

# 火山とのつきあいかた —火山災害をどうやって減らすか—

川 辺 禎 久<sup>1)</sup>

## 1. はじめに

今春、火山噴火とその災害を描いた映画“ダンテズ・ピーク”が公開されました。この映画では、北アメリカ・カスケード地域の架空の火山の噴火とその麓の町への噴火災害を描いています。映画的ないささかオーバーな表現も多いのですが、アメリカ地質調査所カスケード火山観測所(CVO)も協力したこともあって、比較的正しく噴火現象を描いています。映画の中で描かれている町は「アメリカ国内で最も快適な生活を営める町」コンテストで2位になったという設定です。噴火さえなければ確かにそうだったのですが、噴火による地震、火山灰の降下、泥流、そして最後には火砕流によって完全に破壊されてしまいます。そう“噴火さえなければ”自然が豊富で治安もよいすばらしい町だったわけです。ひるがえってみると、この基本設定は日本の多くの火山周辺の町にもあてはまります。映画と同様、火山周辺は豊かな自然に恵まれ、多くの人々が生活の場を持ち、また観光に訪れます。

噴火現象そのものはただの自然現象でしかありません。しかしその自然現象と人間の生活、社会が相互作用を起こすとき、自然現象は初めて「災害」に変貌します。また火山によって作られた地形・地質は噴火から何百、何千、何万、何十万年経過してから、災害の原因となることがあります。本論ではそんな噴火災害、火山に関連した地質災害を少しでも減らすためにはどうすればよいのか、何を知ればよいのかをいくつかの例を挙げて考えてみることにします。なお火山災害には、噴出物などにより物理的に破壊されたりするものと、映画

でも開発企業の撤退として触れられていたように、噴火予知騒ぎなどによる間接的なものも含めた、社会的、経済的な打撃も含まれることがあります(荒牧, 1993)。ここでは断りない限り物理的な災害に限って述べたいと思います。

## 2. 火山災害の種類

第1表は世界(19世紀以降)ならびに日本(17世紀以降)の主な火山災害についてまとめたものです。第2表には火山噴火による主な災害の種類をいくつか挙げておきます。ここではどのような火山噴火災害があるか簡単に振り返ってみます。

多くの人が火山の噴火と聞いて思い浮かべるのは、やはり赤い溶岩流でしょうか。映画の中でも高速で流れる真っ赤な溶岩流が描かれていました。ハワイ・キラウエア火山などの玄武岩溶岩流は確かに時速数10kmほどの速度で流れることもありますが、実際には早く流れる溶岩流は日本では一部を除いてまれで、浅間山や桜島のような安山岩-デイサイトの火山では、厚くゆっくりと流れる溶岩流が主体です。ゆっくり流れるため人命を失うことは滅多にありませんが、森林・農地は壊滅し、集落は埋没してしまいます。

1991年の雲仙火山の噴火で広く知られるようになった火砕流は、主に重力で駆動される、高速(場合によっては時速100km以上)、かつ高温(数百度以上)の溶岩や軽石片とガスの流れです。高速であることから、時として地形的な障害物を乗り越え、遠距離にまで到達することがあります。また高速ということから逃げる暇もなく多くの被害を生じ

1) 地質調査所 環境地質部

キーワード: 火山噴火, 噴火災害, 噴火予知, 防災, 桜島, 雲仙

第1表 主な火山災害.

a: 世界 (19世紀以降の1000名以上の死者が出た火山災害),  
b: 日本 (17世紀以降の10名以上の死者が出た火山災害).

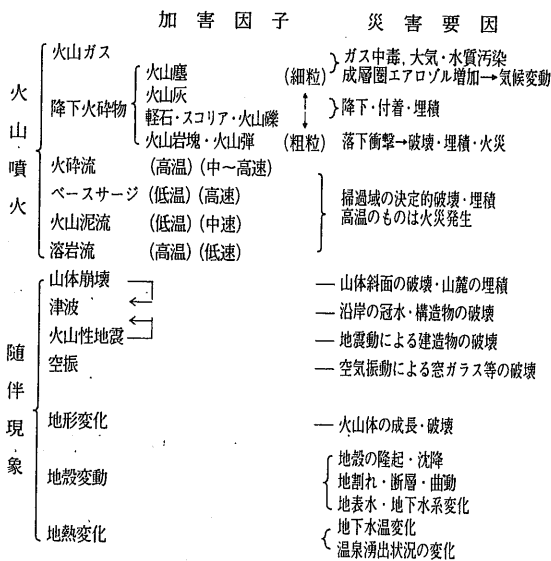
a

火山名	噴火年	死者数	災害原因
タンボラ(インドネシア)	1815	92000(餓死者含む)	プリニー式噴火、火砕流、津波
ガルングン(インドネシア)	1822	>4000	火山泥流
アウ(インドネシア)	1836	2800	火山泥流
クラカタア(インドネシア)	1883	36417	プリニー式噴火、火砕流、津波
アウ(インドネシア)	1892	1500	火砕流、火山泥流
プレー(西インド諸島)	1902	28000	火砕流
スプリエール(西インド諸島)	1902	1565	火砕流
クルー(インドネシア)	1919	5000	火山泥流
ラミントン(パプアニューギニア)	1951	3000	火砕流
アダン(インドネシア)	1963	2000	火砕流、火山泥流
ネバド・デル・ルイス(コロンビア)	1985	25000	火山泥流
ニオス湖(カメルーン)	1986	1700	火山ガス

b

火山名	噴火年	死者数	災害原因
北海道駒ヶ岳	1640	700	山体崩壊、津波
雲仙	1663	>30	泥流
桜島	1779	153	噴石、溶岩流
桜島	1781	15	海底爆発、津波
浅間山	1783	1151	火砕流、火山泥流
青ヶ島	1785	130-140	噴石ほか
雲仙	1792	15000	山体崩壊、津波
有珠	1822	50	火砕流
北海道駒ヶ岳	1836	>20	火砕流
磐梯山	1888	461	山体崩壊
安達太良山	1900	72	噴石
伊豆島島	1902	125	噴石
桜島	1914	58	噴石、溶岩流、地震
十勝岳	1926	144	火山泥流
三宅島	1940	11	噴火、噴石
浅間山	1947	11	噴石
ベヨネーズ列岩	1952	31	海底噴火、火砕サージ
阿蘇山	1958	12	噴石
雲仙	1990	44	火砕流

第2表 火山災害の加害因子(勝井, 1979).



る原因となり、火山噴火災害の中でも最も危険なもののひとつです。雲仙火山で発生した火砕流は地質学的にはごく小規模なもので、大規模なものでは雲仙火山が噴出したマグマ総量の10-1,000倍以上(数100km<sup>3</sup>)のマグマを放出するものがあります。雲仙火山と同時期に起こったピナツポ火山の噴火はそのような規模が大きな火砕流噴火で、火口からおよそ半径15kmほどの範囲が火砕流によりほぼ壊滅しました。火砕流と似た現象に火砕

サージ、プラストなどがあり、いずれも高速で広がるため破壊力が大きくきわめて危険です。

火口から空中に噴き上げられ、地表に落ちてくる降下火砕物による被害も多くあります。爆発的な噴火で噴き上げられた噴石による被害は火口周辺数kmの範囲で起こりますし、火口の風下側に降り積もる軽石、スコリア、火山灰は家屋・田畑の埋積、河川の氾濫などの被害をもたらします。特に農地、農作物に対する影響は甚大で、農作物の収穫ができずに多くの餓死者を出した1815年インドネシア・タンボラ火山の噴火(8万人が餓死)など大きな被害を生みます。また降り積もった軽石や火山灰で家屋が倒壊し、多くの犠牲者をだした1991年ピナツポ火山の噴火の例もあります。このほか噴火により噴き上げられた火山灰、火山ガスは、成層圏まで達し世界的な気候に影響を与えることがあるほか、最近注目されている火山災害として、火山灰による航空機への影響があります。これは噴火によって大気中に漂っている火山灰に航空機が突入し、機体を傷つけたり、火山灰をジェットエンジンが吸い込み、エンジントラブルを引き起こすというものです。1982年と1989年には旅客機の4基全てのエンジンが停止してしまうという事態も起きています(Blong,1984. 小野寺三朗, 1995)。

火口などから噴出されるものとしてこれまで挙げ

た固体ではなく火山ガスも様々な災害をもたらします。火山ガスの大部分は $H_2O$ ですが、このほかに $SO_2$ 、 $H_2S$ 、 $CO_2$ などが火山の火口や周辺の温泉地熱地帯から放出されています。このうち $SO_2$ はマグマが地表に近い高温の火口から放出され、火山によっては一日当たり数百～数千トンの $SO_2$ が放出されていることがあります。 $SO_2$ は空気中の水分に溶けこみ酸性雨となり農作物などに被害を与えます。 $H_2S$ や $CO_2$ はそれより低温の噴気ですが、比重が空気より大きいので、窪地などに溜りやすく高濃度のこれらのガスで死者が出る場合があります。つい最近(1997年7月)にも八甲田山で訓練中の自衛隊員3名が高濃度の $CO_2$ が溜まった窪地で亡くなっています。また1986年のカメルーン・ニオス湖での $CO_2$ 突出では山麓で1,700名以上の犠牲者が生じました。

噴火や地震が引き金となって火山体が崩れ落ちる山体崩壊とそれによる岩屑なだれも大きな災害を産む現象です。最近の日本国内の例としては、1888年磐梯山噴火による崩壊(死者461名)があるほか、崩壊した岩屑なだれが有明海に流れ込み、津波となって大きな被害となった1792年の雲仙眉山崩壊(死者15,000名)などがあります。岩屑なだれはその堆積域に流れ山地形という特徴的な地形を残しますが、流れ山地形は日本の多くの火山の麓に確認され、過去に岩屑なだれが発生していたことを示しています。

土石流も火山周辺ではよく発生します。原因にはいくつかあり、火口付近の雪や氷河を噴出物が溶かして発生するもの(1985年コロンビア、ネバド・デル・ルイス火山、1926年十勝岳など)、火口湖が決壊して発生するもの(1919年インドネシア、ケルト火山、1953年ニュージーランド、ルアペフ火山)、噴火で堆積した火山灰や火砕流堆積物がその後の降雨で流れ出して発生するもの(桜島、1977年以降有珠、1991年以降雲仙など)などがあります。土石流は噴火が終わってからもしばらくの間、発生の危険性が残ります。

この他にも、噴火に伴う地震、地殻変動による建物などへの被害、空振によるガラス窓の被害など噴火による様々な災害があります。

このように火山がもたらす災害には様々な形態があるほか、その規模もごく小規模なものから、火山

周辺数～数百kmの範囲が壊滅するものまで非常に広いことがわかります。

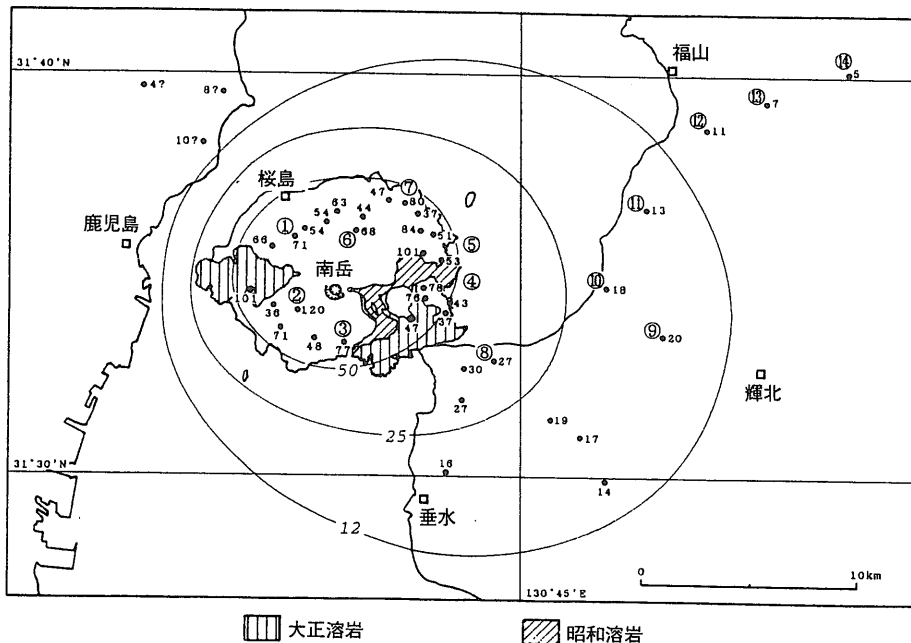
では日本において火山噴火と社会や生活がどのようにかわりあっているか、ほとんど毎日火山を意識しなければならない桜島と鹿児島、そして数千年に一度の大噴火を経験した雲仙とその周辺地域について簡単に見てみましょう。

### 3. 小規模噴火

日本国内でほとんど継続して火山噴火の影響を受けながら暮らさなければならない都市として鹿児島市が挙げられます。世界で最も活動的な火山の一つで、1955年以来連続的に噴火を続けている桜島から、海を隔てているとはいえわずか数kmのところ人口50万を越える都市があるというのは世界的に見ても珍しい事例です。幸い1955年以降の噴火では、1913年大正3年の噴火や1946年昭和21年の噴火のような大規模な噴火は起こっていません。しかし1955年以来1990年までに爆発回数は5,800回近くに達しているほか(気象庁、1996)、爆発は起こらないものの連続的に噴煙を上げる活動とそれに伴う降灰、噴石、そして火山性ガスは周辺市町村に大きな影響を与えています。

このうち最もよく知られているのは降灰被害でしょう。季節風の関係で、鹿児島市には主に初夏から初秋にかけての期間に桜島の噴煙からの降灰があります。ひどいときには夕方のように空が暗くなり目を開けていられないほどです。窓を閉めていても細かい灰は部屋に入り込み、洗濯物は外に干せず、路側に溜まった火山灰は車をスリップさせます。雪と違って解けることがないのも厄介な点です。雨で流れた灰は雨どいや側溝を詰まらせ、場合によっては破壊します。火山灰の視力や肺機能に対する影響も指摘する声があります。この連続的な爆発や噴煙による降下堆積物は、大噴火に伴うプリニー式噴火の降下堆積物のように、特定の方向に分布軸を持つようなことはなく、火口からほぼ同心円状に分布します(井村、1995、第1図)。これは長い時間をかけて様々な風向の風によって、ほぼ全方位に等しく火山灰が堆積するためです。

この降灰に対して鹿児島の住民はどういう対策をとっているのでしょうか？ 噴火そのものを止めるわ



第1図 桜島1914年(大正3年)軽石を覆う火山灰の等層厚線図(原図井村, 1995). 火山灰は桜島南岳火口からほぼ同心円状の分布を示す.

けにはいきませんから、情報を得ることで、自分達なりの対処をしなければなりません。例えば朝の天気予報では桜島上空の風向予測を毎日放送しており、桜島の活動状況もまた毎日放送されています。これらの情報から住民は自分なりに桜島の活動状況を判断し、今日は洗濯物を干せるかどうかや外出時の準備などの日々の生活に生かしています。また自治体の努力も見逃せません。鹿児島市など周辺自治体では火山灰の収集専用車の整備や住民が集めた火山灰を回収する袋の配付などを行っています。また京都大学防災研究所桜島火山観測所では傾斜計観測による、ほぼ実用の域に達したと考えられる爆発予知システムの開発に成功しています(石原, 1988)。これと風向データを使った鹿児島空港に着陸する航空機に対する警報システムもほぼ実用化されつつあります。

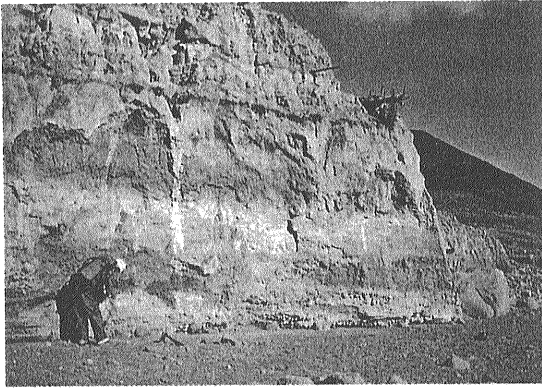
このような小規模噴火が連続して起きている火山の場合、周辺の住民はそれなりに折り合いを付ける術を自分達の生活レベルで実践していると言って良いでしょう。ただ小規模噴火に慣れっこになっている可能性もあり、大規模な噴火に対しても常に再点検する必要があるようです。

#### 4. 大規模噴火

小規模噴火の場合、上に見たように住民もそれなりの対処法を身に着けている場合が多いようです。では何百年、何千年に一回というような噴火の場合はどうでしょうか？

1990年11月17日に雲仙火山が噴火を開始して以来、島原市をはじめ周辺地域の多くの人々は歴史記録に残っている1663年の古焼溶岩流、1792年の噴火の新焼溶岩流と同様の、比較的流れやすい溶岩の流出が起きると考えていたようです。そしてそれに続いて1792年に起こった眉山の崩壊のほうを心配する声が多かったのです。ところが実際の噴火では、地獄跡火口からの溶岩ドーム出現、崩壊型火砕流の発生と推移し、これを意外であると考えていた防災担当者、住民が多かったようです。しかし実際に雲仙火山の地質を調査してみると、新焼・古焼溶岩のような流れやすい溶岩を噴出するような噴火は雲仙では長い時間スケールを考えると、むしろ珍しい活動であることが明らかになりました。

雲仙火山周辺の扇状地には広く田畑が広がり、



第2図 島原市南上木場町における水無川火砕流露頭写真。人物の高さの所が水無川火砕流(約4000年前)。その上を褐色・茶褐色の火山灰層、土壌が覆い、さらにその上を1991年以降の火砕流が覆う。1991年火砕流以前の旧地表には草が生えている。

豊富な水量、温暖な気候と合わせ、すこぶる暮らしやすい環境です。が、その扇状地は過去の大規模な土石流の堆積によって作られた土地です。またその扇状地の一部には過去に発生した火砕流堆積物も残されていました(第2図)。現在雲仙火山周辺の火砕流堆積物は少なくとも9つ知られています(渡辺・星住, 1995)。最も新しいものは普賢岳南の赤松谷から大野木場付近にまで流れ下っている水無川火砕流で4030±70年前という年代を示します(川辺未公表データ)。この水無川火砕流は、1991年以降堆積した火砕流堆積物とほぼ同じような分布範囲を持っていたと思われ、多くの人々が思っても見なかった火砕流は、雲仙にとっては普通の活動であったと考えられます。残念ながら火砕流を雲仙火山が過去に発生させているということは、噴火の数年前に明らかになったばかりで、まだ専門家の間ですらよく知られていませんでした。また火砕流という現象そのものも、専門家とはかく一般にはほとんど知られていませんでした。もし火砕流が起こりうる事が広く認識されており、同時に火砕流の恐ろしさが知られていれば、あれほどの犠牲者を出すことはなかったかもしれません。

日本における有史最大の火山災害は、いわゆる「島原大變肥後迷惑」という1792年雲仙火山噴火に続いて起こった、眉山崩壊と津波の発生による

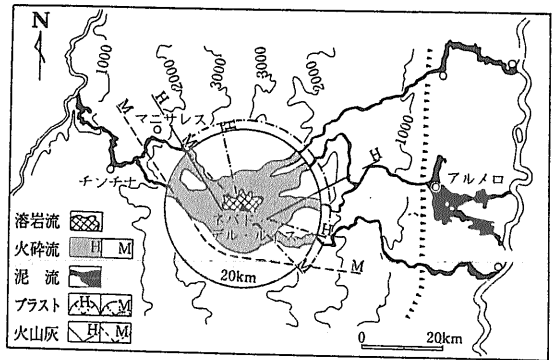
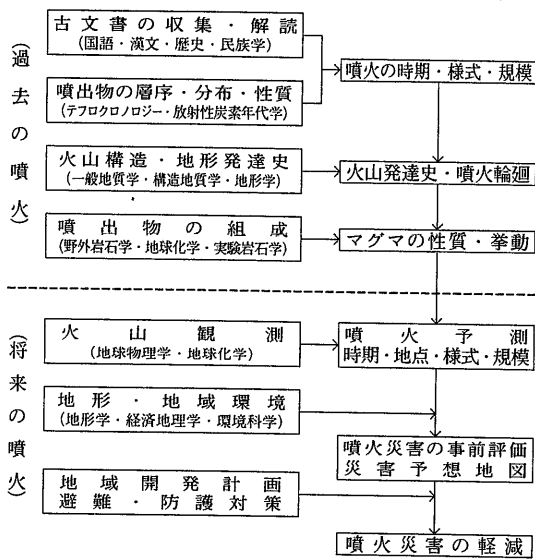
15,000人という犠牲者を出した事件です。このことがあるため雲仙火山をかかえる島原市などの周辺自治体は、日本国内の普通の自治体以上に噴火災害に対して敏感であったと思われます。しかし歴史記録に残る災害には比較的容易に想定・対処できても、そうではない場合には必ずしも十分ではないことを雲仙の1991年噴火の例は示しています。これは鹿児島のように小規模噴火に馴れてしまっている地域にも言えることかもしれません。

## 5. 火山災害とつきあうには

火山災害に限らず、自然災害に対処することは、病気への対処に似ている所があります。それぞれの噴火現象のメカニズムの理解は病気の原因を探ることに当たりますし、熱などの症状を見て病気を判断するのは、地震観測などで噴火活動の評価を行うことに似ています。ただこの方法では、異常があることがわかっても、どういう活動が起こりうるのかまでは必ずしもわかりません。そこで地質調査などによって火山の活動史を知っておけば、既往症の履歴を知っておくことと同様、どういう噴火活動(病気)を起こしやすいかの判断の材料になります。また逆に過去の履歴だけでは現状の分析と将来の予測はできません。つまり地質調査や文献調査などで過去の履歴を調べておくことと、地震観測などで現状を詳しく観測しておくことの両方が車の両輪となって進めることが大切です。第3表は過去の噴火を調べる手法とそれからわかること、現在の状態を観測する事によってわかることをまとめ、噴火予測と災害の事前評価、軽減のための戦略を示した表です。

しかし基本的に火山の研究者、観測機関が言えるのは自然現象としての火山噴火についてです。初めに述べたように、噴火や崖崩れなどは基本的には自然現象であって、それと人間社会と相互作用することによってはじめて火山災害になります。岩松(1995)ではシラス災害が戦後多発するようになった原因の一つとして、これまで利用されてこなかったシラス台地の開墾や崖直下までの住宅開発などを指摘しています。危険性が認識されていた場所に人間が入り込むことによって災害を産み出している例の一つです。火山周辺でもほんの数百

第3表 火山災害の事前評価の方法(勝井, 1979).



第3図 ネバド・デル・ルイス火山(コロンビア)の災害予測図(INGEOMINAS, 1985). H:危険度高, M:危険度中. ほぼこの予測図とおりに泥流が発生, 流下し, アルメロ市が壊滅した.

年前に火砕流に襲われた場所に観光施設や別荘地, 住宅地などが開発されている例があり, 災害が及びやすい地域にそれを知らずに多くの人々が入り込んでいる場合があります. また土木・砂防工事などである程度の規模の災害を防ぐことはできますし, 一定の効果をあげていますが, 噴火そのものを止めたり, 大規模な溶岩流や火砕流をハード的な技術だけで防ぐことなど到底不可能です. どういう噴火が起こりうるのか, その噴火ではどんな危険があるのか, どこが危険度が高いのかなどをあらかじめ知り, また知らせたうえで, 危険度が高い土地・地質をより適正に利用する方法を考えるなどのソフト的な対策も極めて重要です. むしろたとえ災害を完全に予測し, 噴火の予知に成功したとしても, この部分がきちんと実行されなければ, ほとんど役に立たないと言ってよいくらいです.

火山や地質の一般的な知識を火山周辺の住民が知っておくことは, 正しい病気の知識を持つことや, 衛生管理や手洗いの励行などと同じように被害を減少させる大きな手段です. 実際の避難勧告などを行う行政の担当者には特に要求されることです. 1985年のコロンビアのネバド・デル・ルイス火山では, 事前に噴火活動の活発化と泥流などのハザードマップ(第3図)を作成し関係機関に配付していたにもかかわらず活用されずに終わり, 泥流

によって25,000名近い犠牲者が生じてしまいました(荒牧, 1986). 災害予測図に表現されていることを理解し, 活用できていればここまで大きな被害にはならなかったに違いありません. 日本においても, 雲仙眉山の200年前の災害の記憶が残っていた島原の例を見ても, 過去にあったにもかかわらず自分達が想定していなかった事態に対して避難などの十分な対処ができない可能性は有り得ます.

日本では災害予測図の作製・公開は各国に比べると遅れていましたが, 最近国土庁が災害予測図作製指針をまとめたこと(国土庁防災局, 1992)もあり, ようやく災害予測図を作成し公開する気運が生まれつつあります. これからは, 災害予測図を作るかどうかではなく, その災害予測図がどの程度行政担当者や一般の住民に伝わっているか, それを正しく活用できるか? が問われる時代になってくると思われれます. 幸い現在では不意打ちに近い噴火は, 日本の活火山に限ればほとんどなくなり, 少なくとも異常があるというレベルなら警報を出せる程度にはなっていると考えられます. そういう時に行政や一般住民が自分達の生活の場にある火山についての知識を持っているのとそうでないのとでは, 災害予測図を活用し, 異常や火山噴火に対処できるかどうか大きな差が出てきます. 活用や判断のためには, 行政側には災害に関する知識をもった専門家の配置, 住民には地元火山に関する現在までの正しい知識を持つことが必要でしょう. また専門家もできるだけわかりやすく最新の知見を知らせる努力を怠ってはいけないのは言うまでもあ

りません。これには一般向け書籍の執筆、学会開催時などの講演、コンピュータネットワークを使った積極的な情報の提供などを通して行うべきです。また社会との接点に起こるのが災害であるとの観点に立てば理学系の研究者だけではなく、ハード的対策を行う工学系研究者はもちろん、はじめにここではあまり触れないと言った社会的な影響の大きさの重要性から、社会学系の研究者との連携も欠かせないものになります。

最後に、病気と同様、火山を軽視するのは当然よくありませんが、逆に必要以上に恐れるのもまたよくないことです。火山灰土は肥沃な土地を産み出し、またその山体や噴出物は豊富な地下水を維持します。温泉の恵みは言うまでもありません。

CVOのWebページ([http://vulcan.wr.usgs.gov/News/DantesPeak/dantes\\_peak.html](http://vulcan.wr.usgs.gov/News/DantesPeak/dantes_peak.html))には、「ダンテズ・ピーク」に関する、「よくある質問とその答え(DANTE'S PEAK FAQ'S)」があります。その最後の質問は「火山の近くの住民は将来の噴火にどう備えればいいのでしょうか？(How can residents who live near volcanoes prepare for future eruptions?)」です。その答えには、火山についての知識を集めておくこと、万が一の事態に備えて準備しておくことを記したあと、こう書いて締めくくっています。

“Lastly, enjoy the scenic, recreational, and inspirational benefits of living near an active volcano!”

「最後に、活火山の近くに住むことで得られる、すばらしい風景、休養、そして元気付けられることからくる利益を楽しむことです。」

#### 引用文献

- 荒牧重雄(1986):ネバド・デル・ルイス火山噴火のおしえるもの。科学, 56, p66-67.  
 荒牧重雄(1993):火山災害予測図(ハザードマップ)の方法論。月刊地球, 号外no.7火山噴火予知, p124-137.  
 Blong,R.J.(1984): Volcanic Hazards. Academic Press Inc., 424p.  
 井村隆介(1995):小噴火の累積でつくられた堆積物。火山, 40, p119-132.  
 石原和弘(1988):地盤変動観測による桜島の山頂噴火の直前予知。鹿児島国際火山会議要旨集, p43-44.  
 岩松 暉(1995):シラス災害—災害に強い鹿児島をめざして—。  
<http://earth.sci.kagoshima-u.ac.jp/oyo/shirasu/index.html>.  
 勝井義雄(1979):噴火災害。岩波講座地球科学7火山, p83-99.  
 気象庁(1996):日本活火山総覧(第2版)。大蔵省印刷局, 500p.  
 国土庁防災局(1992):火山噴火災害危険区域予測図作製指針。153p.  
 小野寺三朗(1995):航空機災害。火山の事典, 朝倉書店, p382-391.  
 渡辺一徳・星住英夫(1995):雲仙火山地質図。地質調査所。

---

KAWANABE Yoshihisa (1997): How to associate with volcanoes—Mitigation of Volcanic Hazards—.

---

<受付:1997年7月20日>