人々は、毎日富士山から受けている有形、無形の恵みに感謝して、いざという時には自分の命は自分で守るべく勇気を持って避難する。そして住民も行政も活火山である富士山と共存する心をもってもらいたいものである。

おわりに

本文は富士山の火山災害を回避・軽減するための方策について、主に住民を主役とした視点で論じたものである。

しかし、現実に住民の皆さんが知る努力や実行する努力をしようとしてもなかなかできないことが多い。

そこで住民の皆さんが知ることに対しホームドクター（学者）や行政は知らせる努力をする必要がある。また住民の皆さんの実行する努力に対して、支援協力、そして、指導をする努力を学者や行政が実行することが重要である。

富士山とこれからも末永くつき合っていくために住民、ホームドクター、行政の連携や、関係市町村と周辺の市町村との連携など皆で情報を共有し、各々が自分でできることは自分で実行するという役割分担をすることにより火山災害を軽減し、火山の恵みを享受したいものである。

そして地域の人々が素晴らしい富士山といつまでも共存していくことを望むところである。

あ と が き

火山災害をはじめとする自然災害の類には、その発生の間隔が数十年、あるいは数百年という時間間隔で認められるケースが少なくありません。そのため、災害発生直後においては次の災害に備え真剣に対処しようとするものの、時の経過とともにその思いも薄らぐものです。富士山の場合、江戸時代の宝永の噴火以降300年余り噴火は認められません。そのため富士山がいずれ噴火するなど、多くの人には考えが及びませんでした。しかし、2000年秋から2001年春にわたって富士山直下を震源とする低周波地震が異常に多く認められたのを契機に、富士山が活火山であり、いずれ噴火する山であることが認識されるようになりました。確かに今すぐに噴火に結びつくような兆候は認められず、静穏な状況にありますが、このような時にこそ、われわれは防災に対する科学的知識を身につけることが必要だと思います。そこで今回、内・外の火山研究・火山災害に関わってきている専門家にお願いし、山梨県環境科学研究所と独立行政法人防災科学技術研究所の合同による講演会を実施しましたところ、地元を中心に多数の方々が参加されました。関係の皆様には感謝いたします。

山梨県環境科学研究所 奥水達司・防災科学技術研究所 鶴川元雄

C-01-2004

Workshop on "Strategy of Volcanic Disaster Mitigation"

火山災害の軽減を探る 報告書

2004年3月 発行

山梨県環境科学研究所
国際講演会2003実行委員会

日 時：9月27日（土）13：00～17：00

場 所：富士五湖文化センター

主催：山梨県環境科学研究所・独立行政法人防災科学技術研究所

後援：日本火山学会・富士山火山防災協議会

〒403-0005 山梨県富士吉田市上吉田字剣丸尾5597-1

電話 0555-72-6211 FAX 0555-72-6204

<http://www.yies.pref.yamanashi.jp/>

印刷 株式会社 少 國 民 社

